

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA ELÉTRICA

**O PROCESSO DE EXPANSÃO DO SISTEMA
DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA
NO BRASIL**

Luiz Filipe Alvarenga

Itajubá-MG, 05 de março de 2026

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA ELÉTRICA

Luiz Filipe Alvarenga

**O PROCESSO DE EXPANSÃO DO SISTEMA
DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA
NO BRASIL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Ciências em Engenharia Elétrica.

Área de Concentração:
Sistemas Elétricos de Potência

Orientador:
Prof. D.Sc. Robson Celso Pires

Itajubá-MG, 05 de março de 2026

DEDICATÓRIA

*A Deus;
À minha esposa e filhos;
À minha família.*

“Em tudo dai graças, porque esta é a vontade de Deus em Cristo Jesus para convosco”

1 Tessalonicenses, 5:18

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tudo o que Ele tem proporcionado em minha vida. Pois sei que, em todos os momentos e decisões, Ele está comigo.

À minha esposa, Kelly Alvarenga, mulher sábia e gentil. A melhor amiga e companheira com que Deus poderia me presentear.

Aos meus filhos, José e Maria, o amor mais puro que já pude sentir na minha vida.

A minha família de origem é parte fundamental da minha formação. Muito obrigado!

Ao Prof. Robson, que contribuiu diretamente para a minha formação técnica. Seu incentivo e sua disponibilidade foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao ONS por ter me apoiado na minha participação no curso de mestrado.

Aos amigos do ONS que me apoiaram de forma direta e indireta.

RESUMO

O processo de expansão do sistema de transmissão de energia elétrica do Brasil é dividido em quatro etapas, planejamento, licitação das instalações, implantação das instalações e entrada em operação comercial dos ativos.

No Brasil, o plano de expansão do sistema de transmissão de energia elétrica está sob a responsabilidade do Ministério de Minas e Energia (MME). A Empresa de Pesquisa Energética (EPE), instituição estatal subordinada ao MME, elabora estudos de planejamento eletroenergético que apontam as necessidades de ampliação do Sistema Interligado Nacional (SIN). Cabe ressaltar que o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) também auxilia o MME nessa atividade por meio dos estudos do Plano de Ampliações e Reforços (PAR). Esse processo resulta no Plano de Outorgas de Transmissão de Energia Elétrica (POTEE), no qual são definidas todas as instalações a serem implantadas no SIN.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é a entidade responsável por elaborar todo o processo de licitação das expansões previstas no POTEE. Esse processo se dá por meio de leilões públicos realizados pela B3, empresa de infraestrutura do mercado financeiro.

Os Agentes de transmissão vencedores nos leilões serão responsáveis por toda implantação das instalações licitadas, do projeto a entrada em operação comercial, onde as instalações são disponibilizadas para operação do ONS.

Todo esse processo acima descrito será detalhado nessa dissertação, com o objetivo de apresentar à comunidade acadêmica um mercado de grande importância para o desenvolvimento da infraestrutura do país.

Palavras-chave: expansão da transmissão, plano de outorga, leilão de transmissão, implantação de empreendimentos de transmissão, integração de instalações no SIN.

ABSTRACT

The process of expanding Brazil's electric power transmission system is divided into four stages: planning, transmission facilities bidding, facility implementation, and the commercial operation of assets.

In Brazil, the transmission system expansion plan is under the responsibility of the Ministério de Minas e Energia (MME). The Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a state-owned institution subordinated to the MME, prepares electricity planning studies that identify the need to expand the National Interconnected System. It is worth noting that the Operador Nacional de Energia Elétrica (ONS) also assists the MME in this activity through studies for the Expansion and Reinforcement Plan. This process results in the Electric Power Transmission Granting Plan, which defines all facilities to be implemented in the SIN.

The Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) is the entity responsible for organizing the entire bidding process for the expansions indicated in the POTEE. This process takes place through public auctions held at B3, a financial market infrastructure company.

Transmission Agents that win the auctions will be responsible for the full implementation of the awarded facilities, from design through commercial operation, once the facilities are available for ONS operation.

All of the above-described processes will be detailed in this dissertation, with the aim of presenting to the academic community a market that plays a significant role in the development of the country's infrastructure.

Keywords: transmission expansion, granting plan, transmission auction, implementation of transmission projects, integration of facilities into the SIN.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Extensão das Linhas de Transmissão (km) da Rede Básica do SIN por tensão - 2004 a 2023 (EPE, 2024).....	1
Figura 1.2: Investimento total associado às expansões contempladas em (EPE, 2025).....	2
Figura 1.3: Macroprocesso da expansão do sistema de transmissão de energia elétrica.....	2
Figura 2.1: Fluxograma da elaboração dos relatórios da EPE (EPE, 2022).....	5
Figura 3.1: Instalações de transmissão - SE Caxias (Doc.news, 2022).....	9
Figura 3.2: Esquemático dos macroprocessos do Leilão.....	10
Figura 3.3: Fluxograma da formação do POTEE.....	11
Figura 3.4: Workshop de Esclarecimentos do Leilão de Transmissão 04/2025 (ANEEL, 2025)	12
Figura 3-5: Esquemático do processo de consulta pública.....	12
Figura 3.6: Sessão plenária do TCU (TCU, 2025).	13
Figura 3.7: Reunião pública da diretoria colegiada da ANEEL (Eixos, 2025).	13
Figura 3.8: Cerimônia de batida de martelo na B3 (B3, 2024).	14
Figura 3.9: Cerimônia de assinatura dos contratos do segundo leilão de 2023 (ANEEL, 2024).	15
Figura 4.1: Estrutura básica das atividades de implantação de um sistema de transmissão.....	16
Figura 4.2: Esquemático dos Estudos Elétricos x Especificação dos Equipamentos (ONS, 2013)	20
Figura 4.3: Etapas do licenciamento ambiental (AMBIENS, 2025).....	24
Figura 4.4: Licenças ambientais básicas (AMBIENS, 2025).....	25
Figura 4.5: Faixa de servidão de linhas de transmissão em Brasília (Google Earth, 2025).....	27
Figura 4.7: Subestação Terminal Rio da State Grid (Haddad, 2025).....	27
Figura 4.7: Execução de terraplenagem (ETS, 2025).....	29
Figura 4.8: Tipos comuns de fundação (IC, 2024).....	30
Figura 4.9: Instalação de sistema de drenagem em terreno (NE, 2025).....	31
Figura 4.10: Parede corta-fogo e sistema de combate a incêndio (tubulação em vermelho) ...	32
Figura 4.11: Montagem de torre de transmissão de energia (Castro, 2015).....	33
Figura 4.12: Montagem eletromecânica de subestação de energia (GEL, 2025).....	34
Figura 4.12: Painéis na casa de comando da SE Jauru (Planova, 2025).....	35
Figura 5.1: Diagrama do processo de integração (ONS, 2025).....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
B3	Bolsa de Valores de São Paulo
BDIT	Base de Dados das Instalações de Transmissão de Energia Elétrica
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CCI	Contrato de Compartilhamento de Instalações
CCT	Contrato de Conexão às Instalações de Transmissão
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPST	Contrato de Prestação do Serviço de Transmissão
DRSC	Disponibilidade dos Recursos de Supervisão e Controle
DRST	Disponibilidade Relativa dos Serviços de Telecomunicações
DUP	Declaração de Utilidade Pública
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EPRI	Electric Power Research Institute
FT	Funções de Transmissão
GIS	Gas Insulated Substation
LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação
LP	Licença Prévia
LT	Linha de Transmissão
MME	Ministério de Minas e Energia
NBR	Norma Brasileira
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PAR	Plano de Ampliações e Reforços
PB	Projeto Básico
PE	Projeto Executivo
PET	Programa de Expansão da Transmissão
PEL	Plano de Operação Elétrica
PELP	Plano de Expansão de Longo Prazo
PMU	Phasor Measurement Units
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PVI	Parcela Variável por Indisponibilidade

RAC	Relatório de Análise de Consulta
RAP	Receita Anual Permitida
RAS	Relatório Ambiental Simplificado
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SGBDIT	Sistema de Gestão da Base de Dados das Instalações de Transmissão
SIL	Surge Impedance Loading
SIN	Sistema Interligado Nacional
SMF	Sistema de Medição para Faturamento
SOE	Sequence of Events Recorder
TCU	Tribunal de Contas da União
TIR	Taxa Interna de Retorno
TLD	Termo de Liberação Definitiva
TLP	Termo de Liberação com Pendência
TLR	Termo de Liberação de Receita
TLT	Termo de Liberação para Teste

Sumário

Dedicatória.....	I
Agradecimentos	III
Resumo	IV
Abstract.....	V
Lista de Figuras	VI
Lista de Abreviaturas e Siglas	VII
1. Introdução.....	1
1.1 Relevância do Tema	1
1.2 Objetivos da Dissertação	2
1.3 Estrutura da Dissertação	3
2. Planejamento da Expansão e Concepção do POTEE.....	4
2.1 Relatório R1.....	6
2.2 Relatório R2.....	7
2.3 Relatório R3.....	7
2.4 Relatório R4.....	8
2.5 Relatório R5.....	8
3. Processo de Licitação das Instalações (Leilão de Outorgas).....	9
3.1 Fluxo dos Leilões de Transmissão	10
3.1.1 Definição das outorgas	11
3.1.2 Organização dos lotes e minutas	11
3.1.3 Consulta Pública.....	12
3.1.4 Análise do TCU	13
3.1.5 Consolidação e publicação do edital	13
3.1.6 Sessão pública	14
3.1.7 Assinatura dos contratos de concessão.....	15
4. Implantação dos Empreendimentos	16
4.1 Projeto.....	17
4.1.1 Projeto Básico.....	17
4.1.1.1 Estudos Elétricos	18
4.1.1.2 Especificações de subestações e equipamentos.....	19
4.1.1.3 Estudos e dimensionamento básico de LT	20
4.1.1.4 Sistemas operacionais.....	21

4.1.1.5	Análise da conformidade do Projeto Básico.....	22
4.1.2	Projeto executivo	23
4.2	Licenciamento ambiental.....	24
4.3	Fundiário.....	26
4.4	Instalação	28
4.4.1	Obra Civil	28
4.4.1.1	Terraplenagem	29
4.4.1.2	Fundações	30
4.4.1.3	Drenagem.....	31
4.4.1.4	Obras arquitetônicas e paisagísticas	32
4.4.1.5	Instalações especiais	32
4.4.2	Montagem eletromecânica.....	33
4.4.3	Instalações elétricas e operacionais	35
4.5	Comissionamento	36
4.5.1	Verificação da instalação	36
4.5.2	Como-Construído	37
5.	Integração da nova instalação no SIN	38
5.1	Durante a implantação do empreendimento	40
5.2	Durante a operação em teste.....	44
5.3	Durante a operação comercial com pendência	46
6.	Conclusões	48
	REFERÊNCIAS	50

1. INTRODUÇÃO

1.1 RELEVÂNCIA DO TEMA

O processo de expansão do sistema de transmissão de energia elétrica do Brasil é robusto e bem estruturado e, nos últimos 20 anos, viabilizou a construção de mais de 100 mil km de linhas de transmissão, conforme ilustrado na Figura 1.1, dezenas de subestações e a integração de mais de 186 Agentes de Transmissão (EPE, 2024). Estima-se que, nesse período, já tenham sido investidos 396 bilhões de reais, provenientes de iniciativas públicas e privadas.

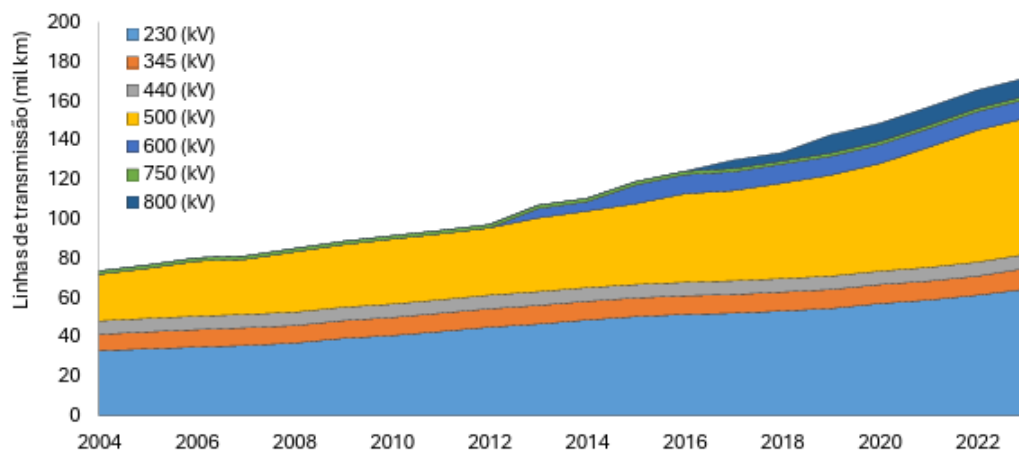


Figura 1.1: Extensão das Linhas de Transmissão (km) da Rede Básica do SIN por tensão - 2004 a 2023 (EPE, 2024)

A transição energética, muito em voga no momento, aumenta a necessidade de expansão do sistema de transmissão para conectar as fontes de energia renováveis aos grandes centros de carga de forma adequada, garantindo a qualidade da energia entregue ao consumidor e a confiabilidade esperada de um sistema fundamental para a economia brasileira.

