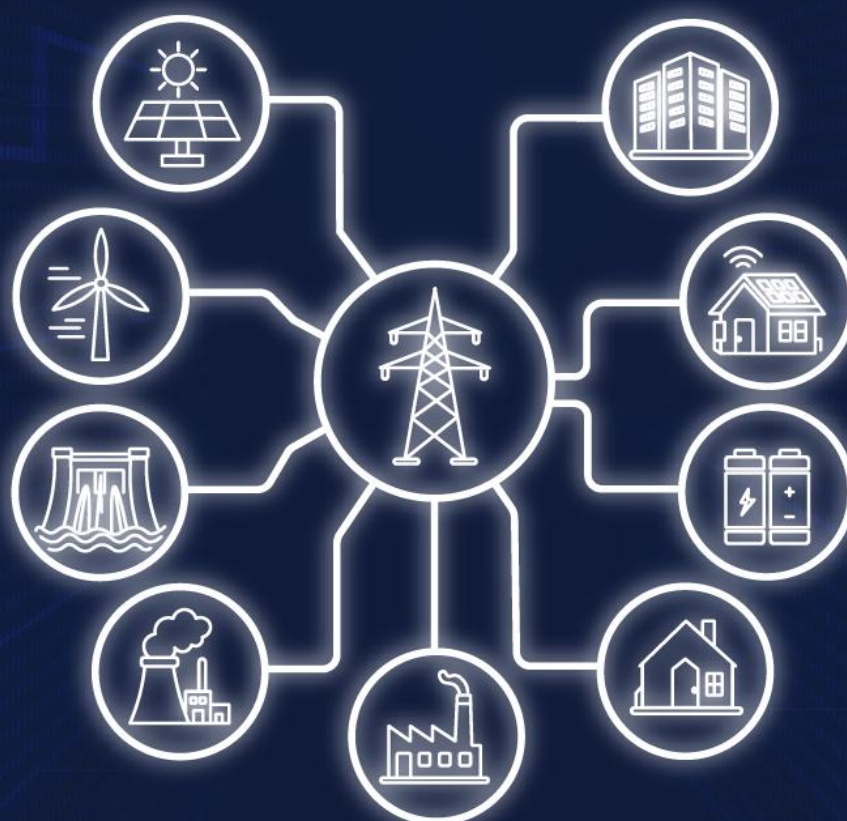


CRIAÇÃO BASE INTEGRADA G+T

Integração G+T







Colaboradores

EPE-DEE-RE-076/2026

Coordenação Geral

Reinaldo da Cruz Garcia

Coordenação Executiva

Renata Nogueira Francisco de Carvalho

Coordenação Técnica

Daniel José Tavares de Souza

Pamella Elleng Rosa Sangy

Equipe Técnica

Felipe Moreira Gonçalves

Guilherme Fonseca Bassous

Jefferson Bruno Catuladeira N. Gomes dos Santos (Estagiário de Pós-graduação)

Jonathan Veiga Velasco Costa

Leonardo Kenji Takashi (Estagiário)

Miguel Ferraz Modesto Sampaio Pinto

Pedro Américo Moretz-Sohn David

Pedro de Souza Miller

Rafael Rigamonti

Renan Gonzaga Silva dos Santos

Roney Nakano Vitorino

Saulo Ribeiro Silva

Simone Quaresma Brandão

Vinicius Borchardt Marasca (Estagiário de Pós-graduação)



08 de julho de 2026

**Ministro de Estado**

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário-Executivo

Gustavo Cerqueira Ataíde

Secretária Nacional de Transição Energética e Planejamento

Mariana de Assis Espécie

<http://www.mme.gov.br>

**Presidente**

Thiago Guilherme Ferreira Prado

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Thiago Ivanoski Teixeira

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Reinaldo da Cruz Garcia

Diretor de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis

Heloisa Borges Bastos Esteves

Diretor de Gestão Corporativa

Carlos Eduardo Cabral Carvalho

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



SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
1.1	VISÃO GERAL DA BASE DE DADOS	6
2	DADOS ENERGÉTICOS	11
2.1	UHE.....	11
2.2	UTE	12
2.3	RENOVÁVEIS.....	12
2.3.1	Eólica	13
2.3.2	Fotovoltaica	14
2.3.3	PCH.....	15
2.3.4	PCT	15
2.3.5	MMGD	16
2.4	BATERIAS.....	16
2.5	DEMANDA	16
2.6	PARÂMETROS ECONÔMICOS.....	19
3	BASE DE DADOS ELÉTRICA	20
3.1	REDE	20
3.2	CARGA E MMGD	20
3.3	GERAÇÃO	21
4	ESTUDOS INTEGRADOS.....	23
5	CONCLUSÃO	24
6	GLOSSÁRIO	25
7	REFERÊNCIAS.....	28



1 INTRODUÇÃO

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) apresenta um conjunto de avanços estratégicos que marcam uma nova etapa no planejamento energético brasileiro. A integração entre os estudos de geração e transmissão amplia a capacidade de análise do sistema elétrico e permite representar, com maior precisão, os desafios e oportunidades da transição energética.

Com esta iniciativa, a EPE fortalece seu papel como produtora de conhecimento técnico e de informação pública qualificada, contribuindo para o aperfeiçoamento do planejamento energético nacional.

Esse trabalho é resultado de uma ampla cooperação entre as superintendências de geração e transmissão de energia da EPE, com a colaboração das diretorias de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis (DPG) e de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais (DEA). Contando também com o apoio técnico da PSR.

A atividade estratégica de Integração da Geração e Transmissão tem como pilares:

- **O uso de modelos matemáticos avançados** com representação detalhada do sistema físico e sua otimização (SDDP/OPTGEN/NETPLAN).
- **Base de Dados Integrada (G+T):** integração estruturada de dados da geração, transmissão e operação.
- **Critérios de Planejamento Integrado** sob viés técnico e econômico.

As soluções apresentadas passaram por um rigoroso processo de validação, incluindo testes de dados, metodologias e funcionalidades, combinando inovação metodológica, alinhamento de premissas e critérios, desenvolvimento de ferramentas para automatização de processos e aprimoramento da base de dados integrada do setor elétrico, garantindo robustez, transparência e confiabilidade para sua aplicação em estudos eletroenergéticos.

A integração entre geração e transmissão possibilita estudos mais completos e aderentes à realidade do sistema. As novas ferramentas permitem análises mensais e horárias, com representação detalhada da rede elétrica, além da consideração das restrições físicas e maior resolução espacial dos empreendimentos de geração.

Além disso, a abordagem integrada possibilita representar de forma mais realista as incertezas associadas aos recursos naturais, como afluências, ventos e irradiação solar, ampliando a qualidade das avaliações de expansão e operação do sistema.

As ferramentas utilizadas permitem incorporar novas tecnologias e elementos como baterias, usinas hidrelétricas reversíveis, plantas híbridas, equipamentos FACTS (*Flexible Alternating Current Transmission Systems*) na rede de transmissão e grandes cargas de consumo. Dessa forma, torna-se possível avaliar não apenas a

oferta de energia, mas também quais os serviços essenciais para o setor elétrico, como capacidade, flexibilidade e resiliência, visando a segurança operativa e a confiabilidade sistêmica.

1.1 VISÃO GERAL DA BASE DE DADOS

A base de dados integrada da Geração e Transmissão é composta por dados energéticos (geração) e dados elétricos (transmissão). Hoje os estudos são acoplados por premissas e processos e como ilustrado na figura abaixo, a base energética estava no formato NEWAVE e a base elétrica no formato ANAREDE, ambos os softwares desenvolvidos pelo CEPEL. Esta representação fragmentada requer muito esforço de equipe e de discussão metodológica para compatibilizar os estudos, em termos de premissas, dados e resultados.

A Integração entre Geração e Transmissão é consolidada pela unificação dos dados na base do SDDP/OPTGEN, em uma interface única, amigável e flexível, que permite alterações manuais ou em escala por meio de “scripts”. Futuramente, a EPE também disponibilizará essa base estruturada em um banco de dados, agnóstico a ferramentas.

