

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
PROJETO DE GRADUAÇÃO**



**ALICE MONTEIRO GOMES**

**DESENVOLVIMENTO DE PLANO DE MANUTENÇÃO  
PARA TRANSMISSORA SEGUNDO A RESOLUÇÃO  
NORMATIVA Nº 669/2015, INCORPORADA AO MÓDULO 4  
DAS REGRAS DE TRANSMISSÃO**

VITÓRIA – ES  
2021

ALICE MONTEIRO GOMES

**DESENVOLVIMENTO DE PLANO DE MANUTENÇÃO PARA  
TRANSMISSORA SEGUNDO A RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº  
669/2015, INCORPORADA AO MÓDULO 4 DAS REGRAS DE  
TRANSMISSÃO**

Parte manuscrita do Projeto de Graduação do aluno **Alice Monteiro Gomes**, apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheira Eletricista.

Orientadora: Profa. Dra. Jussara Farias Fardin

ALICE MONTEIRO GOMES

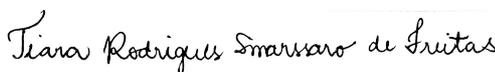
