



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

DIEGO RICARDO DELGADO RÉGIS DANTAS NUNES

**ANÁLISE DO PLANO DECENAL DE EXPANSÃO DE ENERGIA
2024 COMO FERRAMENTA PARA ESTUDOS DE ENGENHARIA**

Campina Grande, Paraíba
Outubro de 2016

DIEGO RICARDO DELGADO RÉGIS DANTAS NUNES

ANÁLISE DO PLANO DECENAL DE EXPANSÃO DE ENERGIA 2024 COMO FERRAMENTA PARA ESTUDOS DE ENGENHARIA

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do curso de graduação de
Engenharia Elétrica da Universidade Federal
de Campina Grande como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do grau de
Bacharel em Ciências no Domínio da
Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Geração de Energia

Orientador:

Professor Leimar de Oliveira, M. Sc.

Campina Grande, Paraíba
Outubro de 2016

DIEGO RICARDO DELGADO RÉGIS DANTAS NUNES

ANÁLISE DO PLANO DECENAL DE EXPANSÃO DE ENERGIA
2024 COMO FERRAMENTA PARA ESTUDOS DE ENGENHARIA
E ECONOMIA

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do curso de graduação de Engenharia
Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a obtenção do
grau de Bacharel em Ciências no Domínio da
Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Geração de Energia

Aprovado em / /

Professor Avaliador
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Leimar de Oliveira, M. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho ao meu Senhor Jesus Cristo, por literalmente nunca desistir de mim e sempre estar ao meu lado nos momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que mesmo diante da minha pouca fé me deu determinação para seguir os caminhos por Ele indicados.

Agradeço a minha mãe, Lucivanne, e ao meu pai, Paulo, por suas batalhas diárias para que nada me faltasse.

Aos meus amigos de universidade, pelos aplausos oferecidos nas minhas conquistas.

A minha namorada, Raphaela, por me fortalecer e trazer a calma que eu precisava na conclusão dos meus trabalhos.

Aos meus amigos e familiares em geral, pelas inúmeras palavras de apoio.

Ao professor Leimar, pela maneira como sempre esteve disposto a me ajudar nas minhas escolhas e pela orientação no presente trabalho, além de sempre me motivar a ser um engenheiro melhor.

À GE Brasil, pela oportunidade oferecida na realização do meu estágio, que significou bastante para meu crescimento profissional e minhas decisões futuras.

Ao Engenheiro Mauricio Froner, por se oferecer a compartilhar seus conhecimentos de maneira generosa e amigável.

A toda equipe de campo da Alstom Energias Renováveis, eletricitas, encarregados, técnicos de segurança e auxiliares. Com cada um deles pude aprender mais e crescer profissionalmente.

RESUMO

O planejamento para manter e construir recursos energéticos em qualquer país torna-se extremamente necessário, não só para seu crescimento econômico, mas, acima de tudo, para o bem estar e segurança de sua população. Sendo assim, o grande objetivo desse planejamento é alcançar uma independência em relação aos recursos energéticos para que o Brasil não passe por situações de grandes riscos estruturais básicos, como falta de energia elétrica ou de combustível.

Sendo assim, o Plano Decenal de Expansão de Energia, elaborado pelo Ministério de Minas e Energia desde 2005, atende essas expectativas através de um estudo complexo sobre o comportamento do setor energético brasileiro ao longo dos anos.

No que toca o setor elétrico, o documento analisa, de forma detalhada, o cenário para geração e transmissão de energia elétrica num horizonte de dez anos, começando de 2015 até 2024. São feitos estudos de projeção para se ter uma ideia concisa da evolução do país nesses dez anos, economicamente e demograficamente, de modo que se consiga ter uma noção da necessidade de investimentos, especialmente em geração de energia, para suportar a demanda nos próximos anos.

Palavras-chave: PDE, carga, geração, transmissão, planejamento, investimento, usina.

ABSTRACT

The planning to build and keep energetic resources in any country is absolutely necessary, not only to its economic growth, but, above all, to the good, safety and welfare of the population. So, the great goal of this planning it is to achieve independence regarding natural resources so that Brasil doesn't go through any structural risk, like lack of power generation or fossil fuels.

Because of that, the Decanal Plan for Power Expansion (PDE), elaborated by the Ministry of Mines and Energy since 2005, meets those expectations through a complex study about the behavior of the Brazilian energetic field along the years.

In the electric field, the document analyses in a detailed way the scope of power generation and energy transmission in a ten-year horizon, beginning from 2015 until 2024. Projections studies are made to have a general and concise idea about the evolution of the country in the next ten years, economically and demographically, in a way to produce a notion about the needs of investments, especially regarding power generation, to support the demand in the next years.

Keywords: PDE, load, generation, transmission, planning, investment, power plant.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - CARGA PROJETADA PARA O DECÊNIO 2006-2015	6
Figura 2 - CARGA PROJETADA PARA O DECÊNIO 2008-2017	6
Figura 3 - CARGA PROJETADA PARA O DECÊNIO 2010-2019	6
Figura 4 - CARGA PROJETADA PARA O DECÊNIO 2011-2020	7
Figura 5 - CARGA PROJETADA PARA O DECÊNIO 2012-2021	7
Figura 6 - CARGA PROJETADA PARA O DECÊNIO 2013-2022	7
Figura 7 - CARGA PROJETADA PARA O DECÊNIO 2014-2023	8
Figura 8 - Evolução da capacidade instalada do SIN no PDE 2017	9
Figura 9 - Participação regional na capacidade instalada do SIN no PDE 2019	9
Figura 10 - Participação regional na capacidade instalada do SIN no PDE 2021	9
Figura 11 - Participação regional na capacidade instalada do SIN no PDE 2022	10
Figura 12 - Modelagem da projeção da demanda de energia elétrica.....	20
Figura 13 - Acréscimo de capacidade instalada contratada e planejada até 2024	24
Figura 14 - Participação regional na capacidade instalada do SIN.....	25
Figura 15 - Participação das fontes de produção ao final de 2018 e de 2024.....	28
Figura 16 - Diagrama do Sistema Interligado Nacional – SIN.....	30
Figura 17 - Impactos socioambientais e benefícios socioeconômicos das UHE's.	36

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Estimativas de gastos para expansão da geração nos Planos Decenais	11
Quadro 2 - Estimativas de gastos para expansão da transmissão nos Planos Decenais.	11
Quadro 3 - Taxa de Crescimento da Economia	15
Quadro 4 - Economia e consumo final energético.....	21
Quadro 5 - Consumo de eletricidade na rede por classe	22
Quadro 6 - Consumo de eletricidade na rede por subsistema.	22
Quadro 7 - Carga e perdas no SIN.....	23
Quadro 8 - Estimativa da evolução física do sistema de transmissão – Linhas de transmissão (km).....	32
Quadro 9 - Estimativa da evolução física do sistema de transmissão – Transformação (MVA).....	32
Quadro 10 - Consumo de energia elétrica e eficiência energética.....	33
Quadro 11 - Energia conservada por setor.	34
Quadro 12 - Balanço de energia mensal no SIN.....	39
Quadro 13 - Comparativo entre demandas médias por região.....	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS;
ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA
BIG – BANCO DE INFORMAÇÕES DE GERAÇÃO
CC – CORRENTE CONTÍNUA
CEPEL – CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA
CHESF – COMPANHIA HIDROELÉTRICA DO RIO SÃO FRANCISCO
CME – CUSTO MARGINAL DE EXPANSÃO
CMO – CUSTO MARGINAL DE OPERAÇÃO
CNPE – CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA
EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA
FFE – FUNDO FEDERAL DE ELETRIFICAÇÃO
G – GIGA
HZ - HERTZ
II PND – SEGUNDO PLANO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO
IPDO – INFORMATIVO PRELIMINAR DIÁRIO DA OPERAÇÃO
K – KILO
M – MEGA
MIPE – MODELO INTEGRADO DO PLANEJAMENTO ENERGÉTICO
MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
MSR – MODELO DO SETOR RESIDENCIAL
MTEQ – MILHÕES DE TONELADAS DE EQUIVALENTE
PCH – PEQUENA CENTRAL HIDROELÉTRICA
PDDE – PROGRAMAÇÃO DINÂMICA DUAL ESTOCÁSTICA
PDE – PLANO DECENAL DE EXPANSÃO DE ENERGIA
PIB – PRODUTO INTERNO BRUTO
PROCEL – PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DA ENERGIA
ONS – OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO
SE - SUBESTAÇÃO
SIN – SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL
V - VOLT
W - WATT

SUMÁRIO

Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vii
Abstract.....	viii
Lista de Figuras.....	ix
Lista de Quadros.....	x
Lista de Abreviaturas e Siglas.....	xi
Sumário.....	xii
1 Introdução.....	1
1.1 Histórico do setor elétrico brasileiro.....	2
1.2 Objetivos.....	4
1.3 Estrutura do Trabalho.....	4
2 Revisão dos Planos Decenais Anteriores.....	5
3 Análise Metodológica do PDE.....	12
3.1 Premissas Básicas.....	12
3.1.1 Cenário Macroeconômico de referência.....	13
3.1.2 Crescimento Demográfico.....	15
3.1.3 Conjuntura Setorial.....	16
3.2 Demanda de Energia.....	19
4 Estudo do PDE 2015-2024.....	21
4.1 Consumo e Carga.....	21
4.2 Expansão da Geração para o decênio 2015-2024.....	23
4.2.1 Fontes Contratadas.....	26
4.2.2 Fontes Planejadas.....	26
4.3 Transmissão da Energia.....	28
4.3.1 Linhas Existentes.....	29
4.3.2 Linhas Planejadas.....	30
4.3.3 Evolução da capacidade física e investimentos realizados.....	31
4.4 Eficiência Energética.....	33
4.5 Contexto Socioambiental.....	34
5 Projeções x Realidade de 2016.....	37
5.1 O setor elétrico em 2016.....	38
5.2 Comparativo entre os Planos Decenais e os primeiros meses de 2016.....	40
5.3 Análise da confiabilidade do PDE 2024.....	41
6 Conclusão.....	42
Bibliografia.....	45

1 INTRODUÇÃO

O Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2024 foi um documento elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), em parceria com o Ministério de Minas e Energia (MME), que tem como principal objetivo o fornecimento de uma visão integrada da expansão da demanda e da oferta de diversas fontes de energia no período de 2015 a 2024.

De acordo com o art 2º da Lei 10.847 de 15 de março de 2004, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) é um órgão estatal que tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

Mostrou-se necessário o desenvolvimento do plano decenal a partir do ano de 2006 para que o Governo Federal possuísse indicadores confiáveis a respeito dos projetos que deveriam ser feitos no sistema elétrico brasileiro para que fosse suprida uma demanda de carga em crescimento, seja ela populacional ou industrial. Desse modo, o plano foi construído para que fosse feita uma análise preditiva dos próximos 10 anos, baseando-se, principalmente, em leilões de energia, investimentos industriais e crescimento populacional.

Como as obras para construção de linhas de transmissão, usinas de geração e todo o suporte para o funcionamento desses empreendimentos levam um tempo considerável para serem feitas, desde o processo de licitação até a finalização da obra, é preciso que haja uma visão de longo prazo de como o consumo de carga irá se comportar no país, de modo a elaborar planos de prevenção com o objetivo de construir mais usinas e linhas de transmissão.

Com a leitura do documento é possível perceber a importância do estudo do Plano Decenal de Expansão de Energia não só para o Governo Federal e órgãos públicos, mas também para engenheiros que queiram usá-lo como uma ferramenta educacional, levando em consideração a sua característica multidisciplinar. Além disso, como é um documento baseado em macro economia, também é possível alinhar seus estudos com o comportamento econômico do país, o que acaba se tornando um conhecimento

extremamente relevante para aqueles que desejam ingressar no setor industrial ou atuar na área de investimentos públicos ou privados.

1.1 HISTÓRICO DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

Os maiores progressos e invenções relativas à área da Engenharia Elétrica só tiveram seu início por volta do Século XIX, através dos estudos e contribuições de grandes nomes como, por exemplo, Nikola Tesla, Thomas Edison, Michael Faraday.

No Brasil, tivemos a primeira instalação de iluminação elétrica no Brasil em 1879, quando o imperador Dom Pedro II concedeu à empresa de Thomas Edison a instalação de iluminação elétrica na estação da Estrada de Ferro Pedro II, atual Central do Brasil. Já em 1881, na cidade do Rio de Janeiro foi instalada pela Diretoria Geral dos Telégrafos a primeira iluminação externa pública do país, eram lâmpadas alimentadas por dínamos acionados por um locomóvel. A primeira hidrelétrica veio em 1883, localizada no Ribeirão do Inferno, afluente do rio Jequitinhonha, na cidade de Diamantina – MG, usina a fio d'água que gerava a partir da utilização de dois dínamos com 4 e 8 HP respectivamente. Ainda neste ano foi criada a central termoelétrica de 52 kW, a primeira geradora do país.

Em 1889 veio a maior hidroelétrica do século, que gerava 250 kW, sendo posteriormente expandida para 375 kW. Até o final do século XIX, a capacidade aumentou de 61 kW para 10.850 kW, localizada em Juiz de Fora – MG.

Entre o final do século XIX e o início do século XX o país passou a contratar empresas internacionais para prestação de serviços urbanos de utilidade pública. A regulamentação do uso de energia elétrica no país veio em 1903 – com o primeiro texto de lei sobre o tema aprovado pelo Congresso Nacional. Nas décadas seguintes o crescimento populacional urbano acompanhou o desenvolvimento do setor elétrico nacional e, por consequência, a quantidade de empreendimentos e de capacidade gerada foi crescendo proporcionalmente, tanto para atendimento da demanda por energia crescente nas áreas urbanas, quanto nas áreas industriais.

No Governo Vargas, o setor elétrico nacional – que era controlado por particulares, sem intervenção direta do Estado – sofreu modificações através da criação de um Decreto-Lei denominado Código de Águas. Assim, em 1940 as usinas termelétricas do país, passaram a ser reguladas pelo Estado. O fato gerou insatisfação de

algumas empresas, o que acarretou a saída de muitas das companhias internacionais que estavam aqui instaladas. Ainda neste período, com o controle do setor, o governo resolve criar organizações estatais como a Companhia Hidroelétrica do Rio São Francisco (CHESF).