Segundo os últimos relatórios do Plano de Expansão da Transmissão (PET) e do Plano de Expansão de Longo Prazo (PELP) elaborados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2025), nos próximos anos serão necessários investimentos da ordem de 39,1 bilhões de Reais no SIN, mostrando um grande potencial econômico no mercado de transmissão de energia, como ilustrado na Figura 1.2.

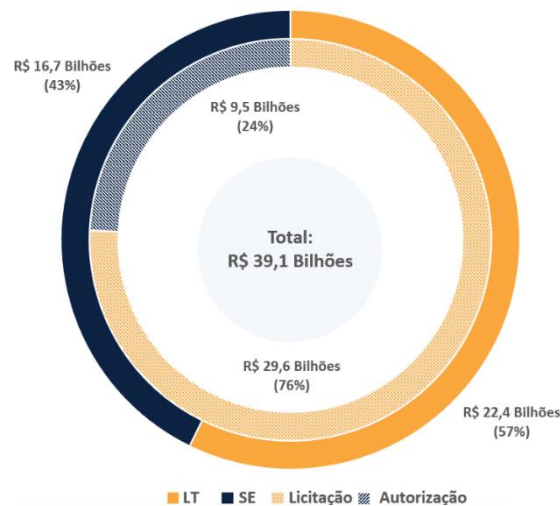


Figura 1.2: Investimento total associado às expansões contempladas (EPE, 2025).

Dada a grande necessidade de novas instalações e o volume de recursos financeiros a serem empregados no setor nos próximos anos, munir a comunidade acadêmica de informações sobre o processo de expansão do sistema brasileiro de transmissão de energia elétrica pode complementar a formação técnica dos profissionais formados, tornando-os mais alinhados às necessidades do mercado.

1.2 OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO

O objetivo geral desta dissertação é apresentar os elementos que compõem o processo de expansão do sistema de transmissão de energia elétrica brasileiro.

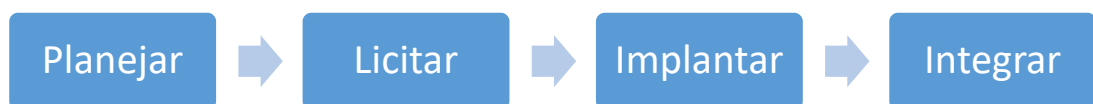


Figura 1.3: Macroprocesso da expansão do sistema de transmissão de energia elétrica.

São objetivos específicos desta dissertação:

- Mostrar as etapas de planejamento e concepção dos novos empreendimentos de transmissão no SIN.
- Apresentar o conceito e as atividades relacionadas a licitação das novas instalações de transmissão de energia elétrica.
- Fazer uma explanação sobre o processo de implantação dos ativos licitados, detalhando os pontos mais importantes.
- Abordar as questões relacionadas à integração ao SIN e à entrada em operação comercial das instalações licitadas.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está dividida em seis capítulos. Este primeiro capítulo apresenta uma abordagem geral sobre a relevância do processo de expansão do sistema de transmissão de energia elétrica. Apresentando o tamanho do mercado em tela e a demanda futura por novas instalações de transmissão.

O Capítulo 2 aborda questões associadas ao planejamento da expansão, apresentando, de forma mais detalhada, o processo de planejamento desenvolvido pelo MME, por meio da EPE, com a contribuição do ONS.

O Capítulo 3 apresenta mais detalhes sobre a coordenação da ANEEL no processo de licitação das outorgas que integram o POTEE.

O Capítulo 4 versa sobre todas as atividades a serem realizadas pelo Agente de Transmissão no processo de implantação dos empreendimentos de transmissão licitados.

O Capítulo 5 abrange as questões relacionadas ao processo de integração da nova instalação no SIN, tanto nos aspectos técnicos quanto nos regulatórios.

O Capítulo 6 apresenta as conclusões finais do trabalho e as perspectivas para trabalhos futuros.

2. PLANEJAMENTO DA EXPANSÃO E CONCEPÇÃO DO POTEE

Hoje, conforme a regulamentação do setor elétrico brasileiro, as novas instalações de transmissão a serem integradas ao SIN devem ser recomendadas por meio de estudos de planejamento de expansão realizados no âmbito dos Grupos de Estudo de Transmissão (GET) coordenados pela EPE.

O ponto de partida do planejamento é a elaboração dos estudos técnico-econômicos, como os apresentados nos relatórios R1, nos quais são indicadas as novas instalações ou ampliações que compõem a alternativa ótima para atender a uma necessidade do sistema, com base em análises técnico-econômicas e socioambientais.

Em seguida, os empreendimentos vislumbrados são organizados no documento gerencial Programa de Expansão da Transmissão (PET)/Plano de Expansão de Longo Prazo (PELP), no qual a EPE organiza as obras conforme sua natureza e a data prevista de implantação. O PET contempla apenas as obras determinativas, definidas para os primeiros seis anos a frente do ano em curso, enquanto o PELP apresenta as obras indicativas, abrangendo o período a partir do sétimo ano (EPE, 2022).

Posteriormente, o Ministério de Minas e Energia, com base nos documentos PET/PELP, emite o Plano de Outorgas de Transmissão de Energia Elétrica (POTEE), que relaciona os próximos empreendimentos a serem outorgados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), seja por meio de licitação ou por autorização. Ressalta-se que esse documento é elaborado com base na compatibilização da visão de planejamento da EPE (PET/PELP) com a visão operativa do ONS (PAR/PEL – Plano de Operação Elétrica).

Uma vez definido o POTEE, inicia-se a elaboração de quatro documentos de detalhamento, denominados R2 a R5, para uma melhor caracterização de cada empreendimento, com vistas à instrução do processo licitatório da ANEEL.

A seguir é apresentado o escopo básico dos relatórios R1, R2, R3, R4 e R5:

- O relatório R1 demonstra a viabilidade técnico-econômica e socioambiental da nova instalação;
- O relatório R2 apresenta o detalhamento técnico da alternativa de referência;
- O relatório R3 apresenta a diretriz de traçado para as LT e a localização das SE, bem como a análise socioambiental associada;
- O relatório R4 define os requisitos do sistema circunvizinho, de forma a assegurar o adequado compartilhamento entre as instalações existentes e a nova obra;
- O relatório R5 apresenta a estimativa dos custos fundiários da região onde a nova instalação será implantada.

O fluxograma da Figura 2.1 apresenta todo o processo de elaboração dos produtos desenvolvidos pelo planejador.

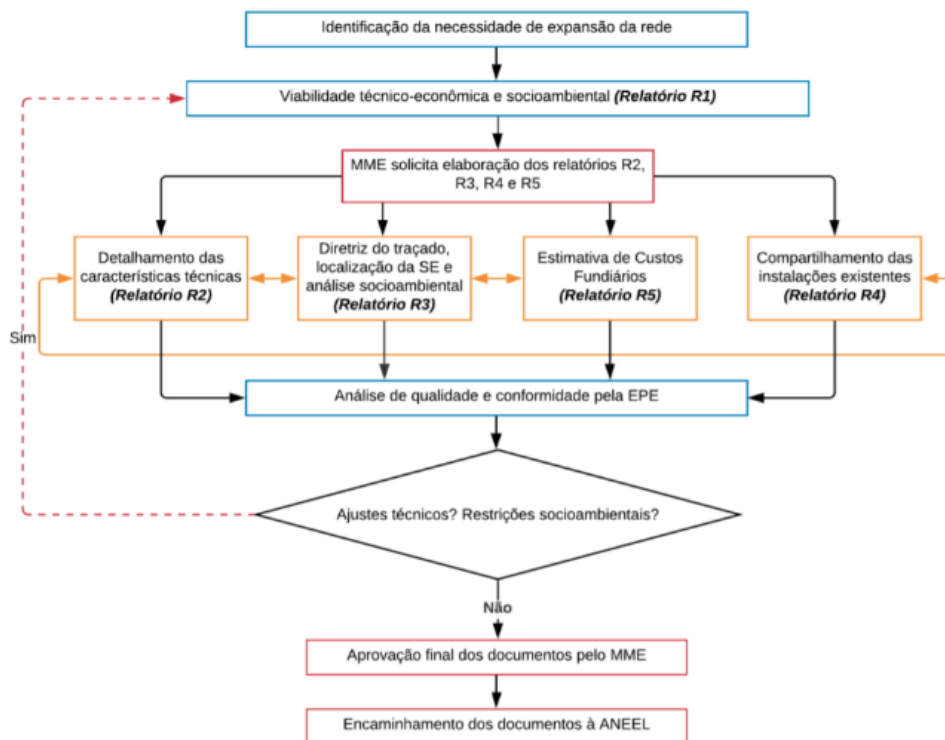


Figura 2.1: Fluxograma da elaboração dos relatórios da EPE (EPE, 2022).

Nas seções a seguir serão apresentados com maiores detalhes os produtos elaborados pela EPE e que será a base para o processo de outorga conduzido pela ANEEL.

2.1 RELATÓRIO R1

O relatório R1, ou relatório de “Viabilidade Técnico-Econômica e Socioambiental”, é elaborado pela própria EPE e constitui o principal estudo, aquele que efetivamente define o empreendimento. Nele, são apresentadas propostas alternativas tecnicamente equivalentes, com o objetivo de atender à demanda específica do mercado. Todas essas alternativas, que não necessariamente correspondem a um número igual de elementos (subestações, linhas de transmissão, transformadores etc.), são avaliadas segundo aspectos técnico-econômicos por meio de um estudo de Mínimo Custo Global (MCG), que relaciona os custos iniciais associados a cada alternativa às perdas elétricas em um horizonte máximo de análise. Também são contemplados os aspectos socioambientais das alternativas.

Os principais estudos e análises que podem ser realizados dentro do relatório R1 são:

- estudos de fluxo de potência;
- estudos de estabilidade de tensão em regime permanente;
- estudos de energização em regime permanente;
- estudos de rejeição de carga em regime permanente;
- estudos de estabilidade eletromecânica;
- estudos de curto-circuito;
- definição da compensação reativa série e em derivação;
- definição da utilização de religamento monopolar;
- análise dos aspectos socioambientais;
- análise econômica.

Naturalmente nem todos os lotes demandarão todas as análises. Algumas delas são restritas a empreendimentos com características específicas.

Os principais aspectos que devem ser observados no que tange a especificação dos equipamentos são:

- Arranjo de barramentos.
- Definição das correntes nominais dos barramentos e equipamentos.
- Análise das correntes de curto-circuito.
- Definição de tipo, potência e tensões nominais e derivações das unidades transformadoras.
- Análise de adequações das instalações existentes.

Ao final do relatório R1 é selecionada a alternativa vencedora, dentro dos aspectos avaliados, e que será a base para elaboração dos demais relatórios e eventual licitação.

2.2 RELATÓRIO R2

O relatório R2, ou relatório de “Detalhamento da Alternativa de Referência”, já toma como base a alternativa selecionada no relatório R1. Sua execução é, geralmente, de responsabilidade da Transmissora detentora de ativos (a pedido do MME) na área do empreendimento. Exceções ocorrem em algumas obras, nas quais o relatório R2 também é elaborado pela própria EPE.

Esse estudo visa fornecer subsídios complementares à ANEEL para preparação dos editais de licitação correspondentes. Ressalta-se que o detalhamento visa assegurar a exequibilidade do empreendimento do ponto de vista técnico, sem constituir um Projeto Básico.

Essas análises contemplam simulações de transitórios eletromagnéticos e específicas referentes à definição das características elétricas básicas de equipamentos, tais como: LT, subestações, unidades transformadoras, compensação de potência reativa em série e em derivação. Nesta etapa, são definidas, por exemplo, a estrutura típica e a capacidade de potência das linhas de transmissão, bem como a avaliação da extinção do arco secundário.

2.3 RELATÓRIO R3

O relatório R3, ou relatório de “Caracterização e Análise Socioambiental”, também elaborado por transmissoras a pedido do MME, visa fornecer mais detalhes sobre o aspecto socioambiental da região prevista para o empreendimento. A ideia é prever possíveis problemas que impeçam a execução da obra.

Em casos de expansão de subestações existentes, esta etapa é considerada simplificada ou mesmo desnecessária. Além disso, é neste documento que são apontados o traçado das linhas de transmissão e a região geográfica para instalação de uma nova subestação.

Ressalta-se que o relatório R3 não visa substituir os estudos para obtenção da licença prévia, mas sim subsidiar o leilão de transmissão (BARROSO, 2016).