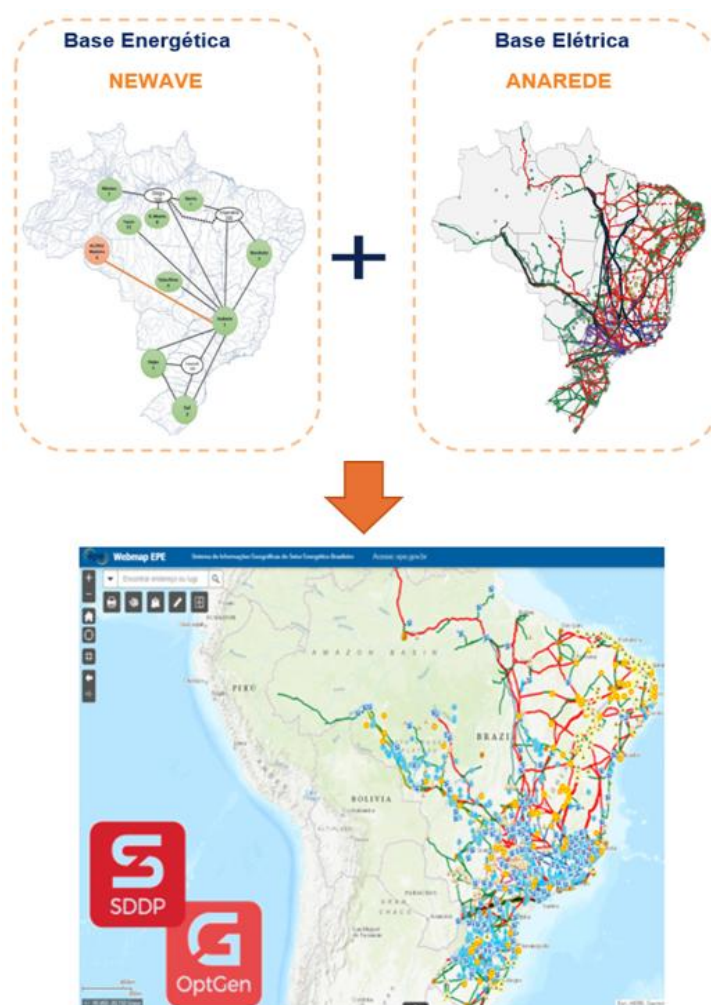


Figura 1- Base de Dados Integrada Geração e Transmissão

A base integrada G+T, no momento, é gerada de forma parcialmente automatizada e concentra os dados obtidos de diversas instituições, inclusive da própria EPE, compondo uma base de dados de grandes dimensões. Ressalta-se que a EPE disponibilizará periodicamente a base integrada G+T para todo o setor.



Figura 2 - Fontes de Referência dos Dados

A utilização da base de dados integrada e das novas ferramentas tem como principal destaque a representação do SIN com precisão. Alguns benefícios deste aprimoramento são apresentados a seguir:

1. **Resolução Temporal e Espacial:** Capacidade de execução de simulações em horizontes mensais e cronologia horária, associada à representação individualizada e de alta resolução espacial dos ativos de geração e transmissão.
2. **Modelagem de Restrições Físicas e Operativas:** Representação detalhada da topologia da rede elétrica, respeitando limites de fluxos em elementos da rede interligada, perdas elétricas e restrições sistêmicas.
3. **Tratamento de Incertezas:** Modelagem estocástica realista da variabilidade dos recursos naturais e renováveis intermitentes: aflúências, regimes eólicos e irradiação solar.
4. **Integração de Novas Tecnologias:** Incorporação de novos vetores tecnológicos e operativos ao modelo, tais como sistemas de armazenamento (baterias e usinas hidrelétricas reversíveis), plantas híbridas, dispositivos FACTS (*Flexible AC Transmission Systems*) e grandes cargas de consumo (gerenciamento pelo lado da demanda).

A primeira base de dados integrados da geração e transmissão foi construída a partir do deck do caso de referência do [PDE 2035](#) e, posteriormente, foram inseridos dados complementares, visando representar com precisão a composição do SIN.



A DIMENSÃO DA BASE INTEGRADA G+T

Uma representação detalhada do
sistema elétrico brasileiro



**DADOS QUE
GERAM CONFIANÇA.**



**ANÁLISES QUE
GERAM DECISÕES.**

Uma base robusta e integrada que representa a complexidade do sistema elétrico brasileiro e apoia o planejamento e a expansão do setor elétrico.

1 USINAS HIDRELÉTRICAS E TÉRMICAS



431

USINAS HIDRELÉTRICAS
E TÉRMICAS



176

HIDRELÉTRICAS



255

TÉRMICAS

2 RECURSOS ENERGÉTICOS MODELADOS

9398

RECURSOS ENERGÉTICOS
MODELADOS



4.549
MMGD



1.265
PCH



746
PCT



996
SOLAR



1.842
EÓLICA



50
BATERIAS

3 INFRAESTRUTURA ELÉTRICA NACIONAL



13 mil
BARRAS



18 mil
CIRCUITOS

4 ANÁLISES ENERGÉTICAS AVANÇADAS



1.200
CENÁRIOS
HIDROLÓGICOS



1.200
CENÁRIOS
EÓLICOS



1.200
CENÁRIOS
SOLARES

5 GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS



13

RESTRIÇÕES
HIDRÁULICAS
DA ANA

6 REDE ELÉTRICA



Rede CA
Linhas de Transmissão: 10.819
Transformadores: 7.504



Rede CC: 8
Barras CC: 64
Conversores LCC: 28
Conversores VSC: 4



Dados
Integrados



Base
flexível



Dinâmica



Colaborativa

Figura 3 - Dimensão da Base de Dados



Também é possível entender cada etapa do processo da construção da base integrada G+T através da ferramenta interativa com o mapa de todos os processos.

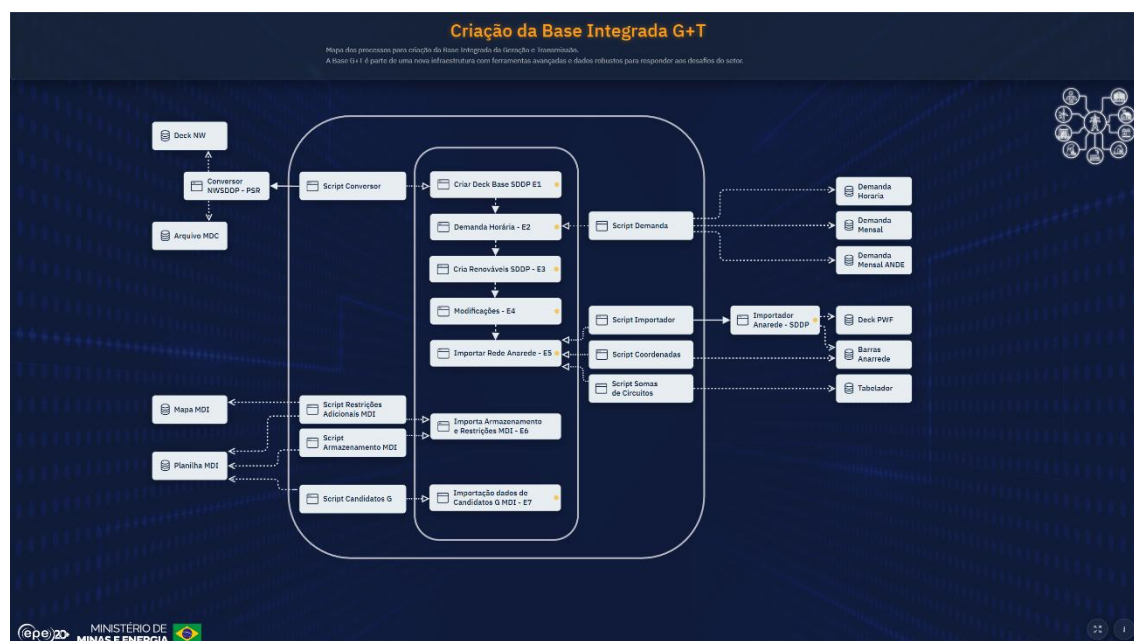


Figura 4 - Mapa das etapas para construção da base

Para facilitar a interação com a equipe responsável pela construção da base de dados, a EPE disponibiliza o contato integragt@epe.gov.br. Por meio desse endereço eletrônico, a EPE se coloca à disposição para receber contribuições, sugestões, perguntas e dados para compor a base, como por exemplo, dados horários das fontes, restrições etc. Visando centralizar todas as informações e estudos da atividade de Integração da Geração e Transmissão, a EPE desenvolveu uma área exclusiva em seu portal onde foram disponibilizados todos os produtos e estudos. [Clique aqui](#) para acessá-la.

► Estudos Integrados de Geração e Transmissão

Base de Dados Integrada de Geração e Transmissão

Dashboard de Resultados do PDE G+T 2035

Infográfico Integração G+T

Mapa Interativo Integração G+T

Fale Conosco

Estudos Integrados de Geração e Transmissão

Planejamento energético mais preciso para uma matriz em transformação

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) apresenta um conjunto de avanços estratégicos que marcam uma nova etapa no planejamento energético brasileiro. A integração entre os estudos de geração e transmissão amplia a capacidade de análise do sistema elétrico e permite representar, com maior precisão, os desafios e oportunidades da transição energética.