Para administrar o programa energético do estado do Espírito Santo foi criada – em 1956 – a Escelsa, empresa posteriormente federalizada e que passou a fazer parte do Grupo Eletrobrás. A Eletrobrás foi criada em 1961 por Jânio Quadros e constituída em 1962 pelo presidente João Goulart para coordenar o setor de energia elétrica brasileiro, esta unifica o controle e passa a gerir todas as empresas do setor elétrico. Diante desses fatos percebeu-se que essa área estava em extensivo progresso e se tornando cada vez mais complexa, contudo o setor de planejamento só passaria a existir com atuação permanente a partir do século XXI, com a criação da EPE.

Antes disso o país continuou em busca de seu desenvolvimento, expandindo o setor elétrico de forma proporcional a sua expansão econômica. Entre as décadas de 60 e 80 houve o chamado Milagre Econômico, seguido do Segundo Plano Nacional do Desenvolvimento (II PND). Nesse contexto a demanda por eletricidade atingiu números de 10% de crescimento. Nessa época havia uma grave crise internacional de petróleo que criava um empecilho na utilização de combustíveis fósseis para geração de energia. Então se decidiu criar grandes empreendimentos de geração hidroelétrica de energia como as usinas de Itaipu e Tucuruí.

Além da expansão da geração a crescente demanda também acarretou no surgimento do Programa Nacional de Conservação da Energia (PROCEL), em 1985, comandado pela Eletrobrás, com o objetivo de promover o uso racional da energia em todos os tipos de consumidores.

Na década de 90 as condições de funcionamento do setor elétrico brasileiro já não eram mais as mesmas. Diante disso o governo resolveu retornar o setor a ser como era antes, desestatizando as empresas do setor e criando órgãos reguladores vinculados ao Estado para administrar tudo isso. Com isso criou-se, em 1996, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), órgão diretamente vinculado ao MME.

Já sob fiscalização da ANEEL, foi criado, dois anos após, o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), que tem como função coordenar a geração de energia e a distribuição e transmissão desta entre as diversas geradoras, promovendo o intercâmbio entre os subsistemas, quando necessário. Além disso, o ONS é um órgão que auxilia bastante os estudos de planejamento que se tem hoje em dia no Brasil.

No decorrer dessas décadas, a evolução do setor elétrico propiciou que algumas áreas entre Sul/Sudeste e Norte/Nordeste crescessem interligadas entre elas. Contudo, para que se pudesse estruturar melhor o planejamento do setor era preferível que todos os subsistemas do país fossem interligados em um único. Foi então que, a partir 1998, decidiu-se interligar os dois subsistemas supracitados, criando assim o Sistema Interligado Nacional (SIN).

Com a interligação Norte/Sul concluída foi a vez de interligar ao sistema os demais que eram isolados. Com isso interligou-se os subsistemas Acre e Rondônia ao Sudeste/Centro-Oeste e a região de Manaus ao subsistema Norte. Entretanto ainda existem algumas áreas que ainda não estão interligadas ao SIN, em especial os estados do Amapá e de Roraima, que estão em processo de interligação.

1.2 OBJETIVOS

Esse trabalho tem como objetivo fundamental fazer uma breve análise de confiabilidade, comparando o atual Plano Decenal aos planos elaborados nos anos anteriores. Além disso, através do estudo do PDE 2024, será possível mostrar o potencial do PDE como ferramenta de estudos para o curso de Engenharia Elétrica.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está dividido em 6 capítulos. Dos quais, o presente Capítulo, se dedica a introdução sobre o tema que será discutido nos capítulos posteriores e define o objetivo geral do trabalho.

Os Capítulos 2 e 3 são responsáveis pela revisão bibliográfica utilizada no decorrer do trabalho. Sendo o Capítulo 2 o responsável por apresentar os conceitos mais gerais sobre os Planos Decenais ao longo dos anos.

O Capítulo 3 é dedicado às metodologias utilizadas para a elaboração do documento.

No Capítulo 4 é feita a análise do PDE 2024, sendo este o mais atual, e tendo o Capítulo 5 como desfecho para uma análise de confiabilidade dos Planos Decenais.

Finalmente, o Capítulo 6 conterá a conclusão obtida de todo o estudo realizado.

2 REVISÃO DOS PLANOS DECENAIIS ANTERIORES

Como o objetivo principal do PDE é elaborar uma visão de longo prazo a respeito do setor energético brasileiro, considerando o intervalo de 10 anos, nem sempre as previsões atingem a meta especificada. Por isso, a cada novo Plano Decenal elaborado, é importante que seja feita uma comparação entre os principais indicadores presentes nos Planos Decenais anteriores.

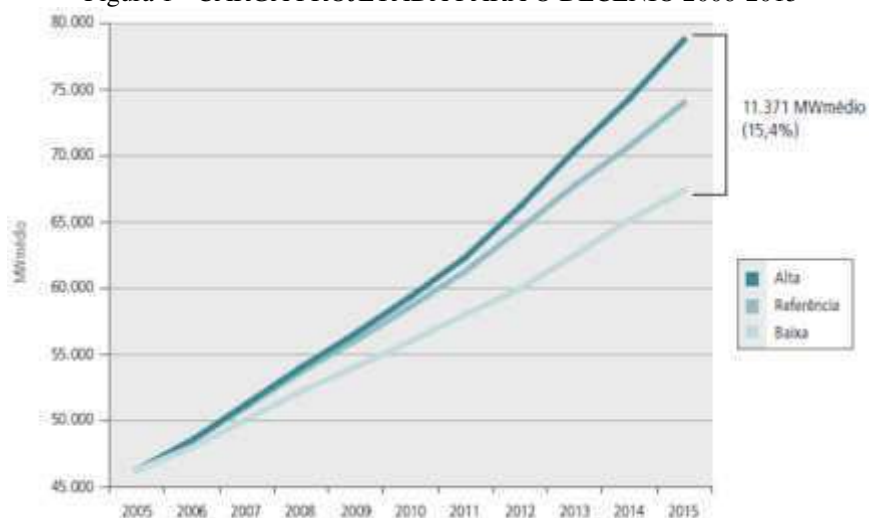
Para que seja elaborado um contexto sobre o tema em questão, é feita uma revisão dos relatórios elaborados em estudos feitos nos anos anteriores. Essa revisão se baseia em pesquisas nos sumários executivos históricos de Planos Decenais, disponibilizados pela EPE, além de outras fontes teóricas, escritas por autores com domínio no tema.

Como o Plano Decenal de Expansão de Energia apresenta uma visão abrangente referente ao setor energético brasileiro como um todo, se faz necessário estreitar esse objeto de estudo. Por isso, a partir deste capítulo, são tratados os aspectos mais específicos relacionados ao setor elétrico.

Levando em conta essa consideração, os estudos desse relatório serão focados nos resultados referentes à demanda de energia, expansão da geração e expansão da transmissão no horizonte decenal de cada relatório. Também são realizadas algumas considerações a respeito do contexto socioambiental, no qual está inserido o planejamento do setor elétrico. Obtendo-se essa visão, é possível se fazer uma análise a respeito do que está em convergência e do que está em divergência nas projeções ao longo dos anos.

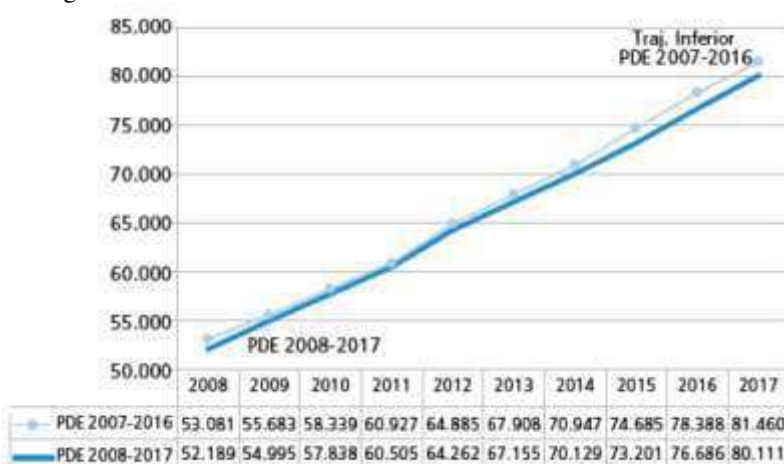
A fim de considerar alguns dados relevantes para o objetivo deste trabalho, foram realizados estudos sobre a avaliação da demanda de energia no presente e suas projeções para o futuro. Essas informações relevantes fazem parte da demanda de potência para o decênio em questão. Para efeito de comparação, estudou-se os dados obtidos no planejamento presente e nos planejamentos anteriores. Além do PDE 2024, são avaliados, nesta parte do trabalho, os planos referentes aos horizontes de 2017, 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023, que são os outros documentos disponibilizados por essa empresa. A seguir são mostrados os gráficos referentes às demandas de potência dos planos decenais.

Figura 1 - CARGA PROJETADA PARA O DECÊNIO 2006-2015



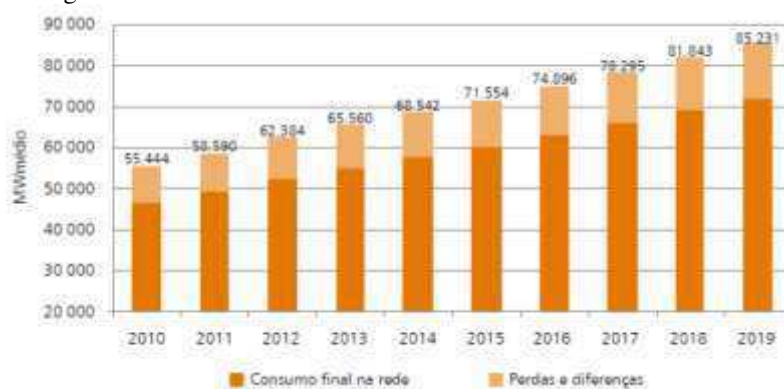
Fonte: EPE (2006)

Figura 2 - CARGA PROJETADA PARA O DECÊNIO 2008-2017



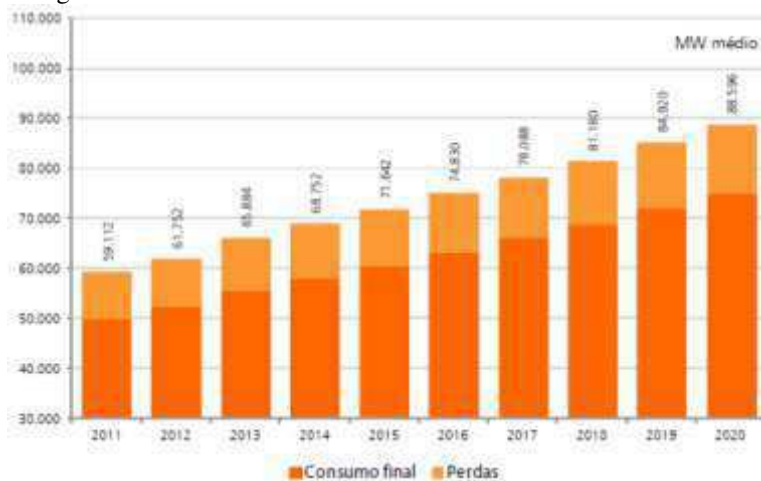
Fonte: EPE (2010)

Figura 3 - CARGA PROJETADA PARA O DECÊNIO 2010-2019



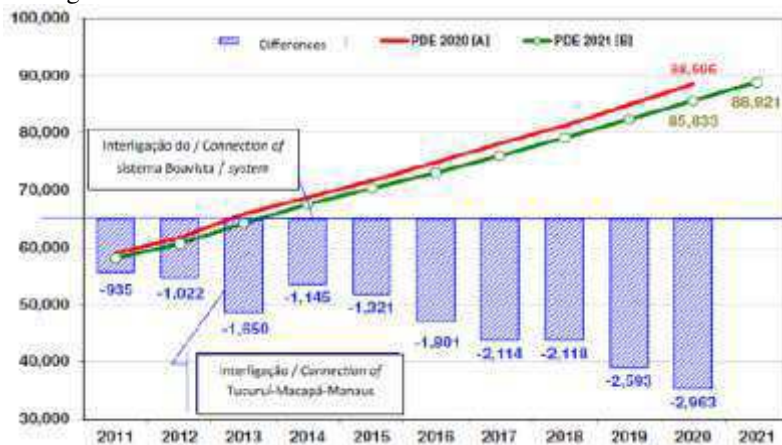
Fonte: EPE (2010)

Figura 4 - CARGA PROJETADA PARA O DECÊNIO 2011-2020



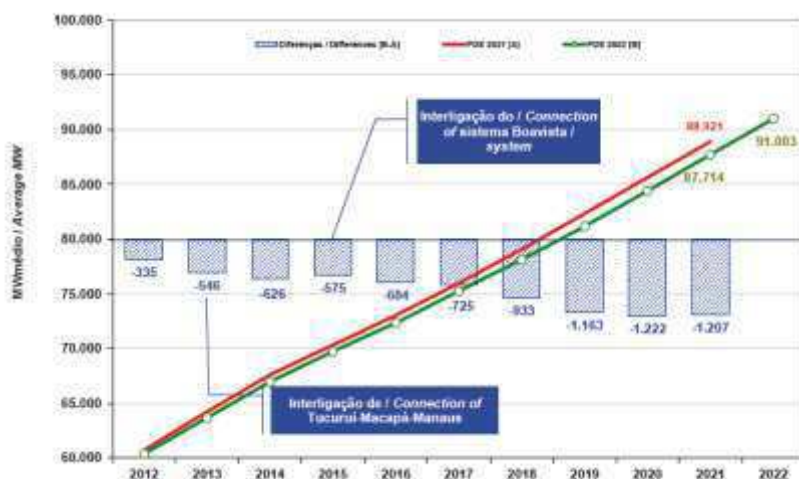
Fonte: EPE (2011)