2.4 RELATÓRIO R4

O relatório R4, ou relatório de “Caracterização da Rede Existente”, também realizado por transmissoras a pedido do MME, visa, por meio da apresentação das características dos equipamentos existentes na instalação, permitir um convívio harmonioso entre os elementos existentes e os novos que irão compartilhar a instalação. Em casos de subestações novas, o relatório tem por finalidade apresentar, para os futuros proponentes dos leilões de concessão, uma caracterização básica das instalações que atenda aos requisitos indicados nos estudos de concepção e detalhamento (R1, R2 e R3).

Para subestações CA são tipicamente fornecidos:

- Localização geográfica e área prevista para implantação.
- Características dos principais equipamentos, tais como disjuntores, seccionadores, pararáios, transformadores de potência e de instrumentos, bobinas de bloqueio, etc.
- Serviços auxiliares.
- Requisitos para os sistemas de proteção, controle e supervisão.
- Requisitos para o sistema de telecomunicações.

2.5 RELATÓRIO R5

O relatório R5, ou relatório de “Custos Fundiários”, é emitido para avaliar os custos fundiários da região de implantação do empreendimento. A cada ano que passa, os custos fundiários se tornam mais relevantes nos projetos, o que impõe a necessidade de uma avaliação mais aprofundada no momento da definição do preço da instalação a ser licitada.

3. PROCESSO DE LICITAÇÃO DAS INSTALAÇÕES (LEILÃO DE OUTORGAS)

Conforme apresentado por CARDOSO (2018), “A Constituição brasileira estabelece que o desenvolvimento, o uso e a venda de energia elétrica podem ser realizados diretamente pelo Governo Federal ou indiretamente, por meio da outorga de concessões, permissões e autorizações a outros agentes públicos, bem como a empresas privadas.”.

Atualmente, a expansão do sistema de transmissão ocorre por meio de outorgas concedidas pelo MME às transmissoras e de leilões de transmissão organizados pela ANEEL. Os leilões ofertam, basicamente, novas linhas de transmissão e subestações que irão fazer o sistema interligado crescer na capacidade de fornecer energia ou de elevar sua confiabilidade. Os leilões são hoje formatados como leilões reversos sobre o valor da Receita Anual Permitida (RAP) a ser recebida pela transmissora. Ou seja, aquele que realiza lances, propondo-se a executar o empreendimento por um valor o menor possível, é sagrado vencedor. O intuito dessa filosofia é reduzir ao máximo o custo dos serviços de transmissão e as tarifas de energia, respeitando, assim, a modicidade tarifária.

A RAP ofertada pelo empreendedor deve ser suficiente para arcar com todos os custos de implantação e de operação da instalação ao longo dos anos de concessão. A instalação deverá atender a todos os requisitos editalícios e aos Procedimentos de Rede e, caso não apresente desempenho adequado ao longo de sua vida operativa, a transmissora poderá perder parte de sua RAP.



Figura 3.1: Instalações de transmissão - SE Caxias (Doc.news, 2022).

As concessões de Transmissão duram tipicamente 30 anos a partir de uma data de referência contratual, tendo acordado também o tempo máximo para que a Transmissora projete e construa o empreendimento, tornando-o disponível para o sistema. Dentro desses 30 anos, a transmissora detentora dessa concessão é regida pelas cláusulas contratuais e pelo amplo arcabouço regulatório do setor elétrico, sendo remunerada conforme a condição arrematada em leilão. As cláusulas contratuais regem que, quanto mais eficiente uma empresa for no projeto, na manutenção e operação de suas instalações, evitando desligamentos, melhor será sua receita (CARDOSO, 2018).

3.1 FLUXO DOS LEILÕES DE TRANSMISSÃO

Uma vez definidas as instalações que farão parte da licitação, a ANEEL forma os lotes, etapa de extrema relevância, pois devem ser organizados de forma atrativa aos investidores. A localização das instalações, o volume de investimento, a sinergia entre os empreendimentos e outros fatores devem ser considerados. Os investidores possuem características heterogêneas (capacidade de investimento, presença regional, estratégia de mercado etc.) e o regulador considera tais elementos na formação dos lotes. E uma vez concluída essa etapa, é iniciado o processo de um leilão de transmissão.

Os leilões de transmissão de energia elétrica realizados pela ANEEL seguem um rito muito bem definido. O processo é amplo, envolve muitas instituições e demanda meses para a elaboração e a execução.

A Figura 3.2 apresenta um esquemático com os macroprocessos de uma licitação:

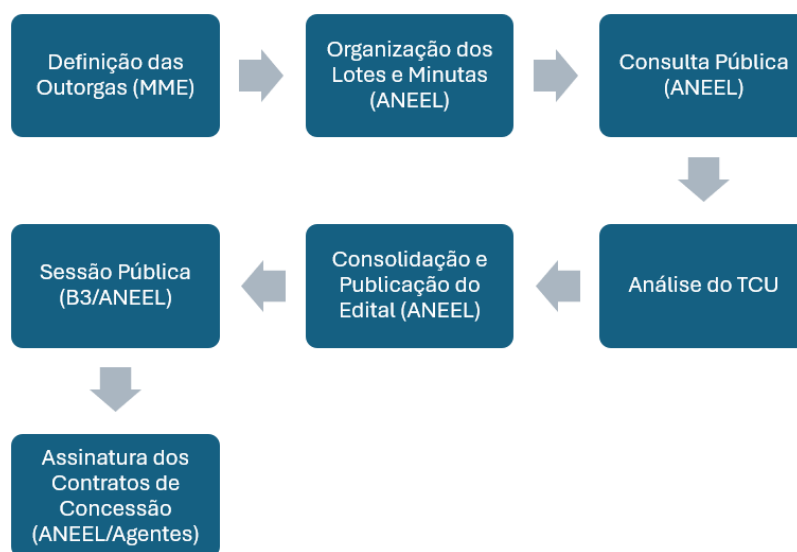


Figura 3.2: Esquemático dos macroprocessos do Leilão.

Nos próximos itens desse capítulo serão abordados os macroprocessos apresentados na Figura 3-2, descrevendo as atividades desenvolvidas em cada etapa.

3.1.1 Definição das outorgas

Conforme já descrito no Capítulo 2 desse trabalho as outorgas a serem licitadas em um leilão são definidas no POTEE, atividade capitaneada pelo MME, lastreada pela EPE e apoiada pelo ONS. Todo esse processo foi bem detalhado no item supracitado, assim, recomenda-se uma breve releitura ao leitor que desejar recapitular o tema.

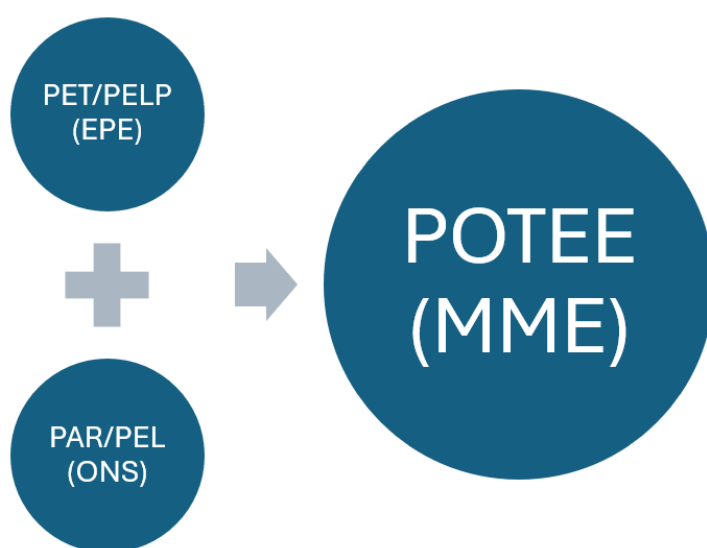


Figura 3.3: Fluxograma da formação do POTEE.

3.1.2 Organização dos lotes e minutas

É nesse ponto que o leilão de transmissão de energia elétrica começa a ter uma roupagem, onde a ANEEL organiza em lotes as instalações a serem licitadas, conforme descrito na seção 3.1.

Também se inicia a elaboração das minutas do edital de licitação e seus anexos, esse é um trabalho liderado pela ANEEL e ela conta com o suporte técnico do ONS e da EPE, principalmente no que tange os aspectos técnicos dos documentos licitatórios. É importante frisar que essa documentação vai abarcar todas as condições econômicas, técnicas e regulatórias a serem seguidos pelos agentes desde o momento da licitação até ao fim do prazo de concessão previsto em contrato.

3.1.3 Consulta Pública

A consulta pública é o momento em que a ANEEL apresenta uma versão inicial da documentação licitatória e busca contribuições da sociedade que auxiliem na elaboração de um documento mais preciso e claro para os interessados em participar do leilão público.

Conforme as últimas consultas públicas, a ANEEL costuma realizar workshops online para esclarecer dúvidas sobre a documentação apresentada. Esses encontros têm caráter dinâmico e interativo, permitindo que os interessados compreendam melhor os pontos do edital e de seus anexos. O objetivo é garantir transparência e facilitar a participação dos agentes envolvidos. Dessa forma, todos têm a oportunidade de obter informações diretamente da equipe que capitaneia o processo.

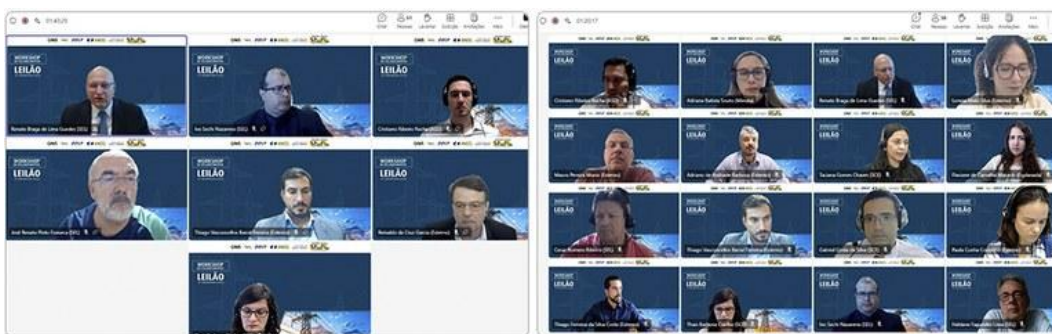


Figura 3.4: Workshop de Esclarecimentos do Leilão de Transmissão 04/2025 (ANEEL, 2025)

Após o término da consulta pública, geralmente com duração de 45 dias, a ANEEL analisa todas as contribuições recebidas. Em seguida, inicia-se a elaboração do Relatório de Análise da Consulta (RAC), que consolida os principais pontos discutidos. Quando surgem questões que exigem maior aprofundamento técnico, a Agência conta com o apoio institucional do ONS e da EPE. Essa colaboração garante maior precisão nas análises e robustez nas decisões.

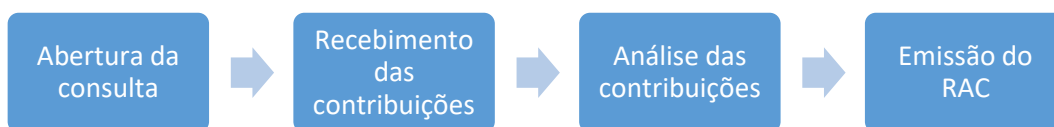


Figura 3-5: Esquemático do processo de consulta pública

3.1.4 Análise do TCU

Os leilões de outorga para concessão dos serviços de transmissão de energia elétrica são acompanhados e fiscalizados pelo Tribunal de Contas da União (TCU). Cabe ao TCU analisar e aprovar os documentos licitatórios, assegurando que todo o processo ocorra de forma transparente e em conformidade com a legislação vigente. Após essa análise, os ministros deliberam, em sessão plenária, sobre a aprovação do material apresentado. Em algumas situações, podem também recomendar à ANEEL a realização de estudos complementares. Esse procedimento garante maior rigor técnico e jurídico nas etapas do certame.



Figura 3.6: Sessão plenária do TCU (TCU, 2025).

Essa etapa reforça a credibilidade e a segurança regulatória do processo. Todo esse rito está fundamentado na Instrução Normativa TCU nº 81, de 2018, que estabelece diretrizes para a atuação do órgão. Assim, assegura-se que os leilões sejam conduzidos com integridade e alinhados às melhores práticas de governança pública.

3.1.5 Consolidação e publicação do edital

Ao receber as instruções do TCU, a ANEEL responde a eventuais questionamentos e/ou prepara material adicional que, porventura, seja solicitado pelo tribunal. Vencida essa etapa e conseqüentemente, obtendo o aval do TCU, o regulador inicia a consolidação do edital e seus anexos. Nesse momento são incorporadas aos documentos todas as contribuições obtidas ao longo dos meses através das etapas acima descritas.



Figura 3.7: Reunião pública da diretoria colegiada da ANEEL (Eixos, 2025).

Em seguida, após aprovação da diretoria colegiada da ANEEL em reunião pública, com no mínimo 30 dias de antecedência, são publicados em seu site e no Diário Oficial da União as versões finais do Edital e seus Anexos. A partir desse momento os interessados terão acesso a versão oficial da documentação e poderão pedir esclarecimentos que se fizerem necessários.