Esse trabalho é resultado de uma ampla cooperação técnica entre as áreas de geração e transmissão da EPE, combinando inovação metodológica, desenvolvimento de ferramentas para automatização de processos e aprimoramento da base de dados integrada do setor elétrico. As soluções apresentadas passaram por um rigoroso processo de validação, incluindo testes de dados, metodologias e funcionalidades, garantindo robustez, transparência e confiabilidade para sua aplicação em estudos eletroenergéticos.

Com essas iniciativas, a EPE fortalece seu papel como produtora de conhecimento técnico e de informação pública qualificada, contribuindo para o aperfeiçoamento do planejamento energético nacional.

A grande inovação dessa abordagem está no nível de detalhamento do Sistema Elétrico Brasileiro

A integração entre geração e transmissão possibilita estudos mais completos e aderentes à realidade do sistema. As novas ferramentas permitem análises mensais e horárias, representação detalhada da rede elétrica, consideração das restrições físicas e maior resolução espacial dos empreendimentos de geração.

Além disso, a abordagem integrada possibilita representar de forma mais realista as incertezas associadas aos recursos naturais, como aflúências, ventos e irradiação solar, ampliando a qualidade das avaliações de expansão e operação do sistema.

As ferramentas alternativas também permitem incorporar novas tecnologias e elementos como baterias, usinas hidrelétricas reversíveis, plantas híbridas e grandes cargas de consumo.

Figura 5 - Página de Estudos Integrados G+T no portal da EPE



A partir da disponibilização desta base de dados unificada, a EPE viabilizará uma nova agenda de estudos aplicando a base integrada nas novas ferramentas, com foco em:

1. Validação e aplicação de novos critérios de flexibilidade operativa;
2. Metodologias avançadas para projeção e mitigação de *curtailment*;
3. Análises de sensibilidade do PDE incorporando cenários de mudanças climáticas;
4. Valoração do custo marginal das perdas elétricas na rede básica;
5. Quantificação do valor sistêmico e da contribuição do armazenamento de energia de curta e longa duração.



2 DADOS ENERGÉTICOS

Os dados energéticos da geração despachável são obtidos a partir da conversão, pelo software NWSDDP, do conjunto de arquivos NEWAVE do caso de referência do PDE 2035 para o formato da nova ferramenta (SDDP) e considerando um conjunto de casos especiais como as sub-bacias do Paraíba do Sul e do Tietê contidas no arquivo de regras de conversão de dados do modelo NEWAVE para SDDP. Além disso, a base já contempla a repotenciação de usinas hidrelétricas, que estava representada apenas na ferramenta de Balanço de Potência.

Destaca-se que as usinas hidrelétricas (UHE), termelétricas (UTE), eólicas (EOL), solares (UFV), pequenas centrais hidrelétricas (PCH) e termelétricas (PCT) são representadas individualmente, considerando a incerteza dos recursos naturais, bem como as características e restrições físicas de cada gerador. Já a micro e minigeração distribuída (MMGD) é representada agrupada por Distribuidora. Os recursos energéticos (fator de capacidade) de todas as renováveis não despachadas centralizadamente são agrupados por semelhança de perfil de geração.

Pelo fato de várias fontes passarem a ser representadas de forma mais precisa, é necessário eliminar dados agregados para incluir dados detalhados de plantas eólicas, solares fotovoltaicas, PCH, PCT e MMGD.

2.1 UHE

Os dados de configuração das UHE foram obtidos diretamente dos arquivos NEWAVE do PDE, através do conversor NWSDDP. Trata-se do primeiro deck de PDE com representação individualizada das hidrelétricas que executa os estudos em tempo computacional não-impeditivo, permitindo também representar diversas restrições físicas como tempo de viagem, volume mínimo operativo, bem como permite representar cada gerador conectado a sua barra elétrica e até mesmo restrições de *Unit Commitment* Hidráulico (UCH).

Foram incluídas novas restrições na Base de Dados, das quais se destacam as seguintes restrições de operação hídrica definidas pela ANA:

- Defluência Total CAPIVARA x Volume Inicial CAPIVARA
- Defluência Total CHAVANTES x Volume Inicial CHAVANTES
- Defluência Total EMBORCAÇÃO x Volume Inicial EMBORCAÇÃO
- Defluência Total FURNAS x Volume Inicial FURNAS
- Defluência Total ITUMBIARA x Volume Inicial ITUMBIARA
- Defluência Total LAYDNER x Volume Inicial LAYDNER
- Defluência Total TRÊS MARIAS x Volume Inicial TRÊS MARIAS
- Defluência Total SERRA DA MESA x Volume Inicial SERRA DA MESA
- Defluência Total XINGÓ x Volume Inicial SOBRADINHO



- Geração Máxima TUCURUÍ x Volume Inicial TUCURUÍ (2ª casa de força)
- Volume Final ÁGUA VERMELHA x Volume Inicial FURNAS
- Volume Final MARIMBONDO x Volume Inicial FURNAS
- Volume Final SÃO SIMÃO x Volume Inicial ITUMBIARA
- Geração Máxima e Mínima de ITAIPU x Afluência ITAIPU

O fornecimento de dados para representar UCH e a informação de restrições em granularidade horária ou mensal de suas plantas, por parte dos agentes, pelo e-mail integragt@epe.gov.br é fundamental para o aprimoramento das representações do SIN. Por meio da representação mais precisa do SIN, será possível identificar as necessidades e a contribuição de cada fonte ao sistema.

2.2 UTE

Os dados de configuração de UTE foram obtidos diretamente dos arquivos NEWAVE do PDE.

Além dos dados básicos, o SDDP permite representar as restrições operativas das unidades geradoras (*Unit Commitment* - UC). Atualmente, estes dados podem ser extraídos de uma base de dados do modelo DESSEM, porém há uma necessidade de separação entre restrições estruturais e conjunturais, visando uma melhor representação do sistema.

Como nesse estudo foram utilizadas as expansões determinadas pelo MDI (Modelo de Decisão de Investimentos), que agrega algumas expansões térmicas para simplificação computacional, foi desenvolvida uma metodologia para desagregação delas. Foram utilizados os dados de projetos térmicos habilitados tecnicamente do banco de dados AEGE que mais se adequavam ao tipo de usina e localização. Com base nesses dados e na localização das barras elétricas, foi possível alocar usinas representativas, respeitando a distribuição geográfica de projetos reais, minimizando a distância para as barras elétricas.

O fornecimento de dados e informações por parte dos agentes pelo e-mail integragt@epe.gov.br é fundamental para o aprimoramento da representação do SIN. Por meio de uma representação mais precisa, será possível identificar as necessidades e as contribuições de cada fonte ao sistema.

2.3 RENOVÁVEIS

A representação das plantas eólicas e solares no SDDP traz um grande avanço em relação à representação usual, uma vez que podem ser despachadas individualmente e o modelo representa a incerteza do recurso através de cenários sintéticos horários.

Analogamente às expansões indicativas de usinas térmicas, as renováveis centralizadas – eólica e fotovoltaica – são modeladas de forma agregada no MDI.

Como o SDDP permite representar essas diferentes fontes, com mais informação sobre seus perfis de geração, utilizou-se uma metodologia semelhante para desagregação das grandes expansões indicativas em usinas representativas alocadas em barras elétricas. Nesse caso, a diferença é que ao invés de utilizar dados de projetos de leilão do AEGE, a desagregação foi baseada nos dados de geradores com outorga ou registro de outorga e sem CUST/CUSD.

2.3.1 Eólica

O histórico de geração eólica horária é obtido a partir da base de dados do [Sistema AMA](#), estendidos de 1980 a 2023 por regressão com os dados de reanálise do MERRA-2 [1]. A partir desse histórico são geradas as séries sintéticas para cada planta eólica. Para a obtenção dos cenários sintéticos, os dados de geração histórica foram agrupados por regiões de homogeneidade do recurso eólico [2][1]. Após a geração de cenários eólicos em fator de capacidade, calcula-se a energia para cada usina com base na região a qual ela pertence