Figura 5 - CARGA PROJETADA PARA O DECÊNIO 2012-2021

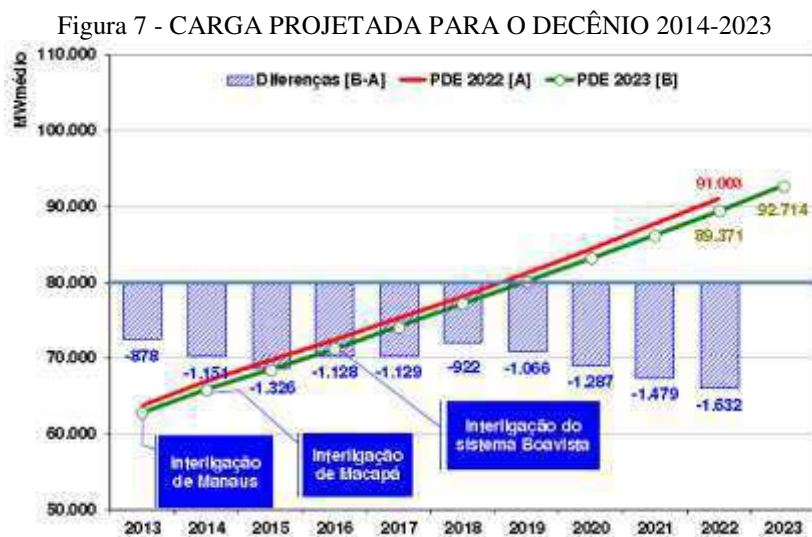


Fonte: EPE (2012)

Figura 6 - CARGA PROJETADA PARA O DECÊNIO 2013-2022



Fonte: EPE (2013)



Fonte: EPE (2014)

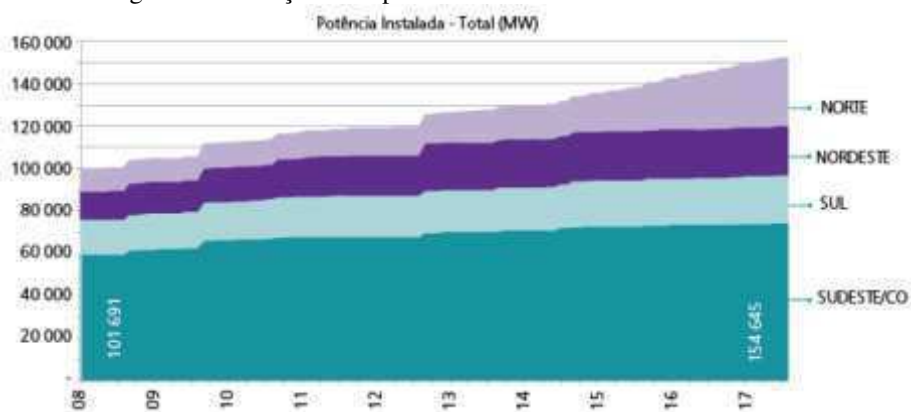
Também é mostrado o consumo advindo da rede elétrica, assim como o consumo total de energia projetado para o decênio. A energia consumida, gerada por autoprodução, é um fator que apresenta diferenças entre esses dois parâmetros, já que é considerada no consumo total, mas não no consumo da rede. Além disso, o consumo na rede é desmembrado em parcelas correspondentes ao consumo por subsistema e consumo por classe. Outro aspecto considerado no consumo total são as avaliações de conservação de energia devido à eficiência energética.

A EPE afirma que, em relação à oferta de energia e sua eventual expansão, o planejamento busca prezar pelo compromisso entre a sustentabilidade socioeconômica e a garantia de suprimento da energia. Desse modo, o investimento em fontes de energia renovável tem sido prioridade. (EPE 2013)

Considerando esse aspecto, os percentuais relativos à geração de energia por tipo de fonte estão disponíveis em alguns dos documentos anuais disponibilizados pela empresa. Também é mostrada a capacidade atual de potência instalada, junto aos percentuais, para cada tipo de geração.

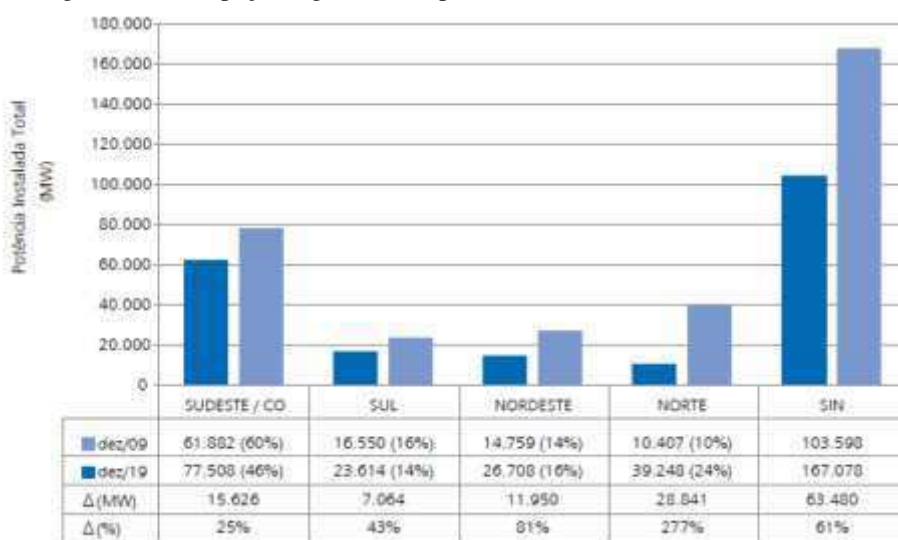
Também são mostradas as projeções dos próximos dez anos sobre o total de energia a ser gerada, além de ser mostrada, também, a quantidade por subsistema elétrico. Na figura 7 até a figura 10 são mostrados esses dados projetados. Também são discutidos alguns aspectos relacionados a geração hidroelétrica e a geração térmica, que ainda são as duas maiores parcelas da matriz energética nacional.

Figura 8 - Evolução da capacidade instalada do SIN no PDE 2017



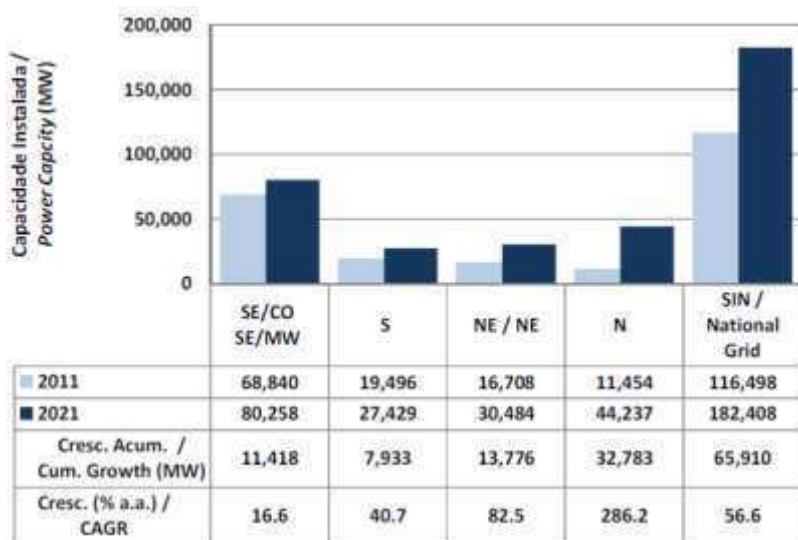
Fonte: EPE (2008)

Figura 9 - Participação regional na capacidade instalada do SIN no PDE 2019



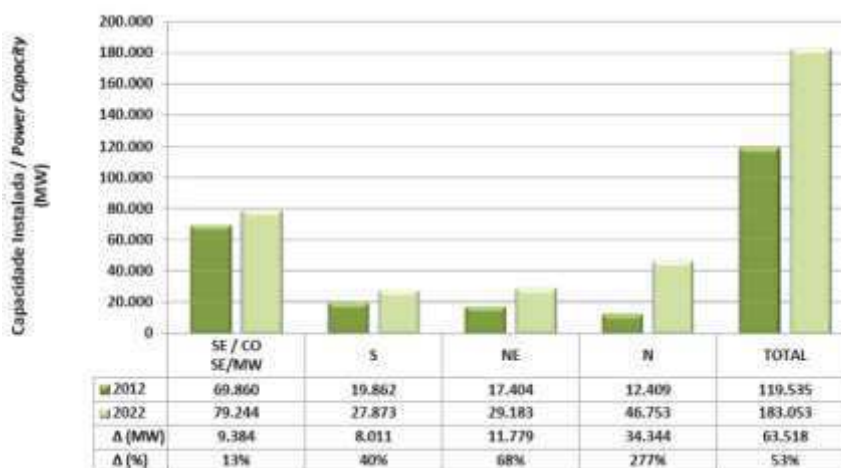
Fonte: EPE (2010)

Figura 10 - Participação regional na capacidade instalada do SIN no PDE 2021



Fonte: EPE (2012)

Figura 11 - Participação regional na capacidade instalada do SIN no PDE 2022



Fonte: EPE (2013)

Os subsistemas que já estão interligados e aqueles que ainda serão interligados no SIN constituem um fator importante a ser considerado. Com o aumento do número de subsistemas interligados e a consolidação do SIN, ocorre interferência direta no aumento das estimativas para a demanda e geração de energia necessária na rede para seu atendimento.

Como consequência do aumento da demanda por geração de energia, também ocorre o aumento contínuo de construção de linhas de transmissão, tanto para a interligação das áreas que ainda não estão conectadas ao SIN, quanto para o melhoramento da transmissão e intercâmbio de energia nas áreas já interligadas.

Alguns dados apresentados pela EPE, indicam a quantidade de km estimados de linhas de transmissão a serem implantadas no decênio, nos diversos níveis de tensão adotados no Brasil.

Alguns pontos de responsabilidade do setor elétrico são colocados no contexto socioambiental. A emissão de gases de efeito estufa entra como um dos principais pontos nesse aspecto, e está relacionada, principalmente, com as usinas movidas a combustíveis fósseis. Os relatórios referentes à geração compreendem a avaliação de áreas afetadas pelos empreendimentos a serem construídos. Em relação às linhas de transmissão, ocorre o mesmo pensamento referente à geração.

Também são abordados outros aspectos complementares, mas não menos importantes, especialmente os que dizem respeito à questão econômico-financeira nas projeções decenais. São mostradas as estimativas de investimento necessárias para se atender ao que é requerido em termos de expansão da geração relacionada com a crescente demanda. Ainda são mostradas as estimativas de investimento para implantação das obras de aumento da quantidade de linhas de transmissão. Os Quadros 1 e 2 retratam estes dados.

Quadro 1 - Estimativas de gastos para expansão da geração nos Planos Decenais

Investimento	PDE 2015	PDE 2017	PDE 2019	PDE 2020	PDE 2021	PDE 2022	PDE 2023
Novas Usinas (bilhões)	75	79	108	100	117	122	143
Hidroelétricas (%)	80	88	70	55	57	61	38
Outras Usinas (%)	20	12	30	45	43	39	62
Total (bilhões)	75	142	175	190	213	200	223

Fonte: Autor (Baseado em EPE)

Quadro 2 - Estimativas de gastos para expansão da transmissão nos Planos Decenais.

Investimento (bilhões)	PDE 2015	PDE 2017	PDE 2019	PDE 2020	PDE 2021	PDE 2022	PDE 2023
Linhas	26,7	24,86	24	30	36	37	49,8
Subestações	12,7	14,22	15	16,4	19	23	28,2
Total	39,4	39,08	39	46,4	55	60	78

Fonte: Autor (Baseado em EPE)

3 ANÁLISE METODOLÓGICA DO PDE

O método utilizado para a elaboração do Plano Decenal de Energia 2024 compreende a análise e desenvolvimento de premissas básicas para formular uma projeção consistente da demanda de energia no país.

3.1 PREMISSAS BÁSICAS

As variáveis econômicas, tais como a taxa de crescimento da economia, possuem impactos relevantes sobre a projeção do consumo de energia. A exemplo disto destaca-se o peso que a evolução do setor industrial possui sobre autoprodução de eletricidade¹. A análise do consumo de energia depende também de estudos prospectivos setoriais, sobretudo os referentes aos segmentos energointensivos.

Da mesma forma, os indicadores demográficos possuem impactos relevantes sobre o consumo de energia. Como exemplo, a perspectiva de evolução da relação habitante/domicílio e a evolução do crescimento da população brasileira possibilitam estimar o número total de domicílios, variável fundamental para a projeção do consumo residencial de energia.

Em resumo, essas premissas básicas são fundamentadas a partir da análise de três pontos principais:

- O cenário macroeconômico de referência;
- O crescimento demográfico;
- A conjuntura setorial.

Após analisar cada um desses pontos, é apresentada a síntese do procedimento metodológico utilizado na projeção da demanda de energia, que depende da construção das premissas básicas.

3.1.1 CENÁRIO MACROECONÔMICO DE REFERÊNCIA

As análises econômicas estão alinhadas com o Plano Nacional de Energia (PNE), também elaborado pela EPE. O PNE é composto de uma série de estudos que buscam fornecer insumos para a formulação de políticas energéticas segundo uma perspectiva integrada dos recursos disponíveis.

No PDE 2024, é interessante notar que a projeção da taxa de crescimento, esperada para o Brasil no primeiro quinquênio, segue uma média de 3,2% ao ano. No PDE 2023, esperava-se uma taxa de crescimento de 4,3% ao ano.

Além disso, cada Plano Decenal foi desenvolvido a partir de uma problemática econômica diferente, já que os dados são atualizados a cada ano em que um novo Plano Decenal é elaborado. Nesse sentido, a economia brasileira apresenta um quadro conturbado, influenciada tanto pelo cenário internacional como por fatores internos. No presente trabalho, dar-se-á maior enfoque aos fatores internos da economia brasileira.

No PDE 2023, por exemplo, a incerteza do desempenho industrial, a inflação e os gargalos estruturais aparecem como grandes preocupações acerca do que poderia ser um empecilho para atingir a meta traçada no documento. No caso do PDE 2023, que foi elaborado em meados de 2014, a inflação foi um dos problemas mais preocupantes por ter atingido o teto da meta no índice acumulado em 12 meses. No entanto, é muito interessante notar que a preocupação com esses fatores internos da economia brasileira está presente em todos os PDE's já elaborados.

Pode-se dizer que, já que a natureza do documento é puramente técnica, análises econômicas por si só tendem a serem feitas de forma mais pessimista em relação ao mercado, para que se possa trabalhar com uma margem de risco menor. Desse modo, problemas como fraco desempenho industrial, inflação e gargalos na infraestrutura no Brasil, sempre foram presentes na elaboração dos documentos, não só por retratar a realidade do Brasil em relação aos países mais desenvolvidos, mas para que se construa uma meta a fim de alcançar bons resultados para que não haja escassez de recursos energéticos no país.