3.1.6 Sessão pública

Enfim, chega-se ao momento que consagra todo o trabalho elaborado nas etapas anteriores, uma sessão pública é realizada na Bolsa de Valores de São Paulo (B3), onde os proponentes devidamente habilitados irão dar lances nos lotes que desejarem. O leilão de transmissão tem uma peculiaridade, uma vez que é sagrado vencedor o proponente que ofertar o lance com o menor valor de RAP, garantindo, assim, uma maior modicidade tarifária.

Deságios muito agressivos podem comprometer o desempenho das instalações, gerando o risco de perda de receita, conforme já falado na seção 3. Então, para garantir um desempenho adequado das instalações, a RAP proposta deve considerar a qualidade do serviço a ser prestado.

Nos últimos anos, os leilões de transmissão de energia elétrica têm se mostrado cada vez mais atrativos para investidores. Esse cenário impulsionou a realização de estudos técnico-econômicos de alto nível, visando embasar propostas competitivas. Como resultado, os lances apresentados nos certames tornaram-se mais agressivos. Essa dinâmica contribui para a redução de custos na ampliação da infraestrutura do setor elétrico. O ambiente regulatório transparente e seguro reforça essa tendência positiva, consolidando o Brasil como um mercado estratégico para investimentos em transmissão.



Figura 3.8: Cerimônia de batida de martelo na B3 (B3, 2024).

3.1.7 Assinatura dos contratos de concessão

Essa etapa marca a ratificação dos vencedores da licitação e o encerramento do processo licitatório. Nela, são celebrados os contratos que oficializam os direitos e deveres dos agentes envolvidos. Para que isso ocorra, a ANEEL realiza uma análise documental detalhada, qualificando todos os vencedores. Esse procedimento assegura que as empresas possuam as garantias técnicas, jurídicas e econômicas necessárias para assumir o compromisso. Somente após essa validação, os contratos são formalizados, garantindo transparência e conformidade com as normas vigentes.



Figura 3.9: Cerimônia de assinatura dos contratos do segundo Leilão de 2023 (ANEEL, 2024).

4. IMPLANTAÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS

O processo de implantação de instalações de transmissão de energia elétrica é complexo e costuma demorar alguns anos para ser concluído. O prazo de implantação é definido no edital de licitação e costuma ser de 3 a 5 anos. No edital também existe a data de necessidade da instalação, onde a partir dela o empreendedor que concluir a implantação dos seus equipamentos poderá entrar em operação comercial e fazer jus à sua RAP.

A implantação demanda um controle rígido de prazo, custo e qualidade, uma vez que o retorno do empreendimento depende da instalação ser concluída dentro do prazo planejado, respeitando o custo previsto no momento da formação do lance do leilão e que ela atenda aos requisitos de qualidade previstas no edital, Procedimentos de Rede e demais normas, pois o pilar do negócio de transmissão de energia elétrica está diretamente conectado a disponibilidade dos ativos ao SIN. Assim sendo, existe um mecanismo financeiro chamado Parcela Variável por Indisponibilidade (PVI) que é utilizado como penalidade a ser aplicada a Transmissora nos casos de indisponibilidade de seus ativos. Então, quando algum equipamento fica indisponível a PVI é contabilizada pelo ONS, considerando o tempo de indisponibilidade, sendo o valor calculado descontado diretamente da RAP do Agente.

Pode-se dividir o processo de implantação em cinco macroatividades Projeto, Licenciamento Ambiental, Fundiário, Instalação e Comissionamento. Tais atividades podem ser realizadas em série e/ou paralelo ao depender do fluxo de trabalho e da estratégia do empreendedor, na Figura 4.1 é apresentado uma estrutura básica das atividades de implantação de um sistema de transmissão.

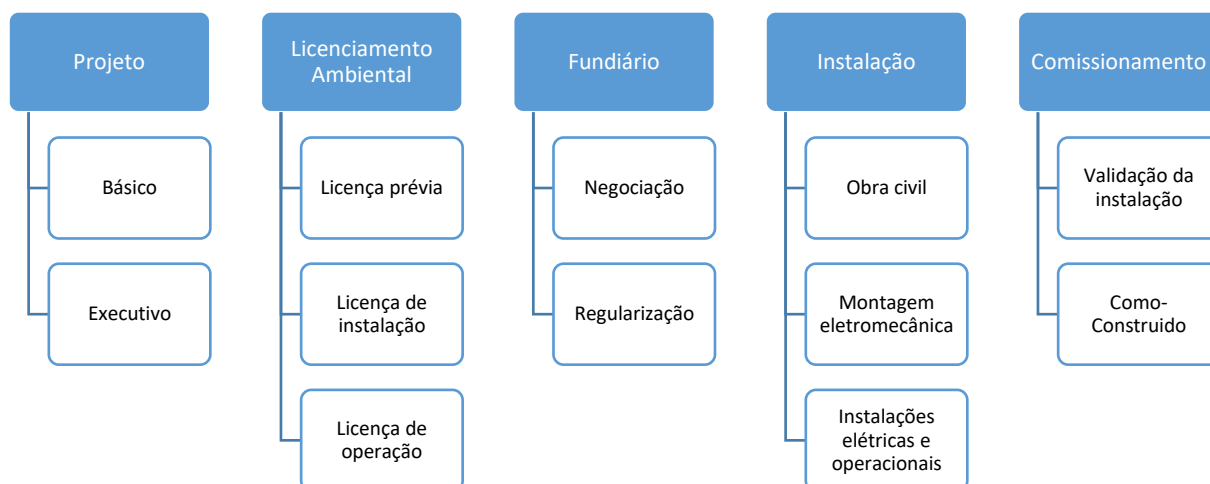


Figura 4.1: Estrutura básica das atividades de implantação de um sistema de transmissão.

Ao longo desse capítulo será detalhada cada uma das cinco macroatividades supracitadas, apresentando suas particularidades e pontos de atenção.

4.1 PROJETO

Pode-se dizer que o projeto é o cerne do empreendimento, onde nasce a solução a ser implementada em campo e que pode impactar diretamente no sucesso do negócio. Contratar empresas de engenharia que tenham experiência e profissionais qualificados pode poupar tempo e recursos financeiros. Todas as outras macroatividades podem ser afetadas positivamente ou negativamente a depender da qualidade do projeto desenvolvido.

O projeto é dividido em duas etapas: a de Projeto Básico (PB) e Projeto Executivo (PE), onde o PB trata de avaliar a solução a ser adotada no empreendimento, dimensionar equipamentos e tem a função regulatória de comprovar o atendimento aos requisitos editalícios, de Procedimentos de Rede e norma. Já o PE é a fase de detalhamento de projeto com intuito de implantar em campo, viabilizando a construção das instalações de acordo com as especificações do PB.

4.1.1 Projeto Básico

A seguir são apresentados os itens que compõem os Projetos Básicos dos empreendimentos de transmissão de energia elétrica. Onde geralmente os projetos costumam ser divididos em quatro grandes grupos:

- Estudos elétricos (a frequência fundamental e de transitórios eletromagnéticos);
- Especificação de subestações e equipamentos (arranjos, desenhos, barramentos e equipamentos principais);
- Estudos e dimensionamento básico de linhas de transmissão (LT);
- Sistemas operacionais (Supervisão e Controle, Telecomunicação e Proteção).

No decorrer desse item cada grupo acima citado será apresentado, mostrando conceito de cada um no projeto. E quanto aos aspectos regulatórios será abordado o processo de análise da conformidade do Projeto Básico, uma vez que ele é um requisito necessário para que o empreendimento entre em operação.

4.1.1.1 Estudos Elétricos

Os estudos elétricos são fundamentais para o dimensionamento dos equipamentos que se integraram ao Sistema Interligado Nacional – SIN e imprescindíveis para avaliação do comportamento sistêmico com a entrada das novas instalações.

Os estudos elétricos que compõem o projeto básico são subdivididos em estudos na frequência fundamental e estudos de transitórios eletromagnéticos. Enquanto os estudos de frequência fundamental objetivam demonstrar, sob o aspecto do desempenho em 60 Hz, a conformidade do projeto básico do empreendimento aos requisitos técnicos, os estudos de transitórios eletromagnéticos avaliam os efeitos oriundos da operação durante condições transitórias que, na maior parte das vezes, são determinantes na especificação dos componentes da instalação.

Conforme mencionado, estudos de frequência fundamental são aqueles analisam as instalações na frequência de 60 Hz e são compostos pelos seguintes itens:

- Fluxo de potência;
- Curto-circuito;
- Rejeição de carga;
- Energização de linha de transmissão;
- Estudos de estabilidade eletromecânica;
- Fluxo de potência nos barramentos das subestações.

Dependendo dos aspectos acima mencionados, é necessário desenvolver e apresentar — no conjunto de atividades necessárias ao projeto básico da instalação — os seguintes tipos de estudos de transitórios eletromagnéticos:

- Energização de linhas de transmissão;
- Religamento tripolar de linhas de transmissão;
- Religamento monopolar de linhas de transmissão;
- Ressonância por indução em linhas compensadas por reatores em derivação;
- Tensões e correntes induzidas em circuitos paralelos e seus efeitos em lâminas de terra de seccionadoras;
- Energização de transformadores;
- Manobra de banco de capacitores;
- Rejeição de carga;

- Tensão de restabelecimento transitória (TRT), compreendendo:
assimetria das correntes de curto-circuito;
- Coordenação do isolamento;
- Estudos associados à compensação estática shunt;
- Estudos associados à compensação série;
- Estudos relacionados à Gas Insulated Substation (GIS).

No anexo técnico do edital há um item dedicado à demonstração da conformidade dos equipamentos, no qual são relacionados os tipos de estudos cuja apresentação é obrigatória.

4.1.1.2 Especificações de subestações e equipamentos

Como diretriz principal para a especificação da instalação e dos equipamentos, deve-se considerar que esses serão conectados ao sistema existente; portanto, não devem comprometer ou limitar a operação das subestações nem impor restrições operativas às demais instalações do SIN. A especificação da instalação e dos equipamentos abrangerá todos os componentes do empreendimento conforme relacionados no anexo técnico do edital.

O dimensionamento das instalações e dos equipamentos deve considerar a etapa atual da instalação, como também as futuras, conforme relacionadas no anexo técnico do edital, além das condições sistêmicas a ser impostas pela configuração prevista pelo planejamento da expansão do SIN. Quando se tratar de ampliações em subestações já existentes, as características elétricas básicas dos equipamentos deverão ser similares ou superiores às dos existentes.

Como premissas indispensáveis ao dimensionamento da instalação e dos equipamentos, devem ser consideradas as conclusões e as recomendações dos estudos elétricos, abrangendo-se a frequência fundamental e os transitórios eletromagnéticos. A Figura 4.2 apresenta um esquemático relacionando os tipos de estudos necessários à especificação dos equipamentos.

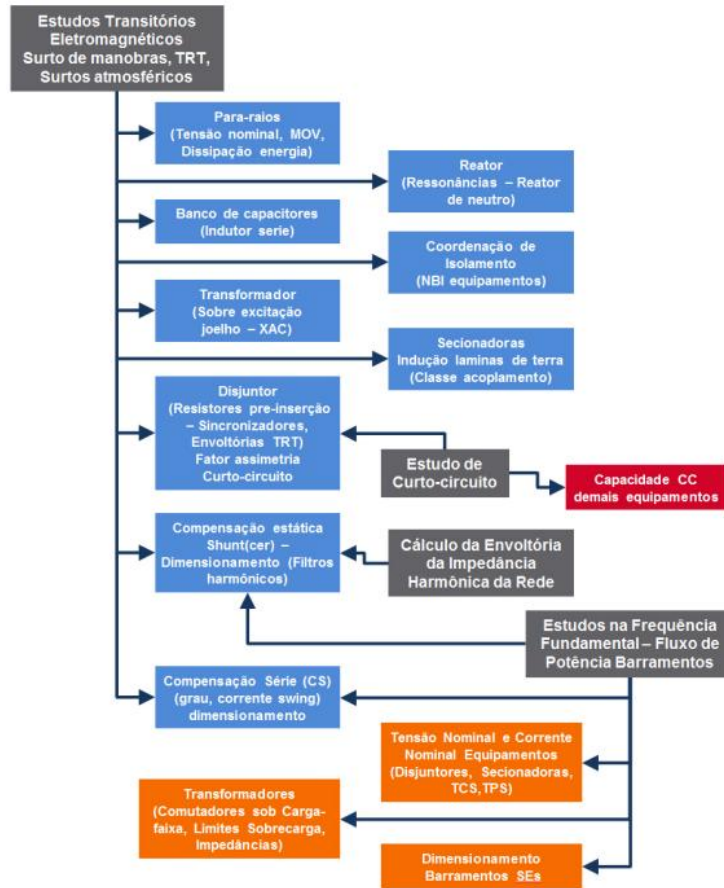


Figura 4.2: Esquemático dos Estudos Elétricos x Especificação dos Equipamentos (ONS, 2013)

4.1.1.3 Estudos e dimensionamento básico de LT

Uma premissa fundamental para o projeto de novas linhas de transmissão é considerar que serão integradas ao sistema existente e a elas deverão se integrar ao sistema, sem comprometer ou limitar a sua operação, nem impor restrições operativas às demais instalações do SIN.