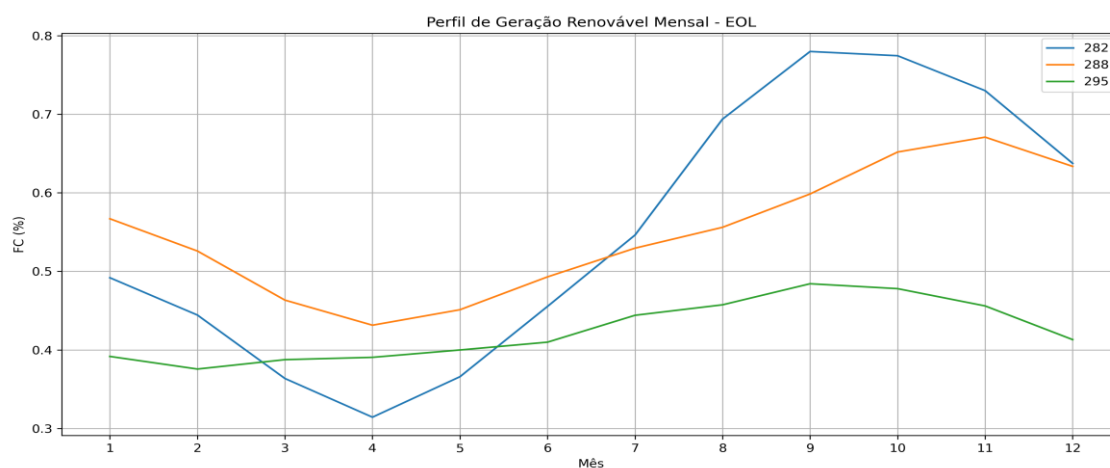


Figura 6 - Exemplos de perfis de geração histórica de eólicas

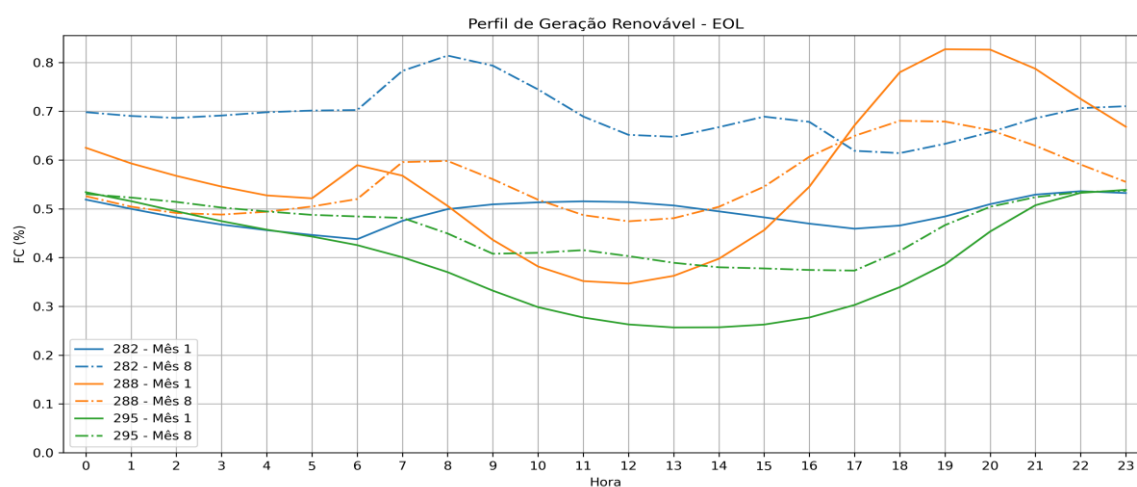


Figura 7 - Exemplos de perfis de geração histórica de eólicas

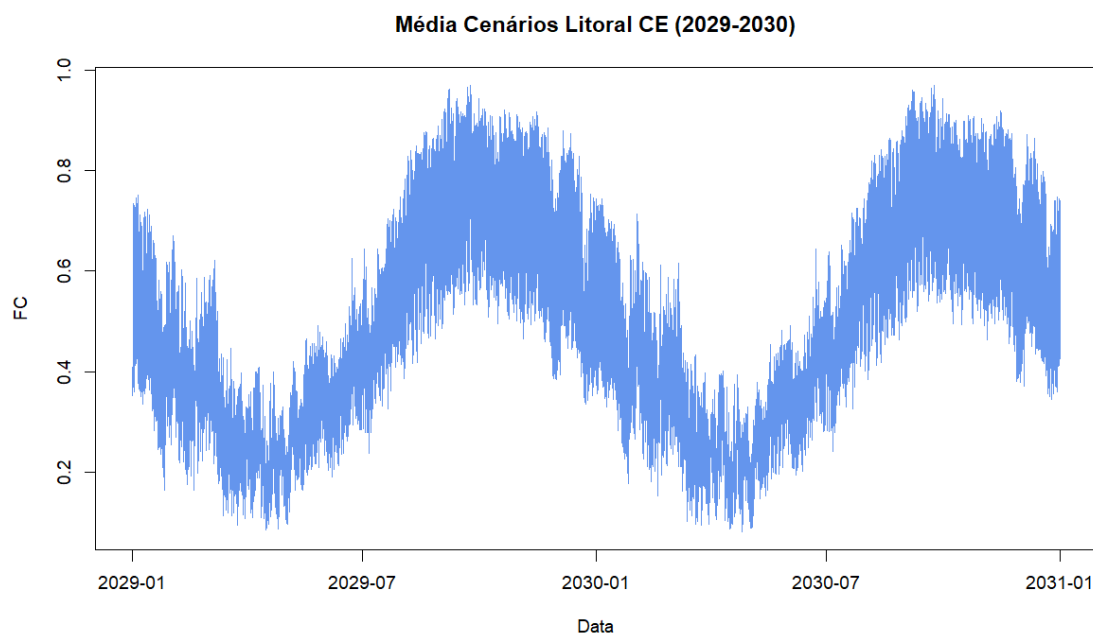


Figura 8 - Exemplo de série sintética média obtido a partir da geração histórica

2.3.2 Fotovoltaica

Os dados históricos de geração horária fotovoltaica foram obtidos através de uma metodologia [1] que utiliza a simulação no software *System Advisor Model* (SAM), desenvolvido pelo NREL [3]. A simulação da produção horária é feita individualmente com usinas padrão em diversas localidades do Brasil no período de 2006 a 2017. Foram utilizados nas simulações dados de irradiação da base BRASIL-SR fornecida pelo INPE [4]. Para a obtenção dos cenários sintéticos, os dados de geração histórica foram agrupados por regiões de homogeneidade do recurso fotovoltaico [2]. Após a geração de cenários fotovoltaicos, em fator de capacidade, calcula-se a energia para cada usina com base na região a qual ela pertence.

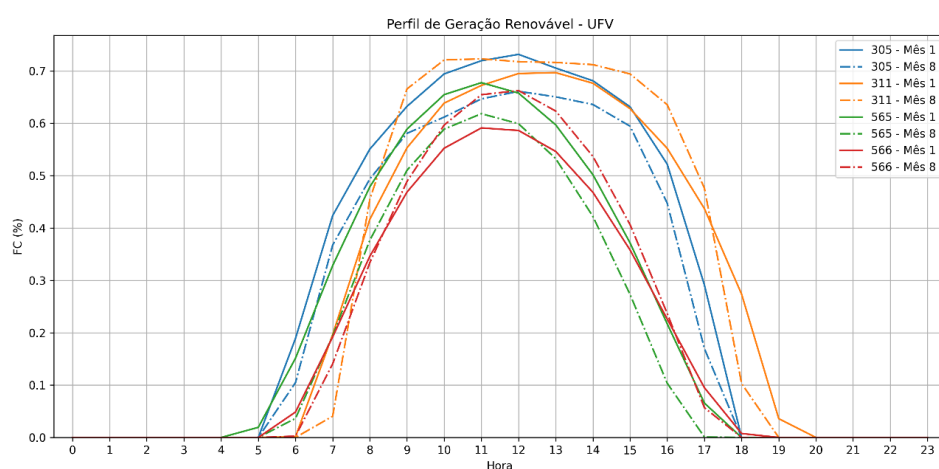


Figura 9 - Exemplos de perfis horários de geração de usinas fotovoltaicas

2.3.3 PCH

A geração média horária mensal de cada PCH relacionada no PDE foi obtida a partir dos dados de medição da CCEE para os anos de 2019 a 2022. Estes dados foram então agrupados pela potência das usinas em três níveis: até 10 MW, de 10 a 30 MW e acima de 30 MW.