Em relação ao PDE 2024, percebe-se que o desempenho da indústria na economia, a inflação e os gargalos estruturais, continuam sendo as principais problemáticas internas que podem impedir o avanço de investimentos no horizonte decenal. Especificamente sobre o desempenho industrial, que recuou 5,9% ao ano até março de 2015, destaca-se a indústria automobilística, que obteve uma queda na produção de 16,1% ao ano, fato que

pode ser explicado pela retração da demanda tanto interna como externa. Quanto à inflação, destaca-se o alcance do teto² da meta no índice acumulado em 12 meses em alguns meses de 2015. Vale ressaltar que desde meados de 2013, o Banco Central vem adotando uma política monetária mais restritiva, com elevação da taxa de juros básica da economia - Selic.

Além desses fatores internos já ressaltados em cada PDE, mas que apresentou um certo fator agravante no PDE 2024, destaca-se a questão fiscal do Brasil, que aparece como uma das maiores preocupações deste documento. É importante destacar que o documento deixa clara a necessidade de se obter uma curva declinante para a dívida líquida do setor público, inclusive citando o risco de perda do grau de investimento pelas agências de classificação de risco, o que acabou ocorrendo de forma desastrosa no começo de 2016, devido ao desenvolvimento das questões políticas no Brasil, fator de difícil previsão e que não foi levado em conta na elaboração desse PDE.

De modo geral, é destacado no PDE 2024 que o desempenho futuro da economia brasileira dependeria da evolução dessas questões conjunturais e de como os problemas estruturais seriam enfrentados e solucionados. Infelizmente, devido à questão política que vem se desenvolvendo desde meados de 2015 até o presente momento, essas questões conjunturais não só deixaram de evoluir como apresentaram um recuo além do esperado.

Quanto à economia mundial, adotou-se a premissa de que os países desenvolvidos se recuperarão da longa retração econômica, caso não haja uma ruptura da União Europeia. É interessante o destaque feito no documento nessa questão, já que, no começo de 2016, o referendo realizado no Reino Unido, para que o conjunto fosse separado da zona do Euro, teve um desfecho inesperado, colocando essa região cada vez mais próxima da ruptura com a União Européia. Além disso, apesar de esperar uma desaceleração suave da China, os países em desenvolvimento, sobretudo os asiáticos, permanecerão contribuindo fortemente para o crescimento do PIB mundial.

Assim, conforme apresentado na Quadro 3, o crescimento da economia mundial será impactado pela recuperação das economias desenvolvidas e pelo menor ritmo de crescimento das economias emergentes.

Quadro 3 - Taxa de Crescimento da Economia

Indicadores Econômicos	2015-2019	2020 - 2024
PIB mundial (% a.a.)	3,8	3,8
Comércio mundial (% a.a.)	4,8	5,1
PIB nacional (% a.a.)	1,8	4,5

Fonte: Autor (Baseado em EPE)

É importante destacar que, para elevar a produtividade da economia brasileira, fazendo com que ela contribua mais fortemente para o crescimento econômico, os investimentos em P&D e na formação e capacitação da mão-de-obra precisarão aumentar consideravelmente. No entanto, tais políticas necessitam de um período maior que o horizonte considerado neste estudo para gerar efeitos significativos.

Outro fator essencial para o crescimento econômico nacional é aumentar a poupança de longo prazo. Elevar a poupança interna é algo complexo no médio prazo, entretanto, espera-se que ao longo dos próximos dez anos, haja um aumento da poupança externa.

3.1.2 CRESCIMENTO DEMOGRÁFICO

As mudanças demográficas no Brasil tem se destacado pela rapidez com que elas vêm ocorrendo. A população brasileira vem crescendo a taxas cada vez menores e envelhecendo, tendência que se manterá nos próximos anos. Com isso, espera-se que a contribuição demográfica no PIB diminua já na próxima década.

A população brasileira atualmente cresce a uma taxa próxima a 1,0% a.a. No período entre 2015 e 2024 estima-se que o crescimento seja de 0,7% a.a. Com isso, em 2024, o país passará a ter 218 milhões de habitantes, com um acréscimo, no período, de aproximadamente 13 milhões de pessoas.

Com relação ao perfil regional da população brasileira, pode ser observado que o maior crescimento ocorre nas regiões Norte (1,1%) e Centro-Oeste (1,2%), com variações acima da média nacional (0,7%). Esse crescimento, contudo, não é capaz de induzir a uma mudança significativa na estrutura da população, que continua fortemente concentrada nas regiões Sudeste (41,6%) e Nordeste (27,2%).

O número de domicílios particulares permanentes vem apresentando trajetória crescente em todas as regiões do país. Para o período que se estende de 2015 a 2024,

espera-se uma continuidade desta trajetória. Em 2024, a expectativa é de que existam cerca de 77 milhões de domicílios no país, um aumento de 11 milhões em relação a 2015.

Como resultado deste aumento e de um menor crescimento da população, espera-se que ocorra no período uma redução do número de habitantes por domicílios. Projeta-se que em 2015 essa relação seja de 3,1, reduzindo para 2,8 em 2024.

No que se refere à distribuição regional dos domicílios, observa-se um crescimento forte em todas as regiões, em especial nas regiões Norte e Centro-Oeste que apresentam crescimento acima da média nacional. Com relação à estrutura de participação do número de domicílios no total nacional, verifica-se que eles ainda se mantêm fortemente concentrados nas regiões Sudeste e Nordeste.

3.1.3 CONJUNTURA SETORIAL

Em relação à elaboração do Plano Decenal, o PDE 2024 é bem mais detalhado quanto à análise setorial em relação ao PDE 2023. O cenário setorial foi elaborado através de uma análise qualitativa focada nos setores de interesse energético, mantendo, com auxílio do modelo de projeção setorial, consistência macroeconômica e intersetorial. As premissas setoriais envolvem as perspectivas de consumo para os principais setores da economia, sendo desmembradas em dez setores, nesse documento, sendo eles:

- Agropecuária
- Serviços
- Indústria
- Indústria Extrativa
- Construção Civil e Infraestrutura
- Energia elétrica, água e esgoto
- Indústria de Transformação
- Grandes Consumidores
- Setor Residencial
- Setor de Transporte

A agropecuária tem uma lógica global de mercado, onde parte considerável dos seus produtos são commodities comercializadas a preços referenciados pelo mercado

internacional. O Brasil tem uma grande fatia do comércio mundial de alimentos sendo um dos maiores produtores de soja, milho, café e carne bovina do mundo. O país tem condições bastante favoráveis para atender a demanda por alimentos e a cadeia dos bioenergéticos nos próximos anos. A agropecuária já é bem posicionada no mercado global e pode aumentar sua competitividade com a maturação dos investimentos em infraestrutura que estão sendo considerados. Além disso, o Brasil está em um seleto grupo de países com disponibilidade de terra capaz de viabilizar esse crescimento. Projeta-se no período um crescimento do setor acima da média do PIB ganhando participação na economia brasileira e no comércio mundial de alimentos. (EPE 2015)

O setor de serviços aproveitou-se da expansão do consumo das famílias brasileiras e liderou o crescimento do valor adicionado nos últimos dez anos. Espera-se que cresça, no horizonte desse plano, a uma taxa média de 3,3% a.a. Isso significa que o aumento da participação no valor adicionado observado na década anterior deve perder força, mas a expectativa continua positiva, pois o setor cresce ligeiramente acima do ritmo da economia, ainda que acompanhe uma trajetória de elevação mais suave da renda e do consumo das famílias. (EPE 2015)

A projeção de crescimento médio do valor adicionado da indústria é de 2,8% nos próximos 10 anos. Esse crescimento ocorrerá abaixo da variação do PIB, em função das premissas econômicas em que se baseia o Plano Decenal. Dentre os setores que compõem a atividade industrial, a indústria extrativa obterá o maior ganho relativo de participação, com taxa anual de expansão projetada em 5,6%, seguida da indústria de energia elétrica, água e gás, 3,5%, de transformação, 2,3% e de construção civil, 2,0%. (EPE 2015)

O pré-sal brasileiro possibilitará uma elevada expansão da produção de petróleo e gás com a maturação dos investimentos realizados ou por realizar. A demanda mundial e brasileira por óleo e gás manterá perspectiva de crescimento tanto para consumo energético, como industrial na cadeia petroquímica. (EPE 2015)

A construção civil e infraestrutura compreende a edificação de complexos hoteleiros, shopping centers, unidades residenciais, infraestrutura de base, dentre outras. Quanto às perspectivas, pelo lado da demanda, observa-se que ainda existe no Brasil um forte caminho de expansão pela redução do déficit habitacional e de infraestrutura. Além disso, a área locável no interior dos shopping centers no Brasil é bem inferior à dos países desenvolvidos e, também, a disponibilidade de quartos da rede hoteleira brasileira é bastante modesta quando comparada aos mesmos. (EPE 2015)

As condições para a indústria local atender a essa demanda contida são bastante favoráveis e o setor não sofre concorrência externa o que permite um crescimento mais relacionado ao desempenho econômico interno. O primeiro quinquênio será marcado pela necessidade de ajustes no setor, que apresentará grande recuo em 2015 como reflexo da queda de confiança do consumidor e da redução temporária de investimentos. Já no segundo quinquênio espera-se um crescimento mais forte capaz de solucionar parte das demandas habitacionais e de complexos comerciais reprimidas e de dotar o país de uma infraestrutura mais robusta e competitiva. (EPE 2015)

Espera-se que a produção e a distribuição de eletricidade, de água e de gás cresçam no ritmo da indústria mantendo participação no valor adicionado industrial. O crescimento desse grupo tende a ser alinhado ao PIB. (EPE 2015)

O segmento de saneamento básico possui elevado potencial, já que, de acordo com a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios do IBGE de 2011, apenas 54,9% dos domicílios tinha esgotamento sanitário. Assim, para alcançar os padrões dos países desenvolvidos, o volume de investimentos deverá ser crescente. Projeta-se no segmento de produção e distribuição de energia elétrica e gás, portanto, um crescimento próximo do ritmo do PIB. (EPE 2015)

A indústria de transformação compõe a maior parte do valor adicionado industrial brasileiro, abrangendo diversos setores que beneficiam a matéria-prima e seus produtos intermediários até chegarem ao produto final na forma de bens de consumo ou de capital. Em sua cadeia produtiva existem, mais a montante, setores de baixa tecnologia, cuja competitividade depende principalmente da disponibilidade fértil de recursos primários, e, mais a jusante, setores cujos processos adquirem complexidade, onde os demais fatores de produção, como trabalho, capital e tecnologia, tendem a adquirir mais relevância para a competitividade da indústria. (EPE 2015)

No setor residencial brasileiro, destacam-se os consumos de eletricidade, do gás liquefeito de petróleo (GLP) e da lenha, sendo os dois últimos destinados principalmente aos serviços de cocção de alimentos e aquecimento de água para banho. (EPE 2015)

O setor de transportes é composto pelos modais rodoviário, aeroviário, aquaviário e ferroviário. O segmento rodoviário, que inclui veículos leves, ônibus e caminhões, é preponderante tanto em consumo de energia (cerca de 92%), quanto em atividade, representando cerca de 58% de ton-km do modal de cargas e 92% de pass-km no modal de passageiros. (EPE 2015)

3.2 DEMANDA DE ENERGIA

A projeção de demanda é uma das etapas mais importantes do PDE, uma vez que esta etapa determina a real necessidade energética do país, e é a partir desse estudo que serão planejados os investimentos nos tópicos seguintes. Esta projeção é desenvolvida segundo o diagrama da Figura 12, onde primeiramente é analisado o Módulo Macroeconômico, levando em conta os cenários mundiais, nacionais e a consistência entre esses cenários.

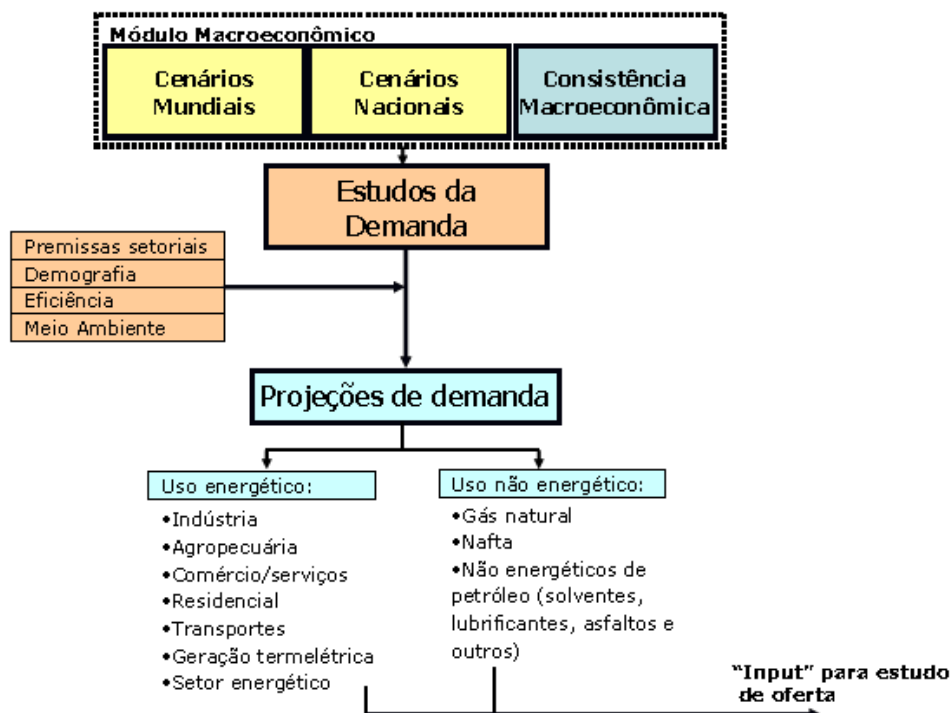
Relativamente ao PDE anterior, foram revisadas algumas premissas, destacando-se uma diferença significativa no cenário de expansão dos segmentos industriais eletro-intensivos, nomeadamente no caso das indústrias de celulose, petroquímica e alumínio primário. Há ainda premissas específicas, referentes à eficiência energética. Adicionalmente, a projeção atual para o consumo de eletricidade na rede considera a interligação de Macapá a partir de maio de 2015 e de Boavista a partir de junho de 2017, enquanto o PDE 2023 considerava a interligação de Macapá a partir de julho de 2014 e a interligação do sistema Boavista a partir de abril de 2016.