É importante ressaltar que o projeto básico de linhas de transmissão deve observar os requisitos definidos no Submódulo 2.7 dos Procedimentos de Rede, “Requisitos Mínimos para Linhas de Transmissão”. Além destes, precisam ser observados os requisitos definidos nos instrumentos de outorga da linha em questão, que, em caso de leilão da transmissão, são os Anexos Técnicos do Edital da Transmissão.

Podemos dividir o projeto básico de linhas de transmissão em 3 grandes grupos:

- Estudos de clima, vento e topográficos;
- Estudos elétricos;
- Estudos eletromecânicos.

O clima, o vento e a topografia da região de implantação de uma linha de transmissão, influenciam diretamente nos projetos dela, sejam eles elétricos ou eletromecânicos. Assim sendo, pode-se dizer que os projetos de linhas de transmissão são específicos para cada região de implantação.

Os estudos elétricos de um projeto de linhas de transmissão são aqueles que avaliam os elementos que compõem as linhas sob a ótica do desempenho elétrico. Já os estudos eletromecânicos de um projeto de linhas de transmissão são aqueles que avaliam os elementos que compõem as linhas sob a ótica do desempenho eletromecânico.

4.1.1.4 Sistemas operacionais

Os sistemas operacionais são compostos pelos projetos de proteção, supervisão, controle e telecomunicações, eles são fundamentais para a operação do sistema elétricos pois viabilizam o funcionamento das instalações.

É importante ressaltar que os projetos básicos dos sistemas operacionais devem observar os requisitos definidos nos Procedimentos de Rede. Além destes, precisam ser observados os requisitos definidos nos instrumentos de outorga da linha em questão, que, em caso de leilão da transmissão, são os Anexos Técnicos do Edital da Transmissão.

Os sistemas de proteção, de supervisão e controle desempenham papel fundamental para a segurança elétrica do SIN, portanto, o estabelecimento de requisitos mínimos para esses sistemas se justifica para garantir que cada instalação de transmissão contribua para o atendimento ao desempenho e aos critérios estabelecidos nos Procedimentos de Rede.

A função dos serviços de telecomunicações é possibilitar que o ONS cumpra às suas atribuições de monitorar e coordenar a operação do SIN, para isso é necessário definir os índices de disponibilidade estabelecidos para os serviços de telecomunicações, os valores mínimos dos parâmetros que devem ser assegurados para garantir a qualidade desses serviços e a configuração dos serviços necessários.

4.1.1.5 Análise da conformidade do Projeto Básico

Conforme atribuído no Submódulo 7.3 dos Procedimentos de Rede, o ONS é responsável por atestar a conformidade dos Projetos Básicos com os requisitos previstos nos Editais e Procedimentos de Rede.

Realizada sessão pública do leilão das instalações de transmissão de energia elétrica e as assinaturas dos contratos de concessão, as Transmissoras terão um prazo contratual para protocolar junto ao ONS e ANEEL a primeira versão do Projeto Básico dos empreendimentos, que atualmente são 180 dias a contar a partir da assinatura do contrato de concessão.

Recebida a documentação relativa à primeira versão do Projeto Básico, ela será colocada em fila para análise, onde ela é organizada por ordem de chegada, sempre dando prioridade aos projetos anteriormente protocolados.

Assim que a análise da primeira versão do Projeto Básico é concluída, o ONS emite um Parecer de Análise de Conformidade do Projeto Básico, onde havendo necessidade de esclarecimentos ou revisão de documentos é solicitado à Transmissora. Com isso, a mesma deverá prestar os esclarecimentos ou revisar os documentos necessários para reapresentação do Projeto Básico ao ONS, que irá analisar e emitir uma revisão do seu parecer de análise. Esse processo se repetirá até que todos os pontos sejam esclarecidos.

Com o atendimento integral dos requisitos estabelecidos nos Anexos Técnicos dos Editais e nos Procedimentos de Rede o Projeto Básico o empreendimento estará apto a receber o Certificado de Conformidade do Projeto Básico (CCPB), concluindo assim essa etapa de implantação do empreendimento.

4.1.2 Projeto executivo

O projeto executivo é a fase de detalhamento de um projeto de implantação de um sistema de transmissão de energia elétrica, servindo como um guia de execução de obra. Ele complementa o projeto básico com especificações técnicas mais detalhadas, incluindo desenhos detalhados, cortes, elevações, materiais, cronogramas e orçamentos. Sua função é detalhar a forma de construir, garantindo que as premissas previstas no projeto básico sejam concretizadas com precisão e evitando erros durante a execução.

No caso das linhas de transmissão é a fase em que é feita a topografia, sondagem, medição de resistividade do solo, locação das estruturas, detalhamento das fundações, especificação detalhada dos sistemas de amortecimento, especificação detalhada dos sistemas de isoladores de ferragens, plano de lançamento e grampeamento de condutores e para-raios, detalhamento do sistema de aterramento etc.

No caso das subestações é feita a topografia, sondagem, medição de resistividade do solo, e são detalhados os arranjos e cortes das subestações, fundações dos equipamentos e estruturas eletromecânicas, elaboração da malha de terra, desenvolvimento do sistema de drenagem, elaboração do projeto de terraplenagem, projeto construtivo, paisagístico e arquitetônico das áreas da subestação e casa de comando (local onde é instalado toda infraestrutura de proteção, controle e telecomunicações da SE), projeto das cablagens de alimentação e controle dos equipamentos etc.

4.2 LICENCIAMENTO AMBIENTAL

O licenciamento ambiental é um processo fundamental para empreendimentos que possam causar impactos ambientais significativos ao meio ambiente. Ele é regulamentado por algumas leis específicas, como a Lei nº 6.938/1981, que estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), pela Resolução nº 237/1997 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e normas estaduais, que dão as diretrizes para o licenciamento. Esse processo é baseado em estudos específicos, tais como o Estudo de Impacto Ambiental (EIA), do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), Relatório Ambiental Simplificado (RAS), laudos ambientais etc. Esses documentos são analisados pelo órgão ambiental responsável, buscando garantir o desenvolvimento de forma sustentável.



Figura 4.3: Etapas do licenciamento ambiental (AMBIENS, 2025)

O processo de licenciamento de sistemas de transmissão de energia elétrica é dividido em três licenças básicas a prévia, de instalação e de operação.



Figura 4.4: Licenças ambientais básicas (AMBIENS, 2025)

A Licença Prévia (LP) é a primeira licença ambiental, sendo regulamentada pela Resolução CONAMA nº 237/1997 e por normas complementares dos órgãos ambientais federais (como IBAMA) e estaduais.

Tem como finalidade a verificação da viabilidade ambiental do empreendimento antes da sua implantação, através dos estudos de EIA/RIMA (Estudo e Relatório de Impacto Ambiental) ou RAS (Relatório Ambiental Simplificado), aprovando a localização e concepção do projeto, estabelecendo condicionantes que deverão ser cumpridas nas próximas fases (instalação e operação). Cabendo lembrar que para garantir a participação da sociedade e transparência, audiências públicas costumam ser realizadas.

A Licença de Instalação (LI) é uma etapa obrigatória do licenciamento ambiental, que ocorre após a emissão da Licença Prévia (LP) e antes da Licença de Operação (LO). Ela autoriza a implantação física do empreendimento, desde que atendidas as condicionantes ambientais.

Nesse momento os órgãos ambientais federal ou estadual analisam os projetos executivos das instalações e verificam a conformidade deles com a regulação existente, uma vez que o projeto tenha sua conformidade atestada, o órgão ambiental emite a LI e o empreendedor poderá iniciar as obras em campo.

A Licença de Operação (LO) é a última etapa do licenciamento ambiental. Ela autoriza o início da operação comercial do sistema (linhas e subestações), desde que todas as condicionantes da Licença de Instalação (LI) tenham sido cumpridas e os testes pré-operacionais realizados.

4.3 FUNDIÁRIO

A cada dia que passa as questões fundiárias se tornam mais significativas e impactantes nos empreendimentos de transmissão de energia elétrica. Com o aumento da ocupação do solo e a sinergia com as questões socioambientais tornaram os processos de negociação e regularização fundiária mais complexos. A regularização fundiária é essencial para garantir segurança jurídica e viabilizar a instalação de infraestrutura. Esse processo envolve a conformidade com a legislação, que inclui a constituição, o Código Civil e normas da ANEEL.

As linhas de transmissão fazem uso das faixas de servidão para a sua própria segurança, segurança das instalações do entorno, do público operacional (equipes de O&M) e público em geral, a faixa de uma linha é uma servidão administrativa de direito que permite a passagem da LT sem transferência da propriedade, mas com restrição de uso, tais como construção de edificações, cultivo de algumas culturas etc. Essa prática é fundamento legal na Constituição Federal no artigo 175, no Código de Águas, na Lei 8.987/95 e no Decreto-Lei 3.365/41.

O processo de negociação deve ser prévio e justo, tomando como base no valor da terra e nos impactos causados. Normalmente o valor da servidão varia entre 20% e 30% do valor da área afetada e do uso econômico do solo. Esse processo é desafiador pois muitas das vezes as linhas de transmissão passam por várias propriedades diferentes, sendo necessária uma negociação individualizada e muitas vezes a documentação da terra possui embrolhos jurídicos, que dificultam os processos de negociação e regularização, além das questões da resistência dos proprietários em autorizar a passagem da linha.

A Declaração de Utilidade Pública (DUP), que atualmente é regulada pela Resolução Normativa 919 de 2021 da ANEEL, é um instrumento jurídico que pode auxiliar o empreendedor no processo de negociação e regularização da faixa de servidão, principalmente quando a negociação é complexa e necessita de processo judicial para se chegar a uma solução.



Figura 4.5: Faixa de servidão de linhas de transmissão em Brasília (Google Earth, 2025)

No caso das subestações não se trata de servidão do solo e sim de uma aquisição conforme prevê o Código Civil, porém a negociação pode ser tão complexa quanto a das faixas de servidão das linhas e a DUP também é um instrumento utilizado para auxiliar o processo de aquisição.



Figura 4.6: Subestação Terminal Rio da State Grid (Haddad, 2025)

4.4 INSTALAÇÃO

Momento em que todo trabalho desenvolvido nas etapas anteriores começa a se materializar em campo. É onde os desafios logísticos começam a aumentar de porte, os desembolsos financeiros ficam mais volumosos e o controle físico-financeiro fica mais desafiador. Muitos dos empreendimentos de transmissão de energia elétrica são de grande porte, envolvendo centenas ou até milhares de trabalhadores em frentes de obra que trabalham em paralelo, em muitos casos os canteiros de obra dessas frentes ficam a centenas de quilômetros de distância um do outro, aumentando ainda mais a complexidade do controle geral da obra.

Em uma obra dessa magnitude existem atividades de diversas disciplinas, mas por uma questão de simplificação são divididas em três grandes áreas: civil, eletromecânica e elétrica. Assim sendo, ao longo desse item serão abordados os principais processos das áreas supracitadas, necessários para instalação de um empreendimento de transmissão de energia elétrica.

4.4.1 Obra Civil

A parte civil é literalmente a base de toda instalação em campo, dando as condições para que as demais áreas, eletromecânica e elétrica, possam ser desenvolvidas. Essa é uma área muito grande e segmentada, pensando nisso esse trabalho vai dividir essa etapa em 5 processos, eles são:

- 1) Terraplenagem;
- 2) Fundações;
- 3) Drenagem;
- 4) Obras arquitetônicas e paisagísticas;
- 5) Instalações especiais.

4.4.1.1 Terraplenagem

Terraplenagem é o processo de movimentar o solo com intuito de nivelar o terreno onde se deseja construir uma instalação, no presente caso uma subestação de energia elétrica. Então de posse do projeto de terraplenagem elaborado na etapa de projeto executivo, a equipe de construção com uso de maquinário apropriado fará os cortes, aterros, compactação e tudo que for necessário para nivelar o terreno de acordo com a especificação de projeto.



Figura 4.7: Execução de terraplenagem (ETS, 2025).

Durante a execução da terraplenagem podem ocorrer situações desafiadoras, tais como a dependência de condições climáticas favoráveis para desenvolver a atividade com qualidade e segurança, gerenciar o volume de terra no local de construção, falta de espaço e acesso adequado para o trabalho com máquinas pesadas, estabilidade do terreno próximo a encostas e taludes etc.

Assim sendo, a terraplenagem é fundamental para a estrutura do empreendimento e requer soluções precisas para enfrentar os desafios geotécnicos, ambientais e operacionais. É preciso um planejamento estratégico, tecnologias avançadas e gestão integrada, possibilitando que as obras sejam seguras, eficientes e sustentáveis.

4.4.1.2 Fundações

As fundações são elementos estruturais que transferem as cargas da estrutura para o solo, assegurando estabilidade e segurança. Seu projeto deve considerar as características do terreno, o tipo de estrutura e as condições de carregamento, pois a escolha correta do tipo de fundação é essencial para evitar falhas e garantir a durabilidade da obra.