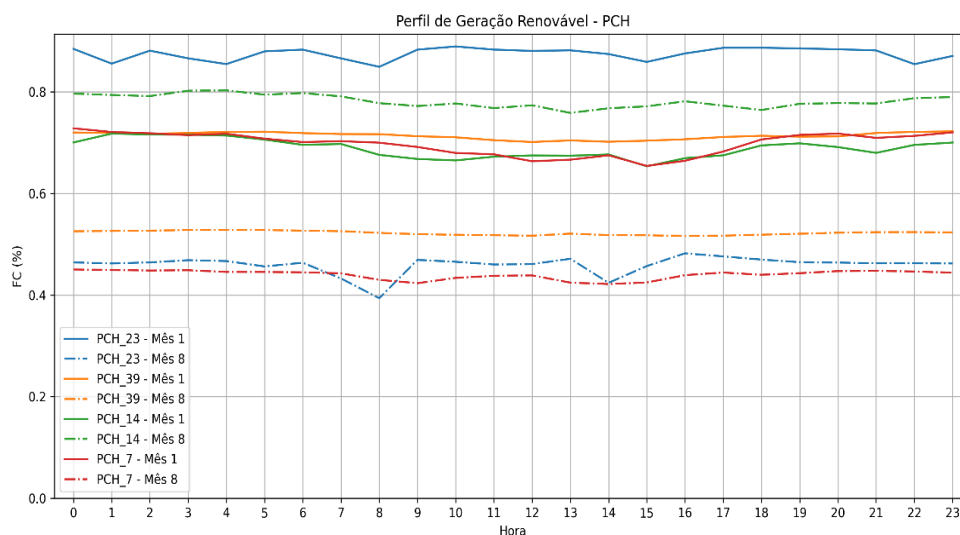


Figura 10 - Exemplos de perfis horários de geração de PCH's

2.3.4 PCT

A geração média mensal por patamar de carga de cada PCT relacionada no PDE foi obtida a partir dos dados de medição da CCEE para os anos 2019 a 2022. Esses dados foram então agrupados por tipo de combustível: biomassa, lenha (cavaco de madeira e licor negro), biogás (resíduos agrícolas e urbanos) e combustíveis fósseis. Para as pequenas centrais termelétricas, não foram adotados perfis horários de geração.

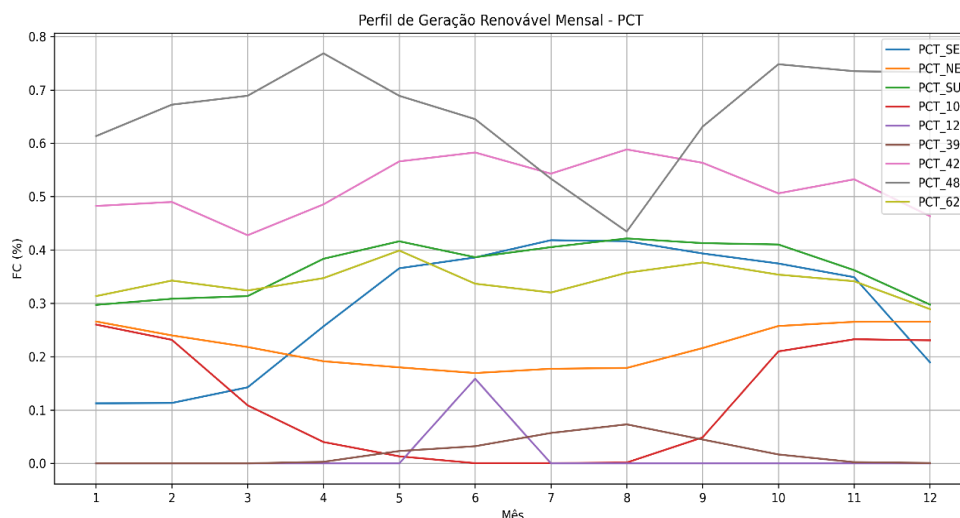


Figura 11 - Exemplos de perfis mensais de geração de PCT's



2.3.5 MMGD

Os dados de geração horária para a MMGD fotovoltaica foram obtidos a partir dados de reanálise do MERRA-2, agrupados por distribuidora.

A previsão de crescimento de MMGD utilizada é proveniente de cálculo interno da EPE utilizando o modelo [4md](#). A distribuição da geração de MMGD por barra elétrica é proveniente de informações fornecidas pelas distribuidoras.

A partir dessas informações, gera-se um perfil horário por distribuidora e desagrega-se as "usinas ou grupo de usinas" nas barras elétricas indicadas pelas distribuidoras.

A geração de MMGD de outras fontes (eólica, hidráulica e térmica), é representada com fator de capacidade constante, conforme premissas do modelo 4md.

2.4 BATERIAS

A incorporação da expansão indicativa de baterias é representada no modelo NEWAVE como uma redução da demanda líquida no patamar de ponta e proporcional aumento no patamar de carga leve, respeitando a energia dissipada no processo de conversão de energia. Já no SDDP, é possível modelá-las como elementos a serem operados, com tempos de carregamento e descarregamento, alocadas em barras elétricas. A premissa utilizada para alocação dos montantes de bateria mais significativos – Sudeste e Nordeste – seguiu a desagregação das principais usinas renováveis dos subsistemas, fotovoltaicas e eólicas respectivamente.

2.5 DEMANDA

Os dados da demanda bruta horária foram fornecidos pela área de estudos econômicos da EPE para os 4 subsistemas (Sudeste e Centro-Oeste, Sul, Nordeste e Norte) e posteriormente desagregados entre os 7 subsistemas com carga utilizados no PDE, com base na demanda média mensal, para calcular os fatores de ponderação de 4 para 7 subsistemas. Para a demanda ANDE, aplica-se o perfil de demanda horária do subsistema SE/CO à demanda mensal da ANDE e aloca-se no subsistema ITAIPU.

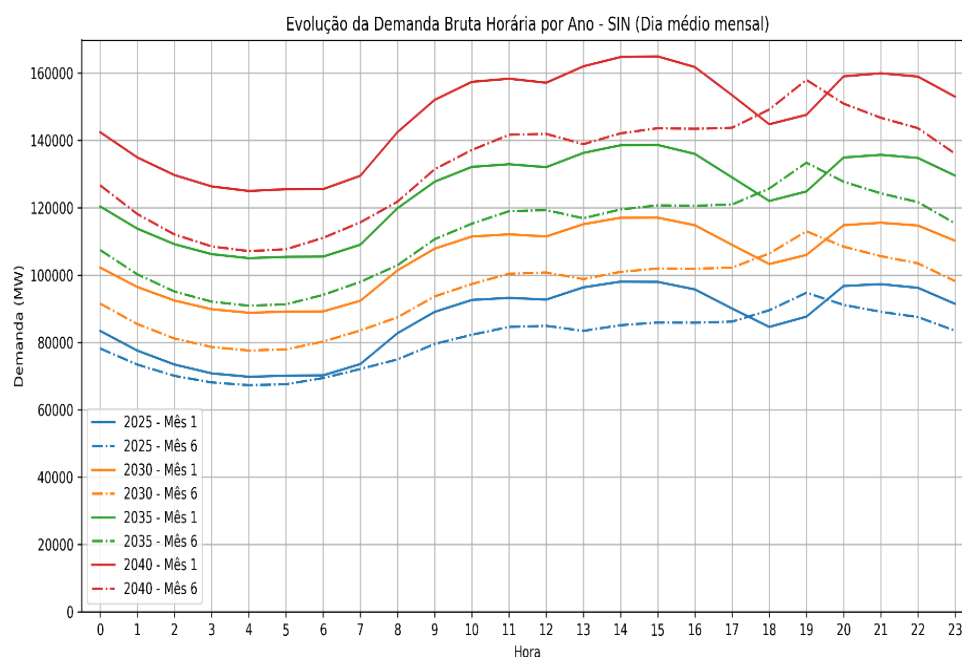


Figura 12 -Evolução da demanda horária do SIN ao longo dos anos

O estudo horário requer o mapeamento da demanda dada por bloco de carga para hora. Este mapeamento foi feito com base na carga líquida, ou seja, a demanda horária bruta abatida da geração renovável não despachável: Eólica, Solar Fotovoltaica, PCH, PCT e MMGD.