O processo de previsão da demanda de energia compreendeu as seguintes etapas:

- Diagnóstico do ano base das projeções
- Avaliação do impacto do cenário macroeconômico
- Avaliação do impacto das premissas setoriais
- Elaboração da projeção da demanda de energia setorial
- Análise de consistência e consolidação da demanda de energia
- Elaboração da projeção da matriz energética brasileira

O resultado desses estudos gera a projeção de demanda, tanto para o uso energético como para o uso não energético. A Figura 12 exhibe o esquema que representa a relação entre as etapas do processo de projeção da demanda de energia.

Figura 12 - Modelagem da projeção da demanda de energia elétrica.



Fonte: EPE (2015)

A metodologia utilizada permite obter a demanda setorial de energia por fonte energética, em âmbito nacional. Energéticos como a eletricidade, o gás natural e alguns derivados de petróleo, como o óleo combustível e o óleo diesel, requerem nível mais detalhado quanto à localização das respectivas demandas, por conta de implicações na logística associada de suprimento. Nesses casos, procede-se à regionalização das projeções, de modo a subsidiar tais análises específicas.

4 ESTUDO DO PDE 2015-2024

Diante do que foi visto nos capítulos anteriores a respeito do que consiste o Plano Decenal de Expansão de Energia, dos estudos desenvolvidos nos últimos anos, e da metodologia aplicada para realização de tais estudos, parte-se agora para uma discussão mais detalhada acerca do que o PDE 2024 aborda em termos de dados e conclusões.

São observados os pontos mais importantes do relatório relacionados ao setor elétrico. Além dos pontos já considerados referentes a projeções para carga, consumo e projeções de expansão da geração e transmissão, são acrescentadas outras particularidades, como detalhamento das fontes em expansão, balanço de garantia física, especificação de novas linhas de transmissão, procedimentos de melhoramento da eficiência energética, entre outros.

4.1 CONSUMO E CARGA

Partindo-se das premissas básicas são realizadas as projeções para o consumo de energia e do aumento da carga no horizonte decenal do PDE 2024, conforme descrito na análise metodológica. Para tal, são consideradas premissas demográficas, setoriais, macroeconômicas, de autoprodução e de eficiência energética. No Quadro 4 são mostrados os dados considerando aspectos macroeconômicos e demográficos.

Quadro 4 - Economia e consumo final energético.

Discriminação	2015	2019	2024	Variação(%a.a)
PIB (R\$ bilhões)	3.959	4.378	5.465	3,2
População	205.266	211.368	217.762	0,7
PIB per capita (R\$)	19.288	20.712	25.098	2,5

Fonte: EPE (2015)

A partir daí são realizados os estudos que trazem como resultado as projeções para o consumo total de energia para cada ano do decênio, além do consumo desagregado por fonte e por subsistema na rede. Em termos de consumo total, que também inclui a autoprodução de energia, estima-se um consumo de 790,4 TWh para o ano de 2024,

partindo-se do princípio de que se consumiu 524,6 TWh em 2014. Segundo dados do Ministério de Minas e Energia esse consumo total foi em torno de 573 TWh. No consumo na rede, que exclui a autoprodução, os resultados são mostrados nos Quadros 5 e 6.

Quadro 5 - Consumo de eletricidade na rede por classe

Consumo (GWh)	Residencial	Industrial	Comercial	Outros	Total
2015	135.346	170.173	92.275	73.125	470.918
2019	156.267	187.571	109.183	84.372	537.393
2024	197.193	239.587	147.806	107.551	692.137
Varição (%a.a)	4,1	3,0	5,1	3,9	3,9

Fonte: EPE (2015)

Quadro 6 - Consumo de eletricidade na rede por subsistema.

Consumo (GWh)	Norte	Nordeste	Sudeste/CO	Sul	Sistemas Isolados	Total
2015	34.177	72.617	276.678	85.070	2.377	470.918
2019	41.625	84.839	312.820	95.992	2.117	537.393
2024	58.598	110.954	399.410	119.706	3.468	692.137
Varição (%a.a)	5,7	4,4	3,6	3,5	-0,8	3,9

Fonte: EPE (2015)

Na Quadro 5 nota-se que o setor comercial passa a ter o maior crescimento em termos percentuais, já o setor industrial que é um grande consumidor de energia considerando os dados em números absolutos, tem um crescimento relativo menor que os demais setores. As questões macroeconômicas mundiais, que afetam qualquer país nesse mundo globalizado, são de grande influência para a retração do setor industrial no Brasil, e conseqüentemente, reduz-se o consumo de energia. Diante disso as projeções são realizadas com uma tendência de crescimento abaixo do comum.

Na composição por subsistemas, continua-se tendo um maior crescimento na região Norte por conta das áreas que ainda estão sendo anexadas ao SIN durante os próximos 10 anos. Os sistemas isolados decrescem um pouco no primeiro quinquênio, mas passam a ter um pequeno aumento em números absolutos no final do decênio. No total projeta-se um crescimento de 4% ao ano do consumo de energia na rede elétrica para o decênio.

Fazendo a diferença entre o consumo total de energia no decênio (790 TWh) e o consumo na rede elétrica (692 TWh), encontra-se um valor de 98 TWh. Essa é a parcela correspondente a autoprodução de energia elétrica no país. Analisando ano a ano consta

no PDE 2024 que há um crescimento de 6,2% ao ano neste segmento. A autoprodução normalmente não requer investimentos para expansão da geração e transmissão na rede, visto que é comumente feita em grandes indústrias usando a cogeração, sendo outro fator que justifica o menor crescimento do consumo na rede do setor industrial frente aos demais.

Com relação à carga projetada ligada à rede foram indicadas no relatório a carga média, considerando o uso não simultâneo das demandas máximas, por subsistema e a carga instantânea, que considera a soma das demandas máximas totais. Nesses dados são englobados tanto a parcela que atende o consumo na rede quanto a parcela relativa às perdas totais (comerciais + não comerciais). No Quadro 7 são apresentadas a carga média, a instantânea e as respectivas perdas.

Quadro 7 - Carga e perdas no SIN.

Consumo (GWh)	Carga (MW médio)	Carga (MW)	Perdas (%)
2015	65.236	87.225	18,0
2019	73.888	98.362	17,3
2024	94.548	125.029	16,9
Variação (%a.a)	3,8	3,7	-

Fonte: Autor (Baseado em EPE 2015)

Conforme já citado no capítulo 2, a projeção da carga apresenta valores reduzidos, também no PDE 2024, em relação ao que se foi projetado anteriormente em outros relatórios. Sobre as perdas, elas são obtidas mediante estudos de dados históricos. Os programas de redução/combate desse problema, que vêm sendo implantados nos sistemas elétricos, propiciam uma projeção otimista de redução no horizonte decenal.

4.2 EXPANSÃO DA GERAÇÃO PARA O DECÊNIO 2015-2024

Na época da elaboração do PDE 2024, em 2014, a capacidade instalada registrada no documento era a do final de 2014, em torno de 134 GW. Esse número engloba não apenas a potência gerada na rede, mas também a obtida por autoprodução.

A constante evolução da carga no sistema elétrico e do consumo de eletricidade requer que haja também uma constante expansão da geração para que se possa ter um

fornecimento contínuo de energia elétrica. Para isso, são feitos estudos de curto prazo para implantação de novas fontes. Esse planejamento requer certo tempo, pois depende de leilões para que se haja a contratação dessas novas fontes, além de ter que contar sempre com eventuais atrasos nas obras devido a questões socioambientais.

Além das fontes nacionais, o relatório prevê uma integração energética para construção de usinas em países vizinhos. Destaca-se a construção de hidroelétricas no Peru com o total de 7 GW de capacidade, na Guiana com o total de 4,5 GW e na Argentina com o total de 2,2 GW. Em países como o Uruguai e a Bolívia também existem projetos de empreendimentos binacionais, mas ainda em fase inicial de planejamento.

Conforme previsto em lei, os leilões são responsáveis por contratar empresas que realizem a implantação de novas usinas, sendo os preços de venda de energia pré definidos. Os leilões são feitos com a antecedência máxima permissível para a necessidade da obra. Os leilões A-3 indicam uma obra para estar em operação dentro de um máximo de 3 anos. Outro leilão realizado é o A-5, com prazo de 5 anos.

Os empreendimentos cujos leilões indicam a conclusão das obras em até no máximo 2018 são as consideradas fontes em implantação, que tiveram enfoque maior em outros Planos Decenais. Neste PDE em análise o enfoque maior é dado nas fontes planejadas, cujos leilões estão em andamento ou ainda irão acontecer. A expansão já contratada possui uma estimativa em torno de 41,5 GW, já a expansão planejada se tem uma projeção em torno de um crescimento de 32,7 GW na geração, conforme é retratado na Figura 13.

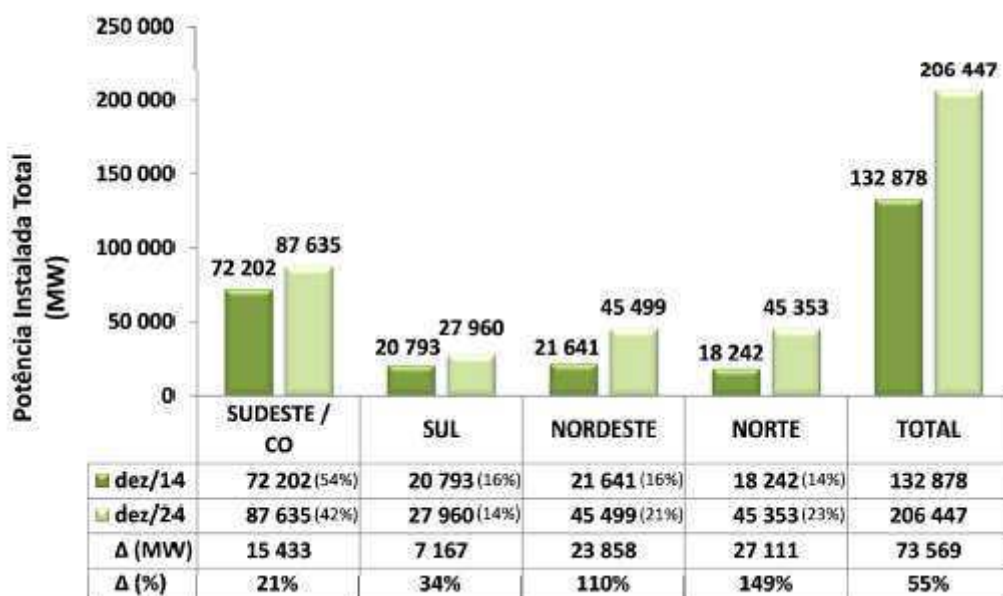
Figura 13 - Acréscimo de capacidade instalada contratada e planejada até 2024



Fonte: EPE (2015)

Realizados os estudos baseados na metodologia apresentada, com os resultados de expansão já mencionados, obtém-se o gráfico com o total da geração prevista para 2024 e também a geração por subsistema para esse mesmo ano. Isso é retratado na Figura 14.

Figura 14 - Participação regional na capacidade instalada do SIN



Fonte: EPE (2015)

Pode-se notar que o crescimento da geração esperado para o decênio é justamente a soma das potências das fontes contratadas e planejadas. Outro ponto a se destacar é a expansão que ocorre nos subsistemas Norte e Nordeste, onde é praticamente triplicada e dobrada a geração, respectivamente. A grande quantidade de empreendimentos que vêm sendo implantados especialmente nessas regiões (hidroelétricas no Norte e fontes alternativas no Nordeste) culmina com esse grande crescimento.

Comparando esses dados de geração com os de carga percebe-se que as projeções para a quantidade de energia a ser fornecida é maior que a aquela que seria demandada, caso as previsões se concretizem. Nesse sentido se teria um excedente de energia para os próximos dez anos, no caso de utilização plena da capacidade de geração, acarretando em uma boa quantidade de energia de reserva.

4.2.1 FONTES CONTRATADAS

Dentre as fontes hidroelétricas contratadas, algumas já eram previstas para entrar em funcionamento no ano passado (2015) dentre elas a hidroelétrica de Teles Pires (1820 MW) situada entre o Norte e o Centro-Oeste. Para esse ano (2016) foram previstas quatro hidroelétricas entrando em operação e todas na região Norte, sendo elas: Colíder (300 MW), Belo Monte (11 GW), Salto Apiacás (45 MW) e São Roque (135 MW) . Atualmente todas elas já se encontram em funcionamento, embora não seja pleno em alguns casos. A única que registrou atrasos maiores foi a Colider, prevista para 2015, mas entrando em operação apenas em 2016.

Nos anos de 2016, 2017 e 2018 são previstas mais oito usinas entrando em operação, sendo sete hidroelétricas e uma nuclear. Destaque para a usina de Angra 3, que aumenta a capacidade de geração nuclear com uma geração prevista de 1405 MW. Sua previsão é para entrar em operação em 2018. Dentre as hidroelétricas a entrada em operação prevista de maior expectativa é a usina de Belo Monte com 11000 MW, em 2016. A soma de todas as fontes hidrotérmicas contratadas totaliza 18942 MW de expansão em cinco anos, sendo em torno de 3000 MW para as térmicas mais a nuclear e o restante de energia obtida das hidroelétricas.

As outras fontes de geração de eletricidade contratadas, PCH's, biomassa e eólica, entram em operação adicionando ao sistema: 4308 MW em 2014, 3861 MW em 2015, 1887 MW em 2016, 286 MW em 2017 e 3443 MW em 2018. O total acrescido ao SIN em cinco anos é de 13685 MW. Desse valor, cerca de 82% é do total de energia eólica contratada no quinquênio, energia essa que vem sendo muito utilizada no Nordeste, com a contratação de diversos empreendimentos em função do grande potencial eólico apresentado na região.

4.2.2 FONTES PLANEJADAS

Para se chegar ao número de 34 GW previstos para a expansão no segundo quinquênio do horizonte decenal em análise, é necessário se realizar o estudo detalhado por cada tipo de fonte a fim de se ter uma estimativa consistente para cada uma delas. Esses estudos abrangem a viabilidade econômico-geográfica da implantação de empreendimentos voltados a geração de eletricidade, assim como o possível acréscimo

que será dado aos números de geração de energia no país. Com isso são descritos alguns projetos que fazem parte deste planejamento, que ainda estão em fase de estudo.