Essa escolha da fundação adequada começa pela sondagem do terreno, que é uma investigação em campo que identifica características do terreno como a composição do solo, resistência mecânica e propriedades químicas, fornecendo dados essenciais para um projeto seguro e eficiente da fundação.

Então para atender às diferentes exigências do projeto, existem diversos tipos de fundação, como tubulão, sapata, estaca, estaca hélice contínua, bloco etc., cada uma adequada às condições específicas, conforme citado no parágrafo anterior.



Figura 4.8: Tipos comuns de fundação (IC, 2024)

Durante a execução das fundações, é comum surgirem situações não previstas no projeto, como encontrar um solo diferente do indicado na sondagem, presença inesperada de água ou até materiais de relevância arqueológica. Esses imprevistos exigem comunicação eficiente entre campo e escritório para que o projeto seja ajustado à realidade encontrada, além de um planejamento flexível e protocolos bem definidos para garantir soluções rápidas e seguras.

4.4.1.3 Drenagem

O projeto de drenagem é mais significativo nas subestações e tem como objetivo coletar, conduzir e descartar adequadamente as águas pluviais, prevenindo inundações e danos aos equipamentos. Envolve o dimensionamento de sistemas superficiais e subterrâneos, como canais, tubulações e, quando necessário, reservatórios de retenção, estações elevatórias ou sistemas de reaproveitamento. A drenagem é especialmente crítica em regiões com alta pluviosidade, sendo indispensável para garantir a segurança operacional e a eficiência da subestação.



Figura 4.9: Instalação de sistema de drenagem em terreno (NE, 2025)

Construir sistemas de drenagem em subestações envolve desafios como solos de baixa permeabilidade ou lençol freático elevado, exigindo soluções para evitar saturação. Em áreas de alta pluviosidade, é necessário dimensionar para chuvas intensas e eventos extremos. A restrição de espaço e a presença de outros sistemas complicam a instalação de canais e reservatórios. Além disso, é essencial garantir segurança elétrica, atender normas técnicas e requisitos ambientais. Custos e prazos também são críticos, pois soluções complexas e ajustes por imprevistos aumentam o investimento e o tempo de execução.

4.4.1.4 Obras arquitetônicas e paisagísticas

No aspecto arquitetônico, incluem edificações de apoio como salas de comando, guaritas e almoxarifados, projetadas para garantir praticidade, durabilidade e segurança. O paisagismo, por sua vez, contribui para o controle de poeira, redução de ilhas de calor e melhoria visual, utilizando materiais adequados que não interfiram nos equipamentos e facilitem a manutenção. Além disso, é essencial planejar acessibilidade, circulação interna, harmonização da subestação com o entorno urbano ou rural e minimizando impactos visuais. Essas soluções devem respeitar normas técnicas e critérios ambientais, assegurando que a infraestrutura seja eficiente e segura.

4.4.1.5 Instalações especiais

Este item é sobre as instalações especiais voltadas à proteção dos equipamentos e à preservação do meio ambiente. Entre elas, destacam-se paredes corta-fogo, sistemas de combate a incêndio, caixas separadoras de água e óleo e dispositivos de atenuação de ruídos, todos projetados para garantir a segurança operacional e reduzir impactos ambientais. Além disso, essas estruturas são fundamentais para atender às normas técnicas e aos requisitos regulatórios aplicáveis, assegurando conformidade e confiabilidade do sistema.

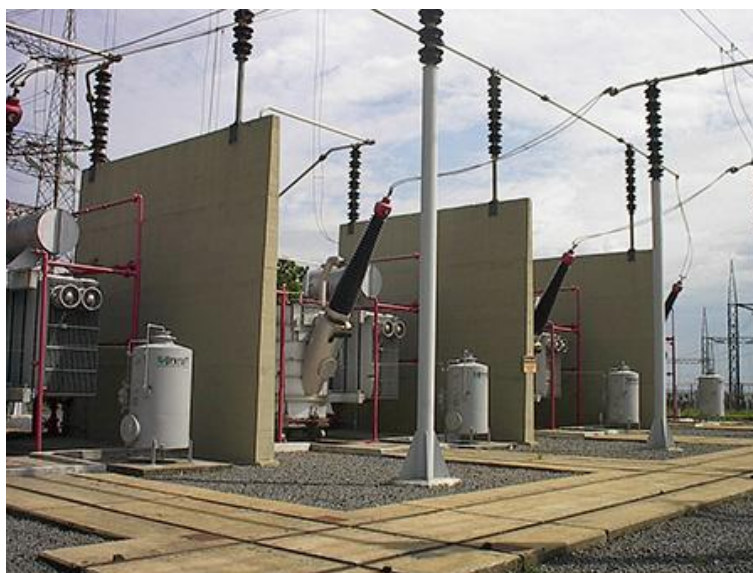


Figura 4.10: Parede corta-fogo e sistema de combate a incêndio (tubulação em vermelho)
(Arquivo Pessoal)

4.4.2 Montagem eletromecânica

A etapa de montagem eletromecânica é uma das mais extensas do projeto e geralmente mobiliza o maior contingente de profissionais, incluindo montadores, técnicos e engenheiros. É nesse momento que as estruturas eletromecânicas e os equipamentos são instalados, tornando a evolução do empreendimento mais visível e perceptível.

No caso das linhas de transmissão, essa etapa envolve a montagem das torres e seus acessórios, o lançamento dos cabos condutores e para-raios, a instalação dos sistemas de amortecimento, e a implantação da sinalização para segurança aérea, entre outras atividades. Todas essas tarefas exigem conhecimento técnico especializado e uma grande atenção para segurança laboral.



Figura 4.11: Montagem de torre de transmissão de energia (Castro, 2015)

Na montagem das subestações, são instalados os pórticos estruturais, são lançados os barramentos e montados os equipamentos, como transformadores, reatores, banco de capacitores, disjuntores, seccionadoras e outros. Essa fase requer a aplicação rigorosa de procedimentos normativos e protocolos de segurança, devido à necessidade de alinhamento dimensional, torque controlado, conexões elétricas de alta confiabilidade e outros cuidados. A precisão e a perícia empregadas são essenciais para assegurar a integridade operacional da instalação, garantindo desempenho adequado e conformidade com os requisitos técnicos e de segurança.



Figura 4.12: Montagem eletromecânica de subestação de energia (GEL, 2025)

É salutar dizer que o sistema de transmissão de energia elétrica é um ambiente compartilhado por diversos agentes. Nesse contexto, existem duas figuras principais: o Acessante, que se conecta a uma instalação já existente, e o Acessado, responsável pela instalação que está sendo acessada. Sempre que ocorre uma conexão em uma instalação existente, o Acessante deve seguir os padrões de engenharia estabelecidos pelo Acessado, conforme previsto nas Regras dos Serviços de Transmissão definidas pela ANEEL. Isso também se aplica nos casos de cruzamentos e seccionamentos entre linhas de transmissão, onde a nova LT que irá cruzar a linha existente deverá atender aos Procedimentos de Rede e padrões de engenharia da transmissora responsável da instalação a ser cruzada.

4.4.3 Instalações elétricas e operacionais

Essa etapa consiste na implantação da infraestrutura auxiliar, que é essencial para que as instalações do empreendimento de transmissão de energia elétrica funcionem corretamente. Em outras palavras, não se trata apenas das grandes estruturas, como torres e equipamentos de pátio, mas também de todos os sistemas que dão suporte ao funcionamento seguro e eficiente da subestação e linhas de transmissão.

Entre os principais itens dessa fase, destacam-se:

- Sistemas de aterramento: garantem a segurança elétrica, evitando riscos de choque e protegendo os equipamentos contra descargas elétricas.
- Cablagem de alimentação e controle: são os cabos que levam energia e sinais de comando para os equipamentos instalados no pátio da subestação.
- Fontes de alimentação para serviços auxiliares: fornecem energia para sistemas internos da subestação, como iluminação, ventilação e equipamentos de controle.
- Painéis de proteção e controle: responsáveis por monitorar e proteger os equipamentos contra falhas, além de permitir a operação segura.
- Sistema de telecomunicações: assegura a comunicação entre subestações e com os centros de operação, garantindo que tudo seja monitorado e controlado em tempo real.
- Outros itens complementares: tudo o que for necessário para garantir que a instalação funcione de forma confiável e segura.



Figura 4.13: Painéis na casa de comando da SE Jauru (Planova, 2025)

4.5 COMISSIONAMENTO

O comissionamento de instalações de transmissão de energia elétrica é um processo essencial para garantir a segurança, a confiabilidade e a conformidade das instalações antes de sua integração ao Sistema Interligado Nacional (SIN). Trata-se de uma etapa que envolve a verificação minuciosa da montagem física dos equipamentos, a execução de testes e ensaios, a validação dos sistemas de proteção e controle e a integração com a rede elétrica, seguindo rigorosamente as normas estabelecidas pela ANEEL e pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

4.5.1 Verificação da instalação

Inicialmente, verifica-se a instalação, assegurando que todos os componentes foram instalados conforme as especificações do projeto. Em seguida, são realizados testes e ensaios, como medições de resistência, testes de isolamento e verificações funcionais de operação mecânica e elétrica, garantindo que os equipamentos atendam aos requisitos técnicos. A etapa seguinte consiste na validação dos sistemas de proteção e controle, incluindo testes em relés e dispositivos de proteção, para confirmar os tempos de atuação, a redundância e a conformidade com os padrões dos Procedimentos de Rede. Após essa validação, procede-se à integração com a rede elétrica, realizando simulações operativas e testes de comunicação entre os sistemas de Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) e os centros de controle, assegurando a interoperabilidade e a confiabilidade do sistema.

Todos os resultados obtidos durante o comissionamento são devidamente registrados, formando um histórico técnico que comprova a conformidade regulatória e serve como referência para futuras manutenções. A importância desse processo é evidente: ele garante a segurança dos trabalhadores e do público, aumenta a confiabilidade do sistema de transmissão, assegura o atendimento às normas técnicas e regulatórias e confirma que os sistemas operam de forma eficiente e conforme o projeto.

4.5.2 Como-construído

O como-construído é um processo obrigatório para a integração das instalações de transmissão de energia elétrica ao Sistema Interligado Nacional (SIN). Ele consiste na obrigação dos Agentes de Transmissão de disponibilizarem, no Sistema de Gestão da Base de Dados das Instalações de Transmissão (SGBDIT), os documentos de projeto em sua revisão final, contendo as características das instalações conforme foram efetivamente construídas em campo.

A análise da conformidade das instalações, conforme efetivamente implantadas em campo, permite ao ONS verificar o atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos nos Procedimentos de Rede, nas normas técnicas vigentes e, quando aplicável, nos Editais de Leilão e seus respectivos Projetos Básicos. Dessa forma, as características das instalações implantadas devem estar em conformidade com as especificações do Projeto Básico, sempre que aplicável.

5. INTEGRAÇÃO DA NOVA INSTALAÇÃO NO SIN

A integração das instalações de transmissão ao Sistema Interligado Nacional (SIN) é um processo colaborativo que envolve interação entre os agentes e os principais órgãos do setor elétrico. O objetivo central desse processo é garantir a operação segura da nova instalação no SIN, atendendo aos requisitos e prazos estabelecidos pela regulamentação vigente, além de consolidar a parceria entre o Agente e o ONS.

Os principais documentos que orientam a integração são as Regras dos Serviços de Transmissão de Energia Elétrica – Módulo 3, Seção 3.2 e os Procedimentos de Rede – Submódulo 7.15. Onde ao longo do processo de integração o Agente vai obtendo os Termos de Liberação (TL), conforme previsto no Submódulo 7.15 dos Procedimentos de Rede e os tipos de TL são:

- Termo de Liberação para Teste (TLT): Autoriza o agente de transmissão a realizar, no período especificado, a Operação em Teste das Funções de Transmissão (FT) ou do Grupo de FT indicado.
- Termo de Liberação com Pendências (TLP): Autoriza a Operação Comercial com pendências não impeditivas das Funções de Transmissão (FT) ou do Grupo de FT indicado, desde que não haja pendências impeditivas.
- Termo de Liberação de Receita (TLR): Autoriza a liberação do recebimento de receita das Funções de Transmissão (FT) ou do Grupo de FT indicado, quando existirem Pendências Impeditivas de Terceiros ou de caráter sistêmico, desde que não haja Pendências Impeditivas próprias.
- Termo de Liberação Definitivo (TLD): Autoriza a Operação Comercial Definitiva das Funções de Transmissão (FT) ou do Grupo de FT indicado, desde que não existam pendências, concluindo assim o processo de integração.