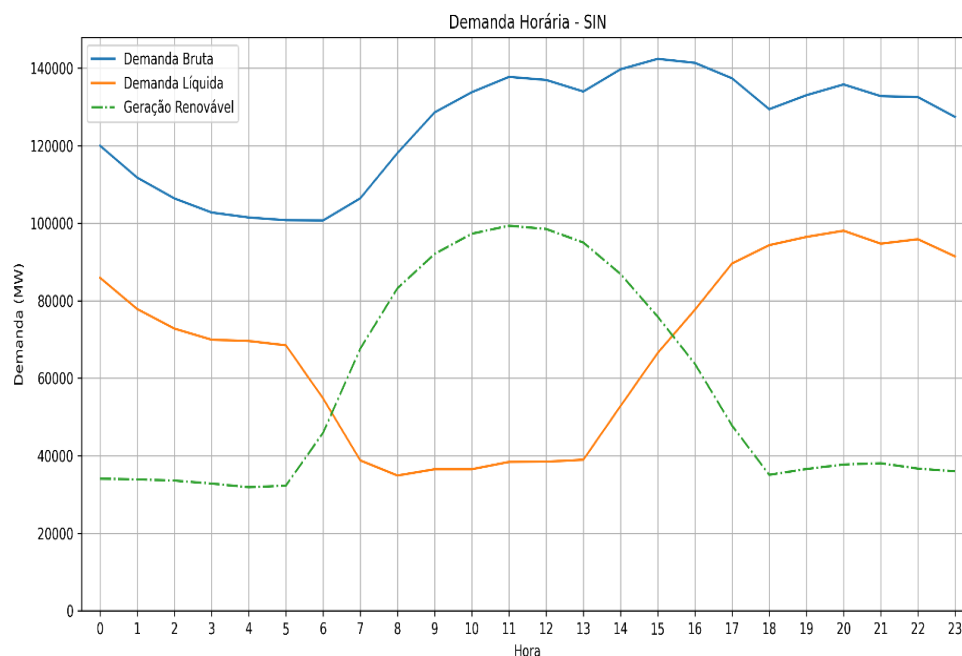


Figura 13 – Ilustração da carga líquida horária para um dia útil

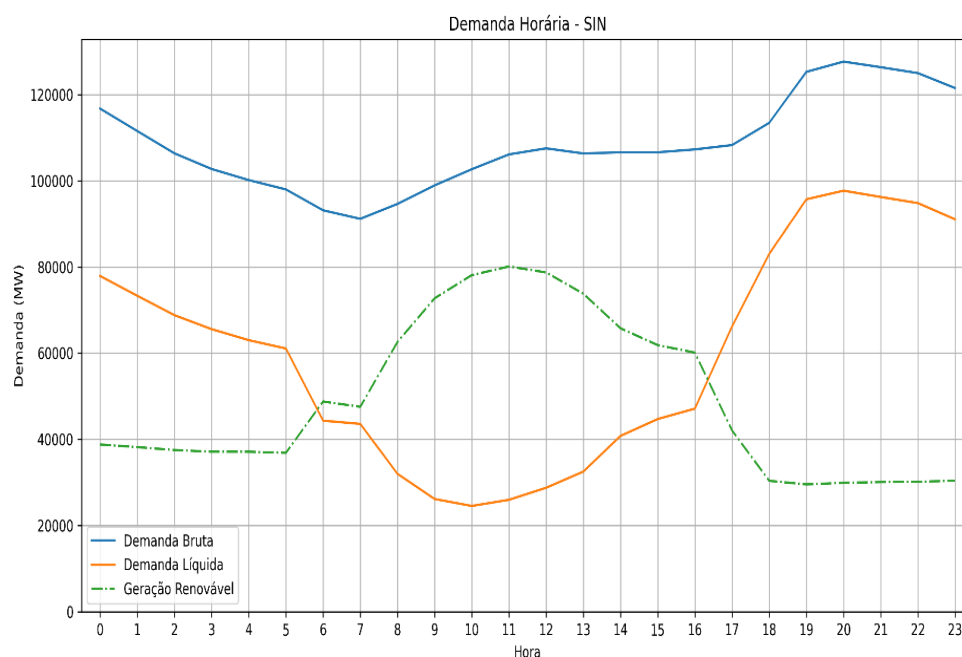


Figura 14 – Ilustração da carga líquida para um dia de fim de semana

As figuras abaixo ilustram a diferença entre a consideração da demanda por patamares de carga e a demanda horária.

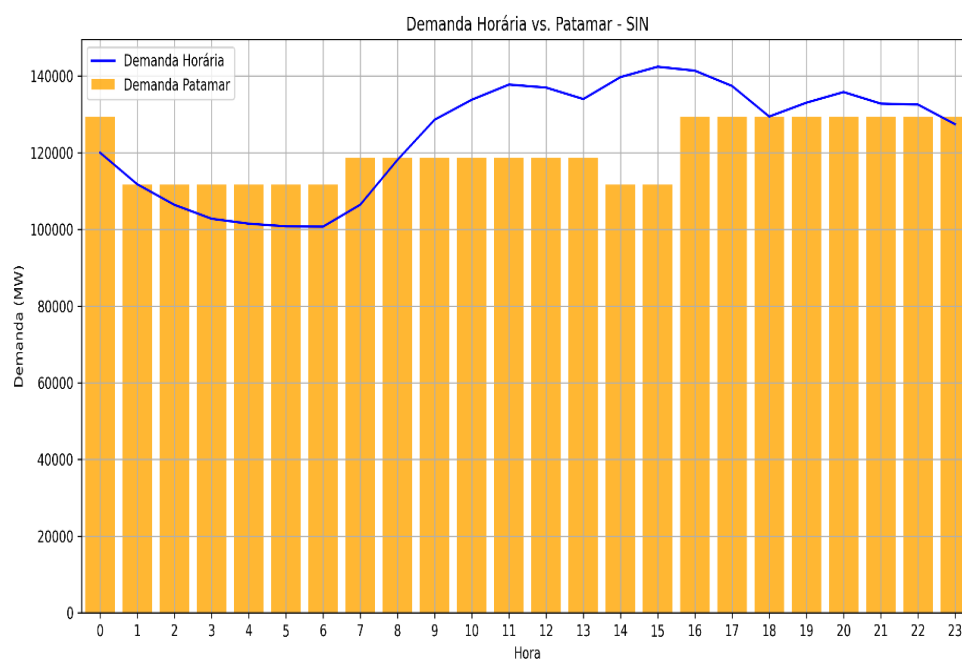


Figura 15 – Comparação entre a demanda horária e por patamar de carga para um dia útil

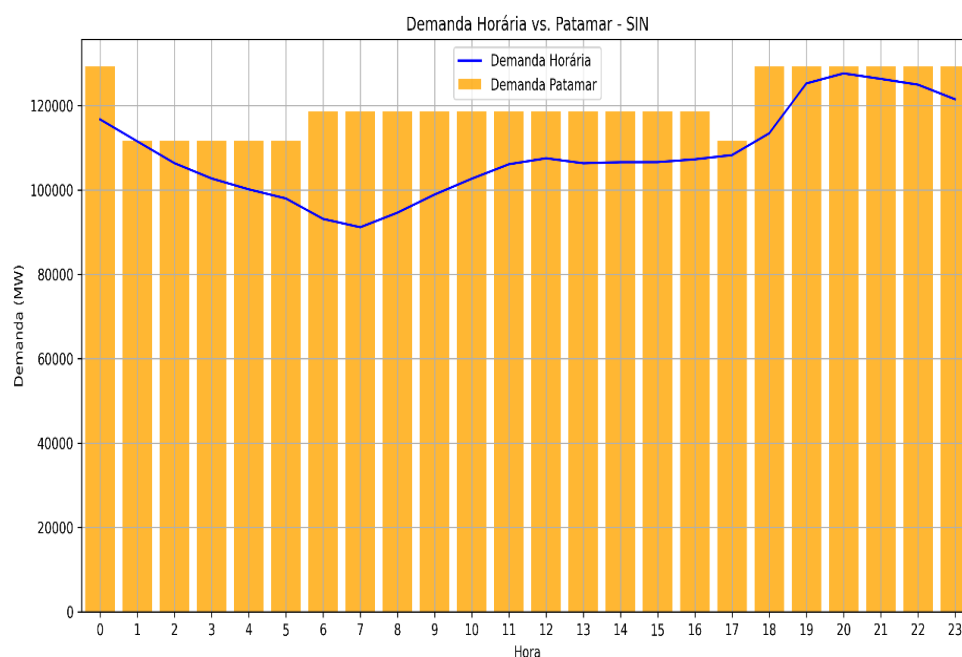


Figura 16 – Comparação entre a demanda horária e por patamar de carga para um dia de fim de semana

2.6 PARÂMETROS ECONÔMICOS

Os parâmetros de custo de déficit, taxa de desconto e aversão a risco são apresentados na tabela abaixo.

PARÂMETRO	VALOR
Custo de Déficit	R\$ 8327,76/MWh
Taxa de Desconto	8% ao ano
Aversão a Risco - CVaR C.Oper.	$\alpha = 15\%$; $\lambda = 40\%$

Os valores de custo de déficit e taxa de desconto são os mesmos utilizados no PDE 2035.

Como as hidroelétricas passaram a ser representadas individualmente na nova ferramenta, bem como suas restrições físicas, passou-se a usar o mesmo par de CVaR (15,40) usado na operação e formação de preço.



3 BASE DE DADOS ELÉTRICA

A fonte primária dos dados elétricos é a Base de Dados para Estudos de Fluxo de Potência do ciclo PDE 2035 (horizonte 2029-2040), disponibilizada no portal da EPE ([link](#)) em formato ANAREDE (.pwf), software desenvolvido pelo CEPEL.

3.1 REDE

Os elementos de rede representados são atualizados a partir da inserção de novas obras na rede de transmissão, resultantes dos estudos de planejamento, e na rede de distribuição, informadas pelas distribuidoras.