Em termos de expansão hidroelétrica projeta-se um acréscimo de 14679 MW de potência, considerando a viabilização da construção de 18 usinas em três das quatro subregiões adotadas para o caso do setor elétrico, sendo elas: Norte, Sudeste/Centro-Oeste e Sul. Dentre elas se tem: São Luiz do Tapajós (8040 MW) e Jatobá (2338 MW) no Pará, Itapiranga (725 MW) entre Rio Grande do Sul e Santa Catarina, Bem Querer (708 MW) em Roraima e Prainha (796 MW) no Amazonas.

Juntamente com as possíveis hidroelétricas a serem construídas ocorre o eventual aumento da quantidade potencial de energia armazenada em reservatórios de água. Se estima um aumento de 7 GW, que acarretaria em um aumento de 2% dessas reservas. Esse número é bem pequeno se comparado com a provável expansão da potência gerada pelas usinas que corresponde a 36%. A preferência por construção de usinas a fio d'água nos últimos anos e também nos próximos, em detrimento às de grandes reservatórios, implica nesses números.

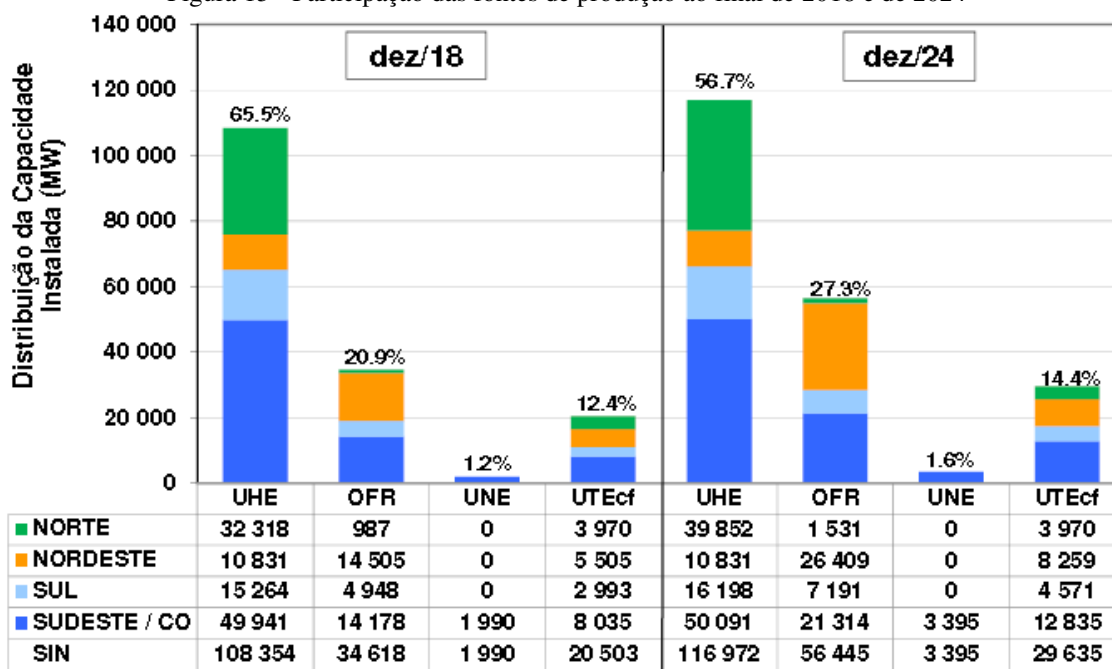
Como ocorre sazonalidade entre períodos de chuva, e até mesmo períodos de seca bastante prolongados, a desproporção entre número de usinas e quantidade armazenada de água tem crescido, com o aumento do número de usinas a fio d'água. Para esse problema é necessário o despacho de energia de reserva, que tem sido feito com o uso de termoelétricas no Brasil.

O PDE 2024 projeta para o segundo quinquênio a implantação de usinas térmicas nas regiões Sudeste/Centro-Oeste e Sul, com uma expansão de 7500 MW na geração. Para fins de simulação foi considerado um custo variável de R\$ 250,00/MWh.

Em termos de fontes renováveis estima-se a implantação de empreendimentos aumentando em 16090 MW a capacidade de geração. São considerados estudos de viabilidade de PCH's, usinas à biomassa, usinas eólicas e o início da geração em maior escala com o uso de energia solar. A maioria desses projetos em análise é para estabelecimento na região Nordeste, principalmente devido ao seu grande potencial eólico e a maior quantidade de projetos serem desse tipo de fonte.

Na Figura 15 é mostrada a eventual evolução do setor elétrico brasileiro em termos de geração entre 2018 e 2024, com a indicação por cada tipo de fonte.

Figura 15 - Participação das fontes de produção ao final de 2018 e de 2024



Fonte: EPE (2015)

Apesar de os estudos já indicarem o ano de entrada em operação dos empreendimentos projetados, estes sempre estão sujeitos a atrasos, seja por questões de licenças ambientais necessárias para o avanço das obras, seja por disponibilidade de matérias primas ou por questões políticas, entre outras. Com isso fica clara a importância de se haver um bom contingente de energia de reserva, como em casos que a expansão da demanda não consegue ser totalmente atendida por atrasos na expansão projetada para a geração.

Com relação ao investimento realizado para essa expansão, estima-se um custo de ordem de R\$ 220 bilhões contando as usinas já contratadas e as planejadas no decênio, sendo R\$ 143 bilhões o valor estimado para as usinas planejadas.

4.3 TRANSMISSÃO DA ENERGIA

Para se transmitir a energia de um ponto a outro é necessário que se haja linhas de transmissão suficientes, assim como subestações entre o caminho percorrido por elas de forma a se aumentar a estabilidade e a confiabilidade na rede. Atualmente existem diversas linhas de transmissão, mas ainda assim é necessário um maior número para atender a necessidade de transmissão da energia em sua totalidade. Com a expansão da

geração se torna ainda mais urgente a necessidade de se ter também uma maior expansão nos sistemas de transmissão de energia.

No relatório apresentado do PDE 2024 são descritas as linhas de transmissão já existentes que ligam os diferentes subsistemas e também as que ligam pontos dentro da mesma região. Além disso, são descritas as expansões planejadas para o decênio em termos das próprias linhas e da construção de novas subestações. A questão macroeconômica relacionada com os investimentos a serem feitos para a implantação do que foi planejado também é discutida.

4.3.1 LINHAS EXISTENTES

Devido ao SIN já abranger praticamente todo o país, as linhas de transmissão existentes interligam as diversas regiões do Brasil. A interligação entre o Norte e o Sul é feita por 3 circuitos de 500 kV, com dois deles ligando a SE Imperatriz até a SE Serra da Mesa e o outro passando por Itacaiúnas – Colinas – Miracema – Gurupi – Peixe – Serra da Mesa 2. A interligação entre o Norte e o Nordeste é feita por 4 linhas de transmissão também em 500 kV que percorrem: Presidente Dutra – Boa Esperança; Presidente Dutra – Teresina C1 e C2; Colinas – Ribeiro Gonçalves – São João do Piauí – Sobradinho; Colinas – Ribeiro Gonçalves – São João do Piauí – Milagres.

A interligação entre o Sudeste e o Nordeste é realizada por uma linha de transmissão de 500 kV que vai da SE Serra da Mesa até a SE Camaçari. Para interligação entre o Sul e o Sudeste/Centro-Oeste existem três circuitos em 500 kV, sendo dois entre a SE Bateias e a SE Ibiúnas e o outro entre a SE Londrina e a SE Assis.

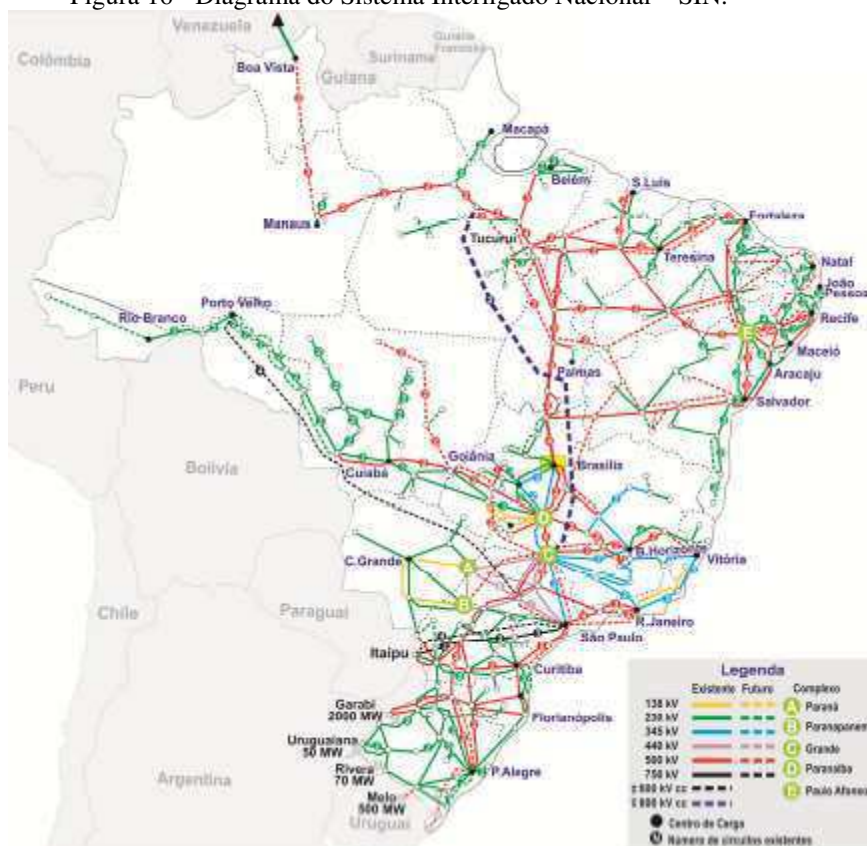
Alguns dos projetos de interligação ao SIN das áreas isoladas restantes foram concluídos recentemente. A interligação entre Tucuruí – Macapá – Manaus foi finalizada em 2014 com trechos de linhas em 500 kV e outros de 230 kV. As demais obras estão atrasadas ou em fase normal de execução.

Na questão da interligação com países vizinhos, o Brasil detém intercâmbio com o Paraguai, com a binacional de Itaipu, a Argentina, o Uruguai e a Venezuela. Na interligação com a Argentina e com o Uruguai se tem conversoras de frequência de 50/60 Hz. Com a Argentina a interligação é feita por duas conversoras, sendo uma de 50 MW interligando-os com uma linha de transmissão de 132 kV e a outra de 2200 MW, interligando-os em 500 kV. Com o Uruguai a interligação ocorre com uma conversora

interligando-os por uma linha de 230/150 kV. A interligação com a Venezuela é feita com um sistema de transmissão em 230/440 kV partindo de Boa Vista (RR).

A Figura 16 contém o diagrama com as interligações existentes no SIN.

Figura 16 - Diagrama do Sistema Interligado Nacional – SIN.



Fonte: EPE (2015)

4.3.2 LINHAS PLANEJADAS

O balanço de garantia física mostrado anteriormente demonstra que ao longo do decênio algumas regiões tendem a ser deficitárias em termos de geração de energia para suprimento de toda a sua demanda. Diante disso se faz necessário o aumento do número de linhas de transmissão para proporcionar o intercâmbio entre essas regiões deficitárias e as que possuem excedente de energia, visto que com a quantidade de geração que se tem hoje o número de linhas ainda não é o ideal, e com a expansão da demanda e do fornecimento ao longo desses dez anos é que fica mais clara a necessidade de tal crescimento no sistema de transmissão.

Com a viabilização de grandes empreendimentos de geração na região Norte se torna indispensável uma maior atenção para implantação de sistemas de transmissão que leve toda essa energia produzida para os locais que precisam dela. Com isso é prevista a ampliação do sistema mediante a colocação de linhas interligando as usinas de Belo Monte, as da bacia do rio Teles Pires, além de haver estudos iniciais para conexão das usinas do rio Tapajós. Além disso, também é projetada a ampliação de sistemas regionais para integração de empreendimentos de fontes renováveis, especialmente eólicos, nas áreas que possuem maior potencial para este tipo de geração.

As interligações regionais têm a expansão prevista em todo o território nacional. Na interligação entre Norte e Sul os estudos sugerem a implantação de dois bipolos em corrente contínua de 800 kV, com previsão de um em 2018 e outro em 2019. A integração entre Norte e Nordeste prevê a colocação de mais cinco circuitos em 500 kV entre as SE São João do Piauí e SE Milagres; SE Bom Jesus da Lapa e SE Sapeaçu; SE P.Dutra e SE Sobral III; SE Miracema e SE Bom Jesus da Lapa II; SE Miracema e SE São João do Piauí. Além dessas interligações também são planejadas duas subestações intermediárias em Gilbués (PI) e Barreiras (BA).

Na interligação entre Sudeste/Centro-Oeste e Nordeste é planejada a implantação de mais uma linha de 500 kV entre as SE Barreiras e SE Pirapora. A conexão entre Sul e Sudeste/Centro-Oeste apresenta como plano para expansão mais duas linhas de 500 kV entre a SE Itatiba e SE Bateias e a SE Assis e SE Londrina.

Na questão da conexão de áreas que ainda não foram ligadas ao SIN se tem planejada a execução de obras que conectem áreas isoladas do interior do Acre mediante uma linha de 230 kV, além da conclusão da obra que está atrasada para a interligação entre Manaus e Boa Vista com uma linha de 500 kV, conectando assim Roraima ao SIN. Também é projetada uma linha de 500 kV entre o Brasil e o Uruguai, fazendo mais uma interligação internacional.

4.3.3 EVOLUÇÃO DA CAPACIDADE FÍSICA E INVESTIMENTOS REALIZADOS

Dentro dessa expansão planejada para o sistema de transmissão da energia são necessários diversos quilômetros de novas linhas de transmissão e a construção de algumas subestações no percurso feito por essas linhas. No Quadro 8 e no 9 são indicados, respectivamente, o número de quilômetros de linhas de transmissão projetados para serem

acrescidos durante o decênio e a estimativa da evolução da quantidade de potência transformada nas subestações existentes e nas planejadas.