Neste capítulo, o processo de integração será apresentado em três etapas: implantação do empreendimento, operação em teste e operação comercial, conforme o diagrama a seguir:

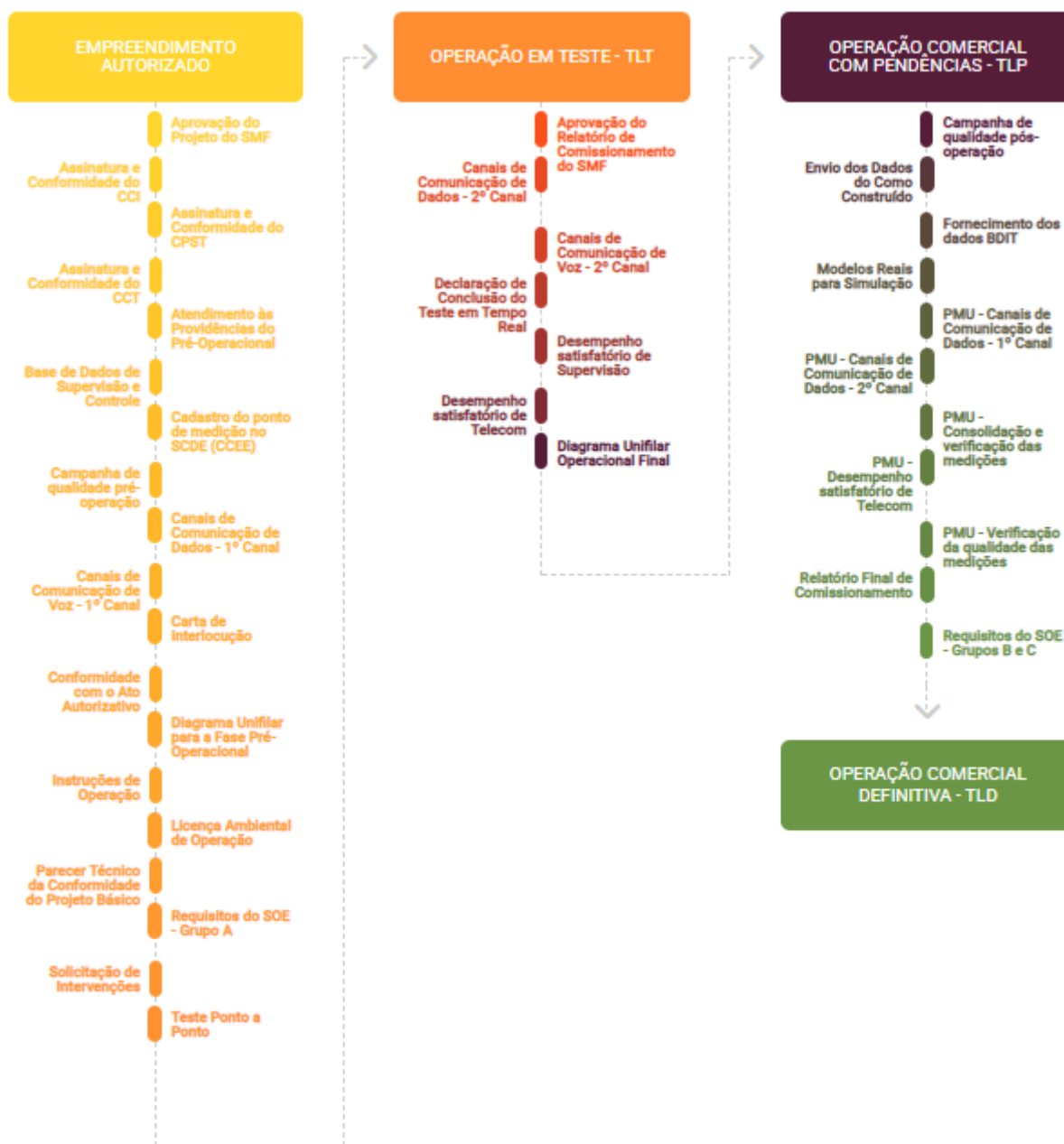


Figura 5.1: Diagrama do processo de integração (ONS, 2025)

O objetivo é apresentar uma breve descrição de cada item do diagrama da Figura 5.1, proporcionando uma compreensão geral do processo de integração de um empreendimento de transmissão de energia elétrica.

5.1 DURANTE A IMPLANTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O processo de integração tem início ainda durante a implantação do empreendimento, período em que o Agente deve atender a todos os requisitos estabelecidos até a solicitação de autorização para a Operação em Teste, por meio do pedido de TLT, conforme ilustrado na Figura 5.1. A seguir será apresentada uma descrição dos processos necessários para entrada em operação em teste:

Projeto e localização do Sistema de Medição para Faturamento (SMF) – O Sistema de Medição para Faturamento (SMF) é obrigatório em todas as subestações da Rede Básica que possuam equipamentos de fronteira com instalações de distribuição ou pontos de conexão de unidades geradoras. O projeto do SMF deve ser submetido à aprovação do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), enquanto a definição do ponto de medição deve ser validada pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). Esse sistema tem a função de quantificar, com precisão metrológica, os fluxos de energia elétrica provenientes da geração e os destinados à carga (distribuidoras de energia, clientes livres etc.), assegurando a conformidade regulatória e a confiabilidade nos processos de contabilização e liquidação.

Assinatura e conformidade do Contrato de Compartilhamento de Instalações (CCI) - Define as condições e responsabilidades técnicas e comerciais que regulamentam a conexão entre concessionárias de transmissão com equipamentos interdependentes. Seu objetivo é estabelecer procedimentos técnico-operacionais e responsabilidades comerciais e civis para o compartilhamento das instalações, apresentando de forma detalhada a relação dos equipamentos interdependentes da Rede Básica pertencentes a cada concessionária.

Assinatura e conformidade do Contrato de Prestação do Serviço de Transmissão (CPST) - É um contrato celebrado entre o ONS e as concessionárias de transmissão, que estabelece os termos e condições técnicos e comerciais para a prestação dos serviços de transmissão. Por meio do CPST, os agentes de transmissão comprometem-se a cumprir as diretrizes de administração e coordenação definidas pelo Operador, além de autorizar o ONS a representá-los perante os usuários da rede em assuntos relacionados ao uso do sistema. Essa representação inclui participação na celebração contratual, na gestão da apuração e da liquidação, e nos mecanismos de garantia financeira associados ao serviço.

Assinatura e conformidade do Contrato de Conexão às Instalações de Transmissão (CCT)

- Tem como objetivo definir as condições, procedimentos, responsabilidades técnico-operacionais e comerciais que regulamentam a conexão e o compartilhamento das instalações pertencentes às concessionárias de transmissão.

Atendimento às providências dos estudos pré-operacionais - Os estudos pré-operacionais conduzidos pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) consistem em análises detalhadas para assegurar a confiabilidade, a segurança operativa e a eficiência das novas instalações antes de sua conexão ao Sistema Interligado Nacional (SIN). Esses estudos abrangem aspectos como capacidade de carregamento, estabilidade eletromecânica, segurança das redes e integração sistêmica, utilizando modelos computacionais avançados para simular o comportamento do sistema em diferentes cenários operativos. A aprovação das providências geradas por esses estudos é requisito indispensável para a entrada em operação dos empreendimentos de transmissão

Sistema de supervisão e controle (Base de Dados e SOE) - Para a integração de novas instalações ou ampliações, os agentes devem disponibilizar ao ONS as informações de identificação dos equipamentos, conforme o padrão estabelecido nos Procedimentos de Rede, a fim de viabilizar a atualização e a validação das bases de dados dos sistemas de supervisão dos centros de operação. É igualmente imprescindível que os requisitos técnicos do *Sequence of Events Recorder* (SOE) sejam atendidos, visto que esse sistema é responsável por fornecer um registro detalhado e preciso de todas as alterações de estado (eventos), acompanhado de uma marca temporal (*timestamp*) de alta resolução, normalmente na ordem de milissegundos. Tal funcionalidade é essencial para o diagnóstico e a resolução de problemas, permitindo a análise das informações anteriores e posteriores à ocorrência de eventos críticos.

Campanha de qualidade pré-operação - A campanha de qualidade pré-operação do ONS consiste na obrigatoriedade de execução de um conjunto de testes e avaliações da qualidade de tensão antes da entrada em operação de determinados equipamentos. Essa etapa é mandatória e assegura que os equipamentos atendam aos padrões técnicos estabelecidos, garantindo sua integração segura e confiável ao Sistema Interligado Nacional (SIN).

Canais de comunicação (dados e voz) – Para a entrada em operação em teste, o empreendimento deve dispor, no mínimo, de um canal de dados e um canal de voz, assegurando a coleta das informações provenientes dos sistemas de monitoramento e supervisão das instalações, bem como a comunicação por voz entre os centros de operação do ONS e o Agente.

Carta de interlocução – Designa os interlocutores e os responsáveis pelos contatos dos agentes de operação para o relacionamento operacional com o ONS, abrangendo as atividades de Programação da Operação, Procedimentos Operativos, Integração de Obras, Autorrestabelecimento, Tempo Real, Apuração, Análise e Custos da Operação, Segurança Cibernética, Telecomunicações e Sistema de Supervisão e Controle, bem como a indicação do responsável pelo sistema de mensagens de texto.

Conformidade com o ato autorizativo - Documento no qual o agente declara a conformidade da instalação com o Contrato de Concessão, o Ato Autorizativo ou os Procedimentos de Rede. Eventuais ressalvas devem ser explicitadas, acompanhadas das respectivas justificativas e do prazo previsto para sua solução.

Diagrama unifilar pré-operacional - O diagrama unifilar pré-operacional é a representação gráfica do sistema elétrico antes de sua integração ao SIN, detalhando os equipamentos e as conexões entre as linhas de transmissão, as unidades de geração e as subestações. Esse documento é indispensável para a análise e aprovação da nova instalação pelo ONS, sendo exigido para assegurar que a operação do SIN ocorra de forma segura e eficiente, em conformidade com as regulamentações do setor.

Instruções de operação – são as instruções estabelecidas nos Procedimentos de Rede e no Manual de Procedimentos da Operação. Essas instruções definem os critérios para coordenação, supervisão e controle da operação da rede elétrica, visando garantir segurança e confiabilidade. Abrangem desde a operação em condições normais e situações de contingência até a gestão de cargas e regimes operativos especiais.

Licença ambiental de operação - Deve ser apresentada a licença de operação, ou documento equivalente, emitido pelo órgão ambiental competente, ou, alternativamente, informado que não há exigência dessa licença para a entrada em operação em teste, operação comercial com pendências ou operação comercial definitiva.

Parecer técnico da conformidade do projeto básico – Conforme mencionado anteriormente, o projeto básico corresponde aos estudos de engenharia que demonstram a conformidade das instalações licitadas com os Editais e os Procedimentos de Rede. Após a validação dessa conformidade, o ONS emite o Certificado de Conformidade do Projeto Básico (CCPB), requisito indispensável para a entrada em operação.

Solicitação de Intervenções – Toda conexão ou desconexão de instalações do SIN deve ser previamente coordenada com o ONS por meio do Sistema de Gestão de Intervenções (SGI), ferramenta responsável pelo acompanhamento e gerenciamento dos processos de manutenção e intervenção na rede de transmissão de energia elétrica. O processo compreende o registro das solicitações pelos agentes, a análise e programação pelo ONS, bem como o monitoramento da execução e da conclusão pela equipe do ONS, com o objetivo de assegurar a segurança e a eficiência do sistema elétrico.

Teste ponto a ponto - O teste ponto a ponto é um procedimento obrigatório destinado a assegurar a integração e a consistência dos dados entre novas instalações ou ampliações e os centros de controle do ONS. Esse teste verifica a comunicação e a funcionalidade dos sistemas de supervisão e controle, sendo essencial para a validação e a autorização da operação da instalação.

5.2 DURANTE A OPERAÇÃO EM TESTE

Após a conclusão da fase de implantação do empreendimento e o início da operação em teste, torna-se necessária a continuidade do processo de integração das instalações. Nesse contexto, apresenta-se a seguir a descrição dos procedimentos requeridos para a entrada em Operação Comercial com Pendências, etapa de elevada relevância para o empreendedor, pois marca o início do recebimento parcial da receita prevista no contrato de concessão.

Aprovação do relatório de comissionamento do SMF - O ONS analisa o relatório de comissionamento e, caso este não atenda ao disposto nos itens 1.5.4 e 1.5.7 do Submódulo 7.11 dos Procedimentos de Rede, solicita ao Agente responsável pelo SMF as adequações necessárias. Havendo ajustes a serem realizados, o Agente executa as ações corretivas no relatório de comissionamento do SMF e o reenvia para nova avaliação pelo ONS. Quando não houver pendências, o ONS aprova o relatório e registra a aprovação no sistema computacional específico da CCEE.

Canais de comunicação (dados e voz) – Para a entrada em operação comercial com pendências, o empreendimento deve dispor de dois canais de dados e dois de voz, assegurando a redundância de comunicação na coleta de informações provenientes dos sistemas de monitoramento e supervisão das instalações, bem como a comunicação por voz entre os centros de operação do ONS e o Agente.

Declaração de conclusão do teste em tempo real – O Agente deve apresentar documentação que comprove que os testes de operação em tempo real foram satisfatórios, atendendo aos requisitos dos Procedimentos de Rede.