O horizonte dos Casos de Referência abrange 12 anos (2029 a 2040), dentro de um horizonte total de 15 anos (2026 a 2040). Eles iniciam no quarto ano futuro, devido ao cronograma mínimo das recomendações de instalações de transmissão de grande porte, e se estendem por 5 anos além do horizonte decenal para fins prospectivos.

O modelo de representação da rede completa adotado pela EPE compreende, no mínimo, os seguintes elementos:

- **Rede Básica e Demais Instalações:** Todas as subestações, usinas e consumidores a elas conectados.
- **Níveis de Tensão:** Representação detalhada de todas as linhas de transmissão e subestações em tensões iguais ou superiores a 230 kV.
- **Geração:** Usinas submetidas ao despacho centralizado e suas interligações

3.2 CARGA E MMGD

Os dados de carga e de micro e minigeração distribuída do tipo fotovoltaico (MMGD-FV) utilizados são informados pelas distribuidoras de energia elétrica. Os dados de carga de grandes consumidores conectados na Rede Básica são disponibilizados pelo ONS e os dados de carga da ANDE (Paraguai) são projetados pela EPE.

Os patamares de carga são representados conforme a tabela a seguir.



Tab. 1 – Representação dos Patamares de Carga na Base de Dados Elétrica

Caso	Patamar	Horário	Dia	Cenário	Mês	Descrição
1	Máxima Diurna	6:00 às 18:00	Dias úteis	Seco	Maio a Novembro	Maior Carga Global Bruta coincidente na área de concessão do agente
2				Úmido	Dezembro a Abril	
3	Máxima Noturna	Seco		Maio a Novembro		
4		Úmido		Dezembro a Abril		
5	Minima Noturna	0:00 às 6:00 e 18:00 às 0:00		Seco	Maio a Novembro	Menor Carga Global Bruta coincidente na área de concessão do agente
6				Úmido	Dezembro a Abril	
7	Máxima Coincidente SIN	14:00 às 16:00		Úmido	Março	Maior Carga Global Bruta coincidente na área de concessão do agente, restrita ao período identificado para a maior Carga Global Bruta coincidente no SIN, no ano semente (2024)
8	Minima Líquida Diurna Coincidente SIN	12:00 às 14:00	Domingos ou feriados	Seco	Agosto	Carga Global Bruta no momento de ocorrência da menor Carga Líquida coincidente na área de concessão do agente, restrita ao período identificado para a menor Carga Líquida coincidente no SIN, no ano semente (2024)

¹ Carga Bruta: Consumo de potência total atrás do medidor, considerando perdas de linhas não representadas.

² Carga Líquida: Carga bruta descontada da geração MMGD-FV e demais geradores não representados.

Nos patamares de carga diurnos, a geração solar centralizada é representada com fator de capacidade elevado, enquanto nos patamares de carga noturnos, sua geração é representada com fator de capacidade nulo. A geração MMGD-FV é dada por um fator de capacidade determinado a partir do horário e mês no qual a carga semente, enviada pelas distribuidoras, foi observada, para cada patamar de carga.

Esses dados são alocados em diferentes barras do sistema que representam os principais pontos de suprimento às redes de distribuição, em níveis de tensão que podem compreender do 13,8 ao 138 kV.

Na base de dados integrada G+T, a demanda energética e a projeção de MMGD de cada subsistema são desagregadas nas barras por meio de um fator de proporcionalidade calculado com base nos dados de carga e MMGD contidos nessas barras.

3.3 GERAÇÃO

Os dados referentes aos parques geradores são atualizados em função dos resultados de leilões de energia, das usinas com CUST ou CUSD válido e do plano de geração do PDE.

A alocação dos geradores da base energética nas barras do sistema é realizada com base em informações contidas na base de dados SIGA (ANEEL), sendo que a correlação entre a base energética e elétrica acontece utilizando os respectivos códigos de identificação (CEG) de cada usina.

A partir dessa correlação pelo CEG, é possível estruturar uma base de dados integrada que contém os dados das usinas necessários para as simulações energéticas, assim como os seus respectivos pontos de conexão na rede elétrica.

No caso da geração indicativa do PDE, que são as usinas planejadas e que ainda não possuem código CEG associado, em função da dificuldade de previsão da localização dessa geração na rede de transmissão, foi adotada uma estratégia de

agregação do potencial prospectivo em *clusters* definidos por tipo de fonte e região do sistema, conforme figura ilustrativa abaixo.

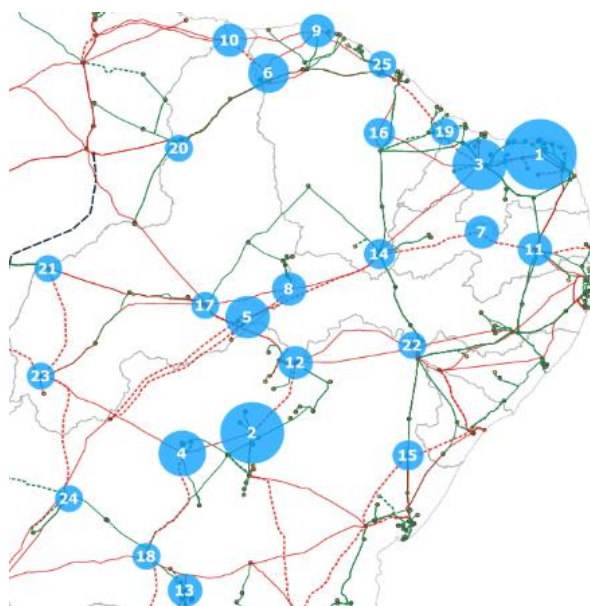


Fig. 17 – Clusterização da geração indicativa

A metodologia de clusterização aplicada pela EPE é baseada no método *K-means*, tomando como base dados dos sistemas AEGE (EPE) e SIGEL (ANEEL). Esse universo de dados contempla projetos desde a fase de DRO (Despacho de Registro do Requerimento de Outorga) emitido pela ANEEL, que é uma etapa preliminar que permite que os projetos de geração de energia (eólica, solar ou térmica) avancem com licenciamentos ambientais e solicitem estudos de acesso ao ONS, porém, sem garantir exclusividade ou direito à outorga definitiva, ou mesmo projetos candidatos que se cadastraram nos últimos leilões de geração.

Com isso, torna-se possível a avaliação de uma ampla amostra de empreendimentos de geração, indicando os pontos da rede de maior interesse do mercado.



4 ESTUDOS INTEGRADOS

A partir da base, o SIN será simulado no SDDP que gerará a política de despacho ótimo considerando a representação espacial e temporal adequada, bem como a representação das tecnologias, a variabilidade dos recursos e a representação da rede. Depois o SIN será simulado em escala mensal e horária. Destaca-se que a base é flexível para que a representação seja facilmente alterada, por exemplo, representar a curva de carga em patamares ou em dias típicos na política.

Nesta primeira etapa, os estudos elétricos se resumem em avaliar a estratégia de trocas energéticas entre regiões considerando a representação completa da rede e suas devidas restrições e impactos na operação do sistema.

As simulações com rede são realizadas com a utilização da FCF construída considerando os mesmos subsistemas do PDE 2035.

Em uma primeira rodada de simulação, assume-se a hipótese que não há restrições de transmissão dentro de cada região, monitorando apenas as restrições de intercâmbio entre os sistemas, que são calculadas a partir de um somatório dos fluxos nas linhas de transmissão e transformadores que compõem cada interligação.

Nessa rodada é possível avaliar os fluxos em cada elemento da rede, assim como observar a permanência de utilização das principais linhas de interligação do SIN, incluindo os troncos em corrente contínua (HVDC).

A partir desses resultados pode-se ter um diagnóstico dos potenciais restrições ou necessidades de expansões desses grandes troncos de interligação, ou mesmo identificar violações de fluxos internos de determinadas regiões do sistema.

Em uma segunda etapa, pode-se realizar o monitoramento completo da rede de transmissão, utilizando os resultados operativos deste caso para identificação de locais ótimos para alocação dos candidatos de transmissão, além de baterias e FACTS.

Outras informações obtidas com essas simulações, como o Custo Marginal de Operação (CMO) por barra, são elementos importantes para a realização de estudos inéditos, como o aprimoramento dos cálculos associados aos custos de perdas elétricas no sistema.

Em suma, a disponibilização da base de dados unificada permitirá à EPE estruturar uma nova agenda de estudos, como a validação e aplicação de novos critérios de flexibilidade operativa; metodologias avançadas para projeção e mitigação de *curtailment*; análises de sensibilidade do PDE incorporando cenários de mudanças climáticas; quantificação do valor sistêmico e da contribuição do armazenamento de energia de curta e longa duração, dentre outros



5 CONCLUSÃO

A integração entre os estudos de geração e transmissão representa uma evolução estrutural no planejamento eletroenergético brasileiro. Ao substituir abordagens sequenciais, baseadas em dados fragmentados, por uma visão integrada do Sistema Interligado Nacional (SIN), a EPE amplia a capacidade de identificar soluções de menor custo, antecipar restrições, avaliar alternativas de forma coordenada e produzir análises mais aderentes à crescente complexidade do setor elétrico.