Quadro 8 - Estimativa da evolução física do sistema de transmissão – Linhas de transmissão (km)

Tensão (kV)	800	750	600	500	440	345	230	Total
Existente (2014)	0	2.683	6.408	40.656	6.728	10.303	52.647	119.426
Expansão (15 - 24)	10.055	0	0	42.783	353	1.666	20.870	75.728
Estimativa (2024)	10.055	2.683	6.408	83.440	7.081	11.969	73.518	195.154

Fonte: EPE (2015)

Quadro 9 - Estimativa da evolução física do sistema de transmissão – Transformação (MVA)

Tensão (kV)	750	500	440	345	230	Total
Existente (2014)	23.247	129.095	23.916	49.795	79.565	305.618
Expansão (15 - 24)	3.650	105.425	11.031	21.147	46.906	188.158
Estimativa (2024)	26.897	234.520	34.947	70.942	126.471	493.776

Fonte: EPE (2015)

Assim como foi visto na revisão de planos anteriores e na descrição dos trechos a serem interligados de acordo com o planejamento, percebeu-se que as maiores interligações projetadas são em 500 kV, seguidos das interligações em 230 kV. Viu-se que as interligações inter regionais eram quase sempre planejadas para serem executadas em um desses níveis de tensão. Isso explica a quantidade de quilômetros expandidos na Quadro 8 e de MVA transformado na Quadro 9, já que esse tipo de conexão abrange grandes trechos.

Para implantação dessa expansão planejada projeta-se a necessidade de se haver um investimento de R\$ 78 bilhões, sendo R\$ 49,8 bilhões em linhas de transmissão e R\$ 28,2 bilhões em subestações, considerando também as obras atualmente já licitadas. Considerando apenas as obras previstas, mas não licitadas o investimento total seria de R\$ 43,1 bilhões, sendo R\$ 26,7 bilhões em linhas de transmissão e R\$ 16,4 bilhões em subestações.

4.4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

No contexto do planejamento, é avaliada a eficiência energética de modo geral, em todos os setores de energia. Para fins de análise com relação ao setor elétrico considera-se a eficiência energética nos diversos setores econômico-sociais em que há consumo de eletricidade.

Uma das formas mais utilizadas atualmente para se obter a eficiência energética é com a geração distribuída, na qual a produção de energia é realizada o mais próximo possível do consumidor final. Em termos de geração distribuída de eletricidade se destacam a autoprodução por cogeração e a produção por geração solar fotovoltaica. Para o final do decênio a projeção é que esse tipo de geração seja capaz de suprir 91 TWh da energia solicitada pelos consumidores, que equivale a 12% do consumo total de eletricidade previsto.

O consumo total de eletricidade projetado para o decênio, indicado anteriormente como sendo em torno de 781 TWh considera a redução do consumo potencial total via eficiência energética. Caso as projeções para conservação de energia não se cumpram esse consumo potencial seria em torno de 835 TWh, segundo as estimativas, o que corresponde a uma projeção de 54 TWh de energia conservada. Isso equivale a não precisar construir uma geradora em torno de 13 GW no decênio. Esses dados são indicados no Quadro 10.

Quadro 10 - Consumo de energia elétrica e eficiência energética

Consumo(GWh)	2015	2019	2024
Sem conservação	527.637	635.845	835.121
Energia Conservada	2.366	19.390	44.254
Energia Conservada (%)	0,4	3,0	5,3
Com conservação	525.271	616.455	790.867

Fonte: EPE (2015)

No Quadro 11 é mostrada a parcela de cada setor econômico-social nas projeções para energia conservada.

QUADRO 11 - ENERGIA CONSERVADA POR SETOR.

Energia conservada por setor (GWh)	2015	2019	2024
Setor Industrial	0	6.074	13.445
Setor de transportes	12	75	171
Setor de serviços	1.721	5.435	10.874
Setor residencial	620	7.423	18.982
Setor agropecuário	14	384	781

Fonte: EPE (2015)

Nota-se que o setor industrial é o que apresenta a maior tendência de aumento de energia conservada para o decênio em termos absolutos. Os programas de evolução dos rendimentos no consumo de energia final, além de melhoramento no rendimento dos equipamentos propiciam essas projeções otimistas. O número de 25 TWh de energia conservada em 2024, se realmente for atingido, corresponderá a 6,6% de energia conservada.

No setor residencial, o avanço observado na quantidade de energia conservada se deve a melhoria da eficiência dos equipamentos, aparelhos e outros consumidores de energia nas residências, especialmente na evolução dessa eficiência na questão da iluminação. A geração distribuída solar fotovoltaica também é um fator que influencia nesses números estimados.

4.5 CONTEXTO SOCIOAMBIENTAL

Assim como nos demais Planos Decenais, o PDE 2024 avalia os possíveis impactos socioambientais na produção/utilização de energia em geral. No contexto do setor elétrico novamente são abordados dois pontos nessa análise: a emissão de gases de efeito estufa por usinas térmicas e os impactos causados por empreendimentos de geração de energia elétrica.

A emissão de gases máxima tolerada corresponde a 680 Mteq. Em 2014 já eram registradas 483 Mteq com uma projeção de 660 Mteq para o final do decênio. Em termos

geração de energia essa quantidade de emissões foi registrada com um valor de 64 Mteq e tende a chegar ao número de 73 Mteq em 2024, segundo as projeções.

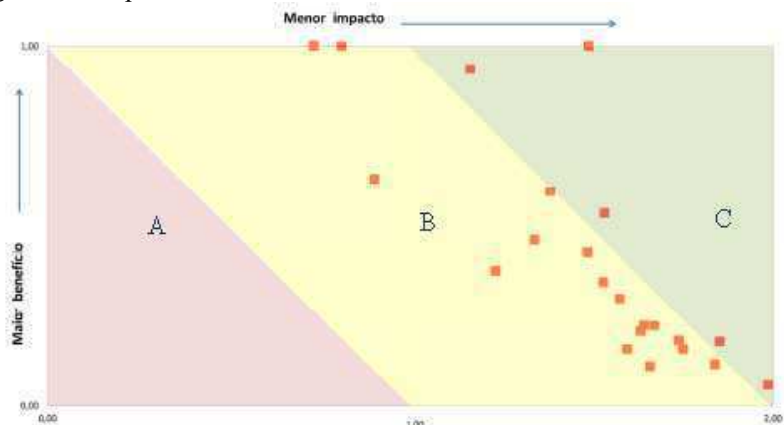
Nota-se que, proporcionalmente ao valor de emissões total, esse número se reduz ao final do decênio, sendo 13,25% do total das emissões em 2014 e 11,06% do total projetado para 2024, referentes apenas as emissões correspondentes ao setor elétrico. Essa redução percentual vem ocorrendo e tenderá a aumentar nos próximos anos devido à redução do uso de combustíveis mais poluentes e a preferência por outros menos nocivos, como o aumento do uso de gás natural, biocombustíveis e biomassa.

Outros impactos são ocasionados na geração de energia por empreendimentos de maior porte como hidroelétricas e linhas de transmissão e de médio porte como PCH's, geradores eólicos e usinas a biomassa. No caso das usinas hidroelétricas é realizada a avaliação dos possíveis impactos das 30 usinas projetadas para entrarem em operação durante o decênio.

São observados alguns indicadores socioambientais, como área alagada, interferência em unidades de conservação, interferência em terras indígenas, população diretamente afetada, empregos diretos gerados, entre outros. De posse desses indicadores para cada usina, a EPE elabora um gráfico mostrando a relação entre impactos e benefícios trazidos pela construção delas. Esse gráfico é mostrado na Figura 17.

Nesse contexto alguns órgãos não governamentais, como o Greenpeace, afirmam que mesmo havendo a preocupação da EPE com essa questão socioambiental na elaboração do Plano Decenal, os possíveis benefícios trazidos não são suficientes para se aceitar os impactos causados ao meio. Além disso, criticam o gráfico e a forma como os indicadores são colocados afirmando que a maioria das usinas possui mais impactos de que o considerado. Diante disso a EPE afirma que o gráfico possui limitações, pois se deveria avaliar mais indicadores para sua elaboração, mas considera os que estão presentes no documento como avaliados corretamente.

Figura 17 - Impactos socioambientais e benefícios socioeconômicos das UHE's.



Fonte: EPE (2015)

Neste cenário a ocorrência de atrasos por demoras nas licitações são recorrentes, pois muitas vezes os projetos não são aprovados ou o são com ressalvas, caso haja modificações que o permitam se adequar ao que é pedido.

As outras fontes alternativas, por possuírem obras de porte menor que as hidroelétricas, chamam menos atenção com relação aos impactos causados. No caso da geração eólica os maiores impactos percebidos são os da poluição visual, pois a maior parte dessa geração se situa no litoral do Nordeste, local de grande beleza paisagística que podem ser afetadas com a colocação desses tipos de geradores e prejudicar a atividade do turismo nesses locais. Como benefício se tem a redução do preço contratado para esse tipo de energia nos leilões devido à crescente evolução tecnológica. As usinas a biomassa e PCH's possuem os mesmos problemas relacionados a impactos das hidrotérmicas convencionais, mas em um nível menor.

Com relação às linhas de transmissão se observa os problemas com a passagem de alguns trechos em unidades de conservação, terras indígenas, assentamentos do Inca e áreas prioritárias para conservação da biodiversidade. Esses problemas ocorrem principalmente na região da Amazônia.

5 PROJEÇÕES X REALIDADE DE 2016

De acordo com o que foi desenvolvido nos capítulos anteriores, as projeções elaboradas pelo PDE 2024 apresentam algumas variações causadas por alguns fatores que interferem diretamente na elaboração das estimativas. Esse fato dificulta que uma projeção feita a mais de 10 anos consiga acertar o resultado que ocorre na realidade, apesar de sempre respeitar um limite plausível. As projeções mais atuais tendem a possuir uma aproximação mais razoável devido a estarem mais próximas do tempo em que ocorre a realidade. Por isso que, geralmente, o primeiro quinquênio de cada PDE é atualizado de maneira mais realista em relação ao segundo quinquênio.

Com o objetivo de se ter uma estimativa mais precisa em relação à qualidade desse planejamento estudado no presente trabalho, executado para o setor elétrico do país, foram coletados alguns dados referentes à demanda, consumo de energia e capacidade instalada para o ano de 2016, fazendo uma comparação desses dados com aqueles que foram projetados nos Planos Decenais. Desse modo, o PDE 2016 foi adotado como objeto de estudo para fazer essa análise comparativa, já que o mesmo apresentava um horizonte decenal que finalizou neste ano, sendo um dos PDE's mais antigos elaborados pela EPE. O PDE 2024 também foi adotado como objeto de estudo para análise comparativa, já que é o Plano Decenal mais recente elaborado pela EPE.

Através do Informativo Preliminar Diário da Operação (IPDO), obteve-se os dados referentes ao ano de 2016. O IPDO é um relatório de domínio público, elaborado pela ONS, que contém alguns dados relevantes sobre o andamento diário do sistema elétrico brasileiro.

Após realizar as análises comparativas entre as projeções elaboradas pelos Planos Decenais 2016 e 2024, foi possível destacar os pontos positivos e negativos do Plano Decenal com o objetivo de apresentar uma conclusão sobre a confiabilidade do planejamento no setor elétrico brasileiro.

5.1 O SETOR ELÉTRICO EM 2016

Para que os Planos Decenais escolhidos como objetos de estudo tenham suas projeções e estimativas validadas, é feita uma pequena síntese sobre a realidade do setor elétrico em 2016, com alguns dados ainda do final de 2015, através do IPDO fornecido pela ONS e dos documentos fornecidos pela EPE.

Primeiramente, verificou-se que o consumo total de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional atingiu 76.061 GWh nos dois primeiros meses de 2016, representando contração de 5,6% em relação ao verificado no mesmo período de 2015.

Devido a retração econômica na qual o Brasil se encontra, foi verificado um grande impacto negativo no subsistema Sudeste/Centro-Oeste, disseminada em todas as classes, mas com maior impacto no setor industrial, tendo ocorrido um comportamento semelhante, mas de menor impacto, na região Sul. No entanto, em relação à região Nordeste, apesar da retração econômica ter afetado negativamente todos os setores, houve um impacto menor nos setores residenciais e comerciais. Por fim, o subsistema Norte foi o menos afetado pela retração econômica, registrando ainda incrementos de consumo em todos os setores, com exceção da industrial.

Em relação à carga de energia do SIN, para os meses de janeiro a março de 2016 foram considerados os valores verificados, incorporando a geração total de usinas não despachadas. Para abril e maio, foram consideradas as previsões da primeira Revisão Semanal do PMO de abril. Para o restante do ano, foram revisadas as expectativas de evolução do consumo na rede e das perdas em cada subsistema elétrico integrante do SIN.

Os dados relativos à carga de energia nos primeiros cinco meses do ano vieram a registrar um desvio positivo de 2,3% no SIN relativamente à previsão originalmente utilizada para o Planejamento Anual da Operação Energética do ONS (2016-2020). Houve desvios positivos no Sudeste/Centro-Oeste (3,7%) e no Sul (2,4%), devido, principalmente, a altas temperaturas a partir de fevereiro. O Nordeste foi o único subsistema a registrar desvio negativo (-1,7%). O subsistema Norte registrou carga similar à prevista originalmente no PEN 2016-2020.

A carga de energia do SIN nos primeiros cinco meses de 2016, considerando os valores verificados até março e, para os meses de abril e maio, os valores da 1ª Revisão Semanal do PMO de abril, registrou um decréscimo de 0,6% sobre igual período de 2015. O efeito das temperaturas acima da média, neste verão, em contraste com as mais amenas

registradas em 2015, compensou o baixo desempenho da indústria, sobretudo no subsistema Sudeste/Centro-Oeste, onde está concentrada cerca de 60% da carga industrial do país. Os subsistemas Sudeste/Centro-Oeste e Sul registraram decréscimos de 1,0% e 1,6%, respectivamente, enquanto que a carga no subsistema Nordeste permaneceu praticamente estável e a carga do subsistema Norte apresentou crescimento de 3,7%.

O Quadro 12 apresenta, para o período janeiro-maio de 2016, a comparação entre a carga de energia verificada e a prevista originalmente para o Planejamento Anual da Operação Energética do ONS (2016-2020), com os respectivos desvios.

Quadro 12 - Balanço de energia mensal no SIN.