Desempenho satisfatório do sistema de supervisão – O ONS calcula o $DRSC_{ij}$ para todos os SSCL que compõem a Rede de Supervisão, conforme definição do Submódulo 2.1 – Definição das redes do Sistema Interligado Nacional, e divulga os resultados por meio do relatório de Disponibilidade dos Recursos de Supervisão e Controle (DRSC), em conformidade com o Submódulo 6.11 – Manutenção e avaliação dos recursos de supervisão e controle. Esse relatório é disponibilizado aos agentes de operação e à Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) no site do ONS. A periodicidade de divulgação é mensal.

Desempenho satisfatório do sistema de telecomunicações – Com base nos registros de ocorrências, o ONS elabora o relatório de avaliação de desempenho dos serviços de telecomunicações, contendo as informações sobre indisponibilidade dos serviços que não atenderam aos requisitos de disponibilidade definidos no Submódulo 2.15 – Requisitos mínimos para telecomunicações. O relatório apresenta a lista dos circuitos individuais que compõem os serviços, bem como os indicadores de Disponibilidade Relativa dos Serviços de Telecomunicações (DRST), conforme o Submódulo 9.6 – Indicadores de desempenho dos sistemas de supervisão e controle e dos serviços de telecomunicações, e inclui os comentários pertinentes à apuração.

Diagrama unifilar operacional final – O diagrama unifilar operacional final é a representação gráfica do sistema elétrico após sua integração ao SIN, detalhando os equipamentos e as conexões entre as linhas de transmissão, as unidades de geração e as subestações. Esse documento é indispensável para a análise e aprovação da nova instalação pelo ONS, sendo exigido para assegurar que a operação do SIN ocorra de forma segura e eficiente, em conformidade com as regulamentações do setor.

5.3 DURANTE A OPERAÇÃO COMERCIAL COM PENDÊNCIA

Nesse estágio, o empreendimento alcança um marco relevante para o investidor: o início do recebimento parcial da receita prevista no contrato de concessão. Trata-se do último passo antes da obtenção do Termo de Liberação Definitiva (TLD), momento em que as instalações passam a atender integralmente aos requisitos para sua integração ao SIN, garantindo ao responsável o recebimento do valor total da Receita Anual Permitida (RAP). A seguir, são descritos os procedimentos finais para a integração de um novo empreendimento de transmissão de energia elétrica.

Campanha de qualidade pós-operação - A campanha de qualidade pós-operação do ONS consiste na obrigatoriedade de execução de um conjunto de testes e avaliações da qualidade de tensão após a entrada em operação de determinados equipamentos. Essa etapa é mandatória e assegura que os equipamentos atendam aos padrões técnicos estabelecidos, garantindo sua integração segura e confiável ao Sistema Interligado Nacional (SIN).

Envio de dados do Como Construído – Após a conclusão da implantação do empreendimento em campo, o empreendedor deve registrar no SGBDIT os documentos das instalações, conforme as características efetivamente implementadas. Esse procedimento está detalhado na seção 4.5.2.

Fornecimento dos dados BDIT - O Agente deve preencher a Base de Dados das Instalações de Transmissão de Energia Elétrica (BDIT) com um conjunto estruturado de informações técnicas e georreferenciadas das instalações que serão integradas.

Modelos reais de simulação - O Agente deve encaminhar ao ONS os modelos computacionais dos equipamentos implantados, devidamente parametrizados com os valores reais de campo, para utilização em simulações e estudos operativos.

PMU - Canais de comunicação de dados e seu desempenho – Os dois canais de comunicação de dados do sistema de *Phasor Measurement Units* (PMU) devem estar instalados e operando em conformidade com o nível de qualidade estabelecido no Submódulo 2.13 – Requisitos mínimos para Sistemas de Medição Sincronizada de Fasores dos Procedimentos de Rede.

PMU – Consolidação, verificação e qualidade das medições – Deve-se evidenciar que o sistema de PMU está funcionando a contento e que as medições estão de acordo com os padrões de qualidade previstos no Submódulo 2.13 – Requisitos mínimos para Sistemas de Medição Sincronizada de Fasores dos Procedimentos de Rede.

Relatório final de comissionamento - O Agente deve elaborar e encaminhar ao ONS, por meio eletrônico, o relatório final de comissionamento, utilizando como referência os modelos disponibilizados pelo ONS para cada tipo de instalação, conforme estabelecido no Submódulo 7.4 dos Procedimentos de Rede.

Sistema de supervisão e controle (SOE – Grupos B e C) - É igualmente imprescindível que os requisitos técnicos do *Sequence of Events Recorder* (SOE) sejam atendidos, visto que esse sistema é responsável por fornecer um registro detalhado e preciso de todas as alterações de estado (eventos), acompanhado de uma marca temporal (*timestamp*) de alta resolução, normalmente na ordem de milissegundos. Tal funcionalidade é essencial para o diagnóstico e a resolução de problemas, permitindo a análise das informações anteriores e posteriores à ocorrência de eventos críticos.

6. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou o processo adotado no Brasil para a expansão do sistema de transmissão de energia elétrica, destacando sua complexidade e importância estratégica. Trata-se de uma atividade estruturada que envolve diversas etapas, desde o planejamento até a integração das novas instalações ao SIN. O desenvolvimento desse processo exige a participação coordenada de múltiplas entidades, tanto públicas quanto privadas, cada qual com responsabilidades específicas. Além do aspecto econômico, há uma forte preocupação com a sustentabilidade, incorporando práticas que minimizam impactos ambientais e promovam a eficiência. Assim, o setor busca equilibrar crescimento, segurança operativa e responsabilidade socioambiental. Todo esse esforço conjunto contribui para um mercado sólido, competitivo e sustentável.

No texto ficou evidente o alto nível de profissionalismo e consolidação do mercado brasileiro de transmissão de energia elétrica. Trata-se de um setor estruturado, com processos bem definidos e rigorosamente regulados, garantindo transparência e eficiência. Esse modelo tem se destacado como referência para outros segmentos da economia nacional, demonstrando como planejamento e governança podem gerar resultados sólidos.

É evidente que há espaço para aprimorar os processos de expansão e desenvolver novos mecanismos que aumentem a resiliência do sistema de transmissão. Essa necessidade torna-se ainda mais relevante diante do cenário atual de transição energética e dos impactos das mudanças climáticas, que impõem desafios adicionais ao setor. Pensar em soluções inovadoras e práticas robustas é fundamental para garantir a continuidade, a segurança e a eficiência do fornecimento de energia elétrica no longo prazo.

Futuros estudos podem aprofundar a análise científica por trás dos leilões, avaliando modelos e critérios utilizados para definir os vencedores. Essa abordagem permitiria identificar oportunidades de aprimoramento nos mecanismos de seleção. Melhorias nesse processo têm potencial de aumentar a atratividade do setor, estimular a competitividade e reduzir riscos para os investidores.

Entre a etapa de planejamento e a integração das novas instalações ao SIN, existem inúmeras oportunidades de aprimoramento que podem ser exploradas. No entanto, tais aspectos não foram objeto de análise nesta dissertação, cujo foco principal foi oferecer uma visão geral sobre o tema. O objetivo foi consolidar os conceitos fundamentais e apresentar o contexto atual da expansão do setor de transmissão no Brasil. Em oportunidades futuras pode-se aprofundar nessas questões, contribuindo para a evolução contínua do processo.

REFERÊNCIAS

- [AMBIENS, 2025] Ambiens, **Consultoria ambiental**. Disponível em: <<https://www.ambiens.com.br/licenciamento-ambiental>>. Acessado em 21/11/2025.
- [ANEEL, 2024] ANEEL, **ANEEL participa da cerimônia de assinatura dos contratos do segundo Leilão de Transmissão de 2023**. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2024/aneel-participa-da-cerimonia-de-assinatura-dos-contratos-do-segundo-leilao-de-transmissao-de-2023>>. Acessado em 21/11/2025.
- [ANEEL, 2025] ANEEL, **ANEEL realiza Workshop de Esclarecimentos do Leilão de Transmissão 04/2025**. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2025/aneel-realiza-workshop-de-esclarecimentos-do-leilao-de-transmissao-04-2025>>. Acessado em 24/11/2025.
- [BARROSO, 2016] BARROSO, L. A., **Planejamento da Expansão da Transmissão**, Workshop on Power Transmission Business in Brazil, ANEEL/APEX-Brasil, São Paulo, 10 de Novembro de 2016.
- [B3, 2024] B3, **ANEEL realiza leilão de transmissão na B3**. Disponível em: <https://www.b3.com.br/pt_br/noticias/leiloes-8AA8D0CC91FA49620192346D55AC7285.htm>. Acessado em 21/11/2025.
- [CARDOSO, 2018] Cardoso, I.P., **Efeitos da Representação da Rede em Estudos de Extinção de Arco Secundário em Linhas de Transmissão de Potência Natural Elevada**, dissertação, UNIFEI, 2018.
- [CASTRO, 2015] Catro, F.D.M., **Segurança do trabalho na construção de linhas de transmissão na montagem manual de torres autoportantes**. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/seguran%C3%A7a-do-trabalho-na-constru%C3%A7%C3%A3o-de-linhas-manual-magri-castro/>>. Acessado em 11/4/2025.
- [Doc.news, 2022] Doc.news, **Subestação Caxias completa 20 anos de operação**. Disponível em: <<https://portaldocnews.com.br/2022/02/21/1677/>>. Acessado em 11/4/2025.

- [EIXOS, 2025] Eixos, **Governo nomeia servidores para agências reguladoras, incluindo Aneel e Antaq**. Disponível em: <<https://eixos.com.br/energia-eletrica/governo-nomeia-servidores-para-agencias-reguladoras-incluindo-aneel-e-antaq/>>. Acessado em 21/11/2025.
- [EPE, 2022] EPE, **Planejamento da Transmissão**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/areas-de-atuacao/energia-eletrica/planejamento-da-transmissao>>. Acessado em 11/07/2025.
- [EPE, 2024] EPE, **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 20 anos**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>>. Acessado em 24/11/2025.
- [EPE, 2025] EPE, **Programa de Expansão da Transmissão (PET) / Plano de Expansão de Longo Prazo (PELP) Ciclo 2025 – 1º Semestre**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/programa-de-expansao-da-transmissao-pet-plano-de-expansao-de-longo-prazo-pelp-ciclo-2025-1-semester>>. Acessado em 24/11/2025.
- [ETS, 2025] ETS, **Fotos de portfólio da ETS Marques Group**. Disponível em: <<https://www.etsmarques.com.br/>>. Acessado em 21/11/2025.
- [GEL, 2025] GEL Engenharia, **Fotos de portfólio da GEL Engenharia**. Disponível em: <<https://www.gel-eng.com.br/area-de-atuacao/subestacao/>>. Acessado em 21/11/2025.
- [HADDAD, 2025] Haddad.R, **Publicação no LinkedIn**. Disponível em: <https://www.linkedin.com/posts/ramon-haddad-65b73118b_hoje-eu-tomo-a-liberdade-de-enfatizar-uma-activity-7325156637210505216-h0d5/?originalSubdomain=pt>. Acessado em 21/11/2025.
- [IC, 2024] Instituto da Construção, **Os 9 principais tipos de fundações: entenda suas especificidades e como escolher a melhor opção para seu projeto**. Disponível em: <<https://www.institutodaconstrucao.com.br/blog/os-9-principais-tipos-de-fundacoes/>>. Acessado em 21/11/2025.
- [NE, 2025] NE, **Fotos de portfólio da Nova Era Drenagem**. Disponível em: <<https://novaeradrenagem.com.br/>>. Acessado em 21/11/2025.

-
- [ONS, 2013] ONS, **Diretrizes para a Elaboração de Projetos Básicos para Empreendimentos de Transmissão – Estudos Elétricos, Especificação das Instalações, de Equipamentos e de Linhas de Transmissão**, 2013.
- [ONS, 2020] ONS, **Submódulo 2.7 dos Procedimentos de Rede – Requisitos mínimos para linhas de transmissão**, Revisão 2020.12, 08/12/2020.
- [ONS, 2025] ONS, **Integração de instalação de transmissão**. Disponível em: <<https://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/integracao-de-novas-instalacoes/transmissao>>. Acessado em 21/11/2025.
- [PLANOVA, 2025] Planova, **Fotos de portfólio da Planova**. Disponível em: <<https://www.planova.com.br/obra/obra-0456-subestacao-jauru-e-cuiaba/>>. Acessado em 21/11/2025.
- [SANTIAGO, 1983] Santiago, N.H.C, **Linhas Aéreas de Transmissão**, brochura, COPPE/UFRJ, 1983.
- [TCU, 2025] TCU, **Portal de notícias do TCU**. Disponível em: <<https://portal.tcu.gov.br/imprensa/noticias/sessoes-presenciais-com-transmissao-ao-vivo>>. Acessado em 21/11/2025.
- [VISACRO, 2005] Visacro, S., **Descargas Atmosféricas: Uma Abordagem de Engenharia**, livro, Artliber Editora Ltda, São Paulo, 2005.