Essa transformação é sustentada por três pilares complementares: a Base Integrada de Geração e Transmissão (G+T), as ferramentas computacionais avançadas (SDDP, OPTGEN e NETPLAN) e os Critérios de Planejamento Integrado. Em conjunto, esses elementos viabilizam uma representação mais precisa do SIN, reunindo, em um único ambiente de dados, informações detalhadas sobre geração, transmissão, recursos energéticos, restrições operativas e novas tecnologias, permitindo a realização de estudos eletroenergéticos com um nível de realismo e consistência até então inédito.

Mais do que um avanço tecnológico, essa iniciativa estabelece uma infraestrutura estratégica para o planejamento eletroenergético brasileiro, fortalecendo a capacidade institucional da EPE de produzir conhecimento técnico de excelência e disponibilizar informações públicas qualificadas para subsidiar decisões de longo prazo. A atualização periódica da Base Integrada G+T e sua aplicação em ferramentas avançadas consolidam um ambiente permanente de inovação, preparado para acompanhar a evolução do setor elétrico e os desafios impostos pela transição energética.

Com essa iniciativa, a EPE reafirma seu compromisso com um planejamento integrado, transparente e baseado em evidências, criando as condições para que a expansão do SIN seja conduzida com maior precisão, eficiência e confiabilidade.

O legado deste projeto transcende a entrega de uma base de dados: estabelece os fundamentos para uma nova geração de estudos eletroenergéticos e fortalece a capacidade do planejador de desenhar um sistema elétrico mais resiliente, seguro e preparado para atender às necessidades das próximas décadas.



6 GLOSSÁRIO

- **ANAREDE:** É um software oficial desenvolvido pelo CEPEL, que contém um conjunto de aplicações computacionais para análise de sistemas elétricos de potência.[5]
- **ANDE:** é a empresa estatal paraguaia responsável pela geração, transmissão e distribuição de energia elétrica em todo o Paraguai.
- **BRASIL-SR:** É um modelo computacional baseado em satélite que estima a irradiação solar descendente na superfície pela interpolação entre condições claras e nubladas usando o parâmetro de índice efetivo de cobertura de nuvens, obtido a partir de imagens visíveis de satélite. [6]
- **Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE):** É a entidade que administra as transações comerciais do mercado brasileiro de energia, desde a realização dos leilões até a contabilização e liquidação dos contratos, garantindo o funcionamento do setor.[7]
- **Curtailment:** É a redução forçada ou interrupção da produção de uma usina elétrica pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).
- **Custo de Déficit:** O custo déficit é um parâmetro que precifica a falta ou insuficiência de oferta no sistema e influência no despacho hidro e térmico, pois se o custo de déficit for muito alto será priorizado o armazenamento da hidro. Também pode ser definido como o custo de não produzir, ou seja, é o custo de oportunidade da produção associada ao consumo de energia elétrica.
- **Custo Marginal da Operação (CMO):** O CMO é o incremento no custo de operação do sistema para atender a um aumento marginal na demanda
- **CVaR:** É uma metodologia de cálculo para o controle de risco que dá um peso maior para os piores cenários hidrológicos. Por exemplo um CVaR 15/40 significa dar um peso de 40% para os 15% piores cenários.
- **Deck:** Conjunto de usinas, parâmetros, restrições e etc. utilizados como dado de entrada na execução das ferramentas computacionais do planejamento energético.
- **Flexible AC Transmission Systems (FACTS):** É um conjunto de equipamentos que utilizam de [eletrônica de potência](#) para o controle de [transmissão em corrente alternada](#).
- **Função de Custo Futuro (FCF):** função usada para representar os custos operacionais esperados pelo sistema no futuro.
- **Geração Hidrelétrica Total (GHTOT):** somatório da energia produzida por todas as usinas hidrelétricas.



- **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE):** Instituto federal vinculado ao Ministério de Ciência Tecnologia e Inovação (MCTI), dedicado à pesquisa e exploração espacial, por meio de estudos nos campos da ciência espacial e da atmosfera, meteorologia, engenharia e tecnologia espacial.
- **MERRA-2:** É um modelo atmosférico global de reanálise produzido pela NASA com observações de satélite a partir de 1980.
- **Micro e Minigeração Distribuída (MMGD):** composição da geração com potência de até 75 MW (micro geração) e de 75 kW a 3 MW (mini geração), composta por fontes renováveis, quase sempre instaladas diretamente no consumidor (atrás do medidor) [8]
- **National Renewable Energy Laboratory (NREL):** Laboratório estado-unidense de pesquisa e desenvolvimento de energias renováveis e eficiência energética.
- **NEWAVE:** modelo oficial desenvolvido pelo CEPEL de planejamento da operação de médio e longo prazo.
- **NWSDDP:** modelo de conversão dos dados do NEWAVE em dados do SDDP.
- **OPTGEN:** modelo de longo prazo desenvolvido pela PSR de planejamento da expansão.
- **Plano Decenal de Energia (PDE):** plano eletroenergético que indica a expansão ótima da capacidade de geração e transmissão de energia elétrica para os próximos 10 anos, produção e distribuição de combustíveis, de modo a minimizar o custo total (investimento mais operação) para atender às demandas projetadas.
- **Sistema AMA:** Sistema de Acompanhamento de Medições Anemométricas (AMA) que registra das medições anemométricas e climatológicas fornecida pelos parques eólicos vencedores dos leilões de compra de energia elétrica. [9]
- **Sistema Interligado Nacional (SIN):** É a malha brasileira de produção e transmissão de energia elétrica que conecta as cinco regiões do país.
- **System Advisor Model (SAM):** É um software que realiza simulações do desempenho e análises financeiras de projetos de energia renovável.
- **SDDP / OPTGEN:** modelos de planejamento eletroenergético da operação e da operação, desenvolvido pela PSR, que implementa a otimização em escala mensal ou horária e representação individualizada da geração e detalhada da rede de transmissão.
- **Unit Commitment (UC):** restrições operativas de geração térmica, tais como tempo mínimo de operação e repouso, rampa de partida e parada, potência mínima e custo de partida.



- **Unit Commitment Hidráulico (UCH):** restrições operativas de geração hidrelétrica, tais como rampa de partida e parada e potência mínima.



7 REFERÊNCIAS

- [1] EPE, “Geração Eólica e Fotovoltaica – Dados de entrada para modelos energéticos: metodologias e premissas”, Nota técnica EPE/DEE/011/2021-R3. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-836/NT%20EPE-DEE-011-2021-R3_Dados%20de%20entrada%20para%20modelos.pdf. Acesso em: 25 de junho de 2026
- [2] GONÇALVES, Felipe. Metodologia georreferenciada para agrupamento de usinas eólicas e fotovoltaicas. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (SNPTEE), 27., 2023, Belo Horizonte. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/participacao-da-epe-no-xxv-snp tee>>. Acesso em: 23 de junho de 2026.
- [3] *National Renewable Energy Laboratory* (NREL), “*System Advisor Model™* Version 2021.12.02 (SAM™ 2021.12.02)”.
- [4] E. B. Pereira, F. R. Martins, A. R. Gonçalves, R. S. Costa, F. L. Lima, R. Rüther, S. L. Abreu, G. M. Tiepolo, S. V. Pereira e J. G. Souza, “Atlas Brasileiro de Energia Solar,” São José dos Campos, 2017.
- [5] LETROBRAS CEPEL. ANAREDE: análise de sistemas elétricos de potência em regime permanente. Rio de Janeiro, [s.d.]. Disponível em: <https://www.cepel.br/produtos/anared-2/anared/>. Acesso em: 2 jul. 2026.
- [6] INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). LABREN – Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia. Brasil-SR: modelo de estimativa da irradiação solar no Brasil por satélite. São José dos Campos. Disponível em: <https://labren.ccst.inpe.br/brasil-sr-pt.html>. Acesso em: 2 jul. 2026.
- [7] CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (CCEE). Visão geral da CCEE: o que faz a Câmara de Comercialização? São Paulo, 15 abr. 2020. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/pt/web/guest/-/visao-geral-da-ccee-o-que-faz-a-camara-de-comercializacao->. Acesso em: 2 jul. 2026.
- [8] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Micro e minigeração distribuída. Brasília, DF, 10 fev. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>. Acesso em: 2 jul. 2026.
- [9] EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Sistema AMA. Rio de Janeiro, [s.d.]. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/aceso-restrito/sistema-ama>. Acesso em: 2 jul. 2026.