Carga (MW médio)	Norte	Nordeste	Sudeste/Centro-Oeste	Sul	SIN
2015	5.238	10.512	40.100	11.690	67.539
2016	5.431	10.497	39.714	11.504	67.146
Previsão 2016	5.423	10.684	38.314	11.238	65.659
Desvio 2016 (MW médio)	8	-186	1.399	266	1.487
Desvio 2016 (%)	0,2	-1,7	3,7	2,4	2,3

Fonte: Autor (Baseado em ONS)

Levando-se em consideração que a carga nos primeiros cinco meses de 2016 apresentou pequeno decréscimo em relação ao mesmo período do ano anterior, resultado esse influenciado por temperaturas elevadas para a época do ano, espera-se que a carga de energia do SIN para o ano em curso se situe no mesmo nível da previsão anterior, elaborada em dezembro/2015 para o Planejamento Anual da Operação Energética 2016-2020, representando uma retração de 2,4% (1.581 MWmédio) sobre a carga verificada em 2015.

5.2 COMPARATIVO ENTRE OS PLANOS DECENAIIS E OS PRIMEIROS MESES DE 2016

Em relação à demanda de energia, está indicado na Figura 2 que a projeção do PDE 2016 para este mesmo ano seria em torno de 78.000 MW. No entanto, não existe uma indicação clara quanto à estimativa para o ano de 2016 no PDE 2024, porém, assim como no PDE 2016, é fornecido um gráfico no qual é estimada uma demanda média de 67.000 MW.

Considerando as demandas médias em cada subsistema, o PDE 2016 apresenta os dados para este ano, mas o PDE 2024 não menciona as previsões especificamente para 2016. No entanto, esses valores podem ser encontrados na primeira Revisão Quadrimestral das Projeções da demanda de energia elétrica do SIN, documento produzido pela ONS em cada semestre do ano. Sendo assim, o Quadro 13 traz essa comparação, com o valor médio das demandas para o caso da realidade do ano de 2016.

Quadro 13 - Comparativo entre demandas médias por região.

Demanda (MW médio)	Norte	Nordeste	Sudeste/Centro-Oeste	Sul
PDE 2016	7.984	11.903	49.161	13.192
PDE 2024	5.323	10.109	38.564	11.240
Realidade 2016	5.431	10.497	39.714	11.504

Fonte: Autor (Baseado em EPE e ONS)

As regiões Sudeste/Centro-Oeste são as que mais apresentam diferenças entre o que se projeta e o que realmente ocorre, refletindo diretamente no que acontece também no SIN. Nas projeções para as regiões Nordeste e Sul percebe-se que o PDE 2024 apresenta valores próximos, apesar de serem referentes ao ano de 2015.

5.3 ANÁLISE DA CONFIABILIDADE DO PDE 2024

Após concluir os estudos sobre o PDE 2024 e fazer análises comparativas com os Planos Decenais anteriores, percebeu-se que é extremamente difícil ter uma projeção exata de como poderia acontecer, apesar de se alcançarem alguns resultados bem próximos do que se enxergou nessas projeções.

Sendo assim, as estimativas acabam sendo feitas de maneira extrapolada para se ter uma análise mais realista. Apesar de existir um erro entre oferta e demanda que pode se tornar relevante, o que se tem notado é que essas diferenças encontradas são proporcionais, principalmente no quesito da geração, ou seja, nem a demanda tem se expandido conforme as projeções de maior prazo nem a geração têm crescido totalmente da maneira quanto se previa. Neste cenário é possível se confiar no que diz o planejamento com relação à ocorrência ou não de déficits de energia, apesar dos números absolutos nem sempre estarem coerentes com a realidade, mas as variações percentuais na maioria das vezes estão.

Essas observações foram possíveis graças ao estudo dos Planos Decenais anteriores, avaliando-se as estimativas para os anos que já se passaram. Apesar da confiabilidade não ser total, o PDE já é um indicativo razoável para os próximos anos, em que o principal objetivo está sendo cumprido: o de garantir recursos energéticos para o país, o que não é uma tarefa fácil na atual conjuntura econômica em que o Brasil se encontra.

Por fim, é possível afirmar que o Brasil terá plenas condições de atender a demanda por energia nos próximos anos, embora possam ocorrer alguns percalços de caráter econômico por conta da necessidade de utilização de fontes com custo maior. Por isso se torna necessária a maior disseminação do uso da eficiência energética, pois quanto menor for o consumo menor é o gasto com tais fontes de custo maior visto que as fontes convencionais seriam capazes de suprir uma maior porcentagem da demanda mesmo em tempos que haja dificuldade no uso destas, conforme tem ocorrido nos últimos anos.

6 CONCLUSÃO

Diante do que foi exposto, percebe-se que o planejamento do setor elétrico é, além de recente, bastante complexo. Ainda mais, é perceptível que, desde 2006, a elaboração dos Planos Decenais tem evoluído bastante. Hoje, é um documento completo e que só é possível por que existe uma grande equipe por trás de seu desenvolvimento.

Também é perceptível que existe um padrão na construção desse documento, o que o torna bastante didático para leitores com um nível de instrução menos técnico, inclusive de um estudante de engenharia ainda em formação.

Dito isso, é importante destacar que o PDE aparece como um grande potencial para ser uma ferramenta didática que pode ser utilizada por várias disciplinas do curso de Engenharia Elétrica. Ao longo desse trabalho, observou-se que vários tópicos foram estudados como: questões macroeconômicas, funcionamento do setor público, matemática financeira, análise de investimentos, considerações sobre o meio ambiente, além de apresentar vários conceitos introdutórios como energias renováveis, geração de energia elétrica, transmissão de energia elétrica e todo o panorama que envolve o cenário do setor elétrico brasileiro.

Essa visão, fornecida pelo documento, é de extrema importância para que o estudante tenha um direcionamento mais amplo sobre o rumo que o país está tomando em relação aos investimentos no setor elétrico como um todo, o que possibilita uma melhor tomada de decisão quando o aluno quiser escolher trabalhar em alguma área específica, seja através de algumas disciplinas na graduação, trabalhando numa pesquisa ou realizando um estágio.

Sendo assim, o acesso a esse tipo de informação acaba criando um senso de realidade acerca do que realmente acontece no setor elétrico brasileiro, fazendo com que o aluno possa tomar essas decisões baseadas em dados concretos, ao invés de basear suas opiniões através de mídias diversas, que já provou estar muito enganada acerca da situação do setor elétrico brasileiro, tendo noticiado várias vezes, por exemplo, o risco da falta de energia no Brasil, o que, através desse documento, percebeu-se que, na verdade, esse é um risco baixíssimo.

Por isso é importante observar que os tópicos abordados pelo documento englobam conhecimentos de várias disciplinas, como economia, engenharia econômica,

administração, ciências do ambiente e introdução a engenharia elétrica. O acesso a esse tipo de informação, durante a graduação, em disciplinas mais introdutórias ou de formação humanística, além de possibilitar uma imersão de um conteúdo mais contextualizado, faz com que o aluno se torne mais consciente sobre o mercado de energia elétrica no Brasil, uma visão importante para se adquirir antes de concluir os estudos na universidade.

Em relação ao desenvolvimento do documento em si, observou-se que a metodologia dos estudos mostrou consistência, sendo baseada em avaliações de premissas básicas e cenários de referência que influenciaram diretamente nos resultados obtidos. No entanto, apesar de haver consistência, o método ainda pode ser melhorado através de alguns ajustes que o tornariam mais preciso, como a inclusão de estudos sobre fontes eólica e solar no horizonte da geração, por exemplo.

Também foi observado que o último planejamento realizado, divulgado em 2015, apresenta projeções bem otimistas para o decênio. Apesar de vários fatores preocupantes, como o desenvolvimento político que acabou afetando, ainda mais, a questão fiscal e o aumento dos gargalos na infraestrutura pela falta de investimento, o que se viu até então nos últimos meses de 2016 é que tem ocorrido, em partes, o que se projetava para este ano. Os números de capacidade de geração e demanda média se assemelham ao que tinha se projetado. Sendo assim, é visível que o setor elétrico brasileiro está bem estruturado para situações de risco como a que enfrentamos no país hoje.

Diante do que foi exposto até então é possível se dizer que o planejamento não é capaz de cravar os números com extrema precisão, devido à dinamicidade do setor elétrico e de outros atrelados a ele conforme foi descrito. Entretanto é um instrumento suficiente para garantir a ausência de déficits de energia no setor em um horizonte de curto prazo. Estas discrepâncias constatadas dificilmente poderiam ser evitadas. O que se poderia fazer era torná-las menos relevantes com uma possível redução nos erros das estimativas. Uma solução para isso seria o desenvolvimento ou a aquisição de softwares que trouxessem projeções com melhor precisão e menos susceptíveis a variações de indicadores relativos a outros setores. Apesar disso nos casos onde os números absolutos das projeções não eram os mesmos verificados na realidade, a variação dos números de forma percentual era similar entre projeção e realidade.

Por fim destaca-se a complexidade da elaboração de um planejamento para um país de dimensões continentais como o Brasil. Não é algo trivial o desenvolvimento de um planejamento deste porte, pois os fatores envolvidos acabam sendo diversos, como a

procura pela forma ótima de exploração de regiões com tipos diferentes de potencial de geração, locais de preservação que inviabilizam qualquer projeto de expansão, entre outros. Também se ressalta a importância dos órgãos competentes em cada vez mais procurar expandir e melhorar o que vem sendo desenvolvido e de fiscalizar o cumprimento das diretrizes estabelecidas nos documentos do planejamento.

BIBLIOGRAFIA

ALBUQUERQUE, A. R.; Fluxo de Caixa em Risco: Uma Nova Abordagem para o Setor de Distribuição de Energia Elétrica. Pontifícia Universidade Católica (Dissertação de Mestrado). Rio de Janeiro/RJ, 2008.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Capacidade de Geração do Brasil. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: Junho de 2015.

CARVALHO, C. B.; Avaliação crítica do planejamento energético de longo prazo no Brasil, com ênfase no tratamento das incertezas e descentralização do processo. Universidade Estadual de Campinas (Tese de Doutorado). Campinas/SP, 2005.

CASTRO, N. J.; BRANDÃO, R.; DANTAS, G.A.; ELY, R. N.; Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2020: Análise do método, metas e riscos. Grupo de Estudos do Setor Elétrico – UFRJ. Rio de Janeiro, 2012.

CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Modelo de Planejamento da Operação de Sistemas Hidrotérmicos Interligados de Longo e Médio Prazo. Disponível em: <<http://www5.cepel.br/main.jsp?lumPageId=4028E49E325E430B01325F8AA0E23338&lumS=cepelintemet.produto&CodProduto=4028B88136E3DBC70136E40CF79820E5&lumItemId=4028B88136E3DBC70136E40CF7AD20E7>>. Acesso em: Junho de 2015.

COMCIÊNCIA – Histórico do Planejamento Energético no Brasil. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/2004/12/02.shtml>>. Acesso em: Maio de 2015.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. 1ª revisão quadrimestral das Projeções de Demanda da Energia Elétrica do Sistema Interligado Nacional. Rio de Janeiro/RJ, 2013.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. 2ª revisão quadrimestral das Projeções de Demanda da Energia Elétrica do Sistema Interligado Nacional. Rio de Janeiro/RJ, 2013.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Custo Marginal de Expansão. Rio de Janeiro/RJ, 2011.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica 2016-2015 – Sumário Executivo. Rio de Janeiro/RJ, 2006.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Plano Decenal de Expansão de Energia 2014-2023. Rio de Janeiro/RJ, 2014.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Plano Decenal de Expansão de Energia 2008-2017. Rio de Janeiro/RJ, 2009.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Plano Decenal de Expansão de Energia 2019 - Sumário. Rio de Janeiro/RJ, 2010.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Plano Decenal de Expansão de Energia 2020 - Sumário. Rio de Janeiro/RJ, 2011.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Plano Decenal de Expansão de Energia 2021 - Sumário. Rio de Janeiro/RJ, 2012.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Plano Decenal de Expansão de Energia 2022 - Sumário. Rio de Janeiro/RJ, 2013.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Plano Decenal de Expansão de Energia 2023 - Sumário. Rio de Janeiro/RJ, 2013.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Projeção da Demanda de Energia Elétrica para os próximos 10 anos. Rio de Janeiro/RJ, 2009.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica. Rio de Janeiro/RJ, 2015.

GOMES, A.C. S.; ABARCA, C. D. G.; FARIA, E. A. S. T.; FERNANDES, H. H. O.; O Setor Elétrico. Artigo submetido ao site do BNDES. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/livro_setorial/setorial14.pdf>. Acesso em: Maio de 2015.

GUIMARÃES, F. B.; NASSER, I. C.; ANDRADE, D. B.; MACHADO, R. H. S.; FILHO, M.M.; Avaliação das Condições de Atendimento à Demanda Máxima em Horizonte Decenal. Revista Brasileira de Energia, Vol. 16, Nº 2, 2º Sem. 2010, pp. 7-21. Brasil, 2010.

GREENPEACE – Análise do Plano Decenal de Expansão de Energia 2023. São Paulo/SP, 2014.

JÚNIOR, A. O. P.; Modelagem da Operação Ótima da Indústria de Energia Elétrica no Brasil.

Universidade Federal do Rio de Janeiro (Dissertação de Mestrado). Rio de Janeiro/RJ, 2000.

MARTINS, K. S.; Planejamento Energético no Brasil: A Incorporação de uma Lógica Sustentável.

Universidade Federal de Santa Catarina (Dissertação de Mestrado). Florianópolis/SC, 2010.

MASSAGARDI, M. A.; FERNANDES, V.; VASCONCELOS, E. C.; JANISSEK, P.; Análise crítica do Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2021 – Questões socioeconômicas e ambientais decorrentes das estratégias para o etanol combustível. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, Número 29, Setembro 2013.

MME- Ministério de Minas e Energia. Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro. Brasília/DF, 2014.
59

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. Informativo Preliminar Diário da Operação. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/publicacao/ipdo/>>. Acesso em: Junho de 2015.

SILVA, T. C. T.; Cenários Futuros de Oferta e Demanda de Energia Elétrica: Simulações do Possível Racionamento até 2011. Pontifícia Universidade Católica (Dissertação de Mestrado). Rio de Janeiro/RJ, 2008.

TANCREDI, M.; ABBUDD, O. A. Por que o Brasil está trocando as hidrelétricas e seus reservatórios por energia mais cara e poluente? Núcleo de Estudos e Pesquisa, Senado Federal. Brasília/DF, 2013.

ZIMMERMANN, M. P.; Aspectos Técnicos e Legais Associados ao Planejamento da Expansão de Energia Elétrica no Novo Contexto Regulatório Brasileiro. Pontifícia Universidade Católica (Dissertação de Mestrado). Rio de Janeiro/RJ, 2007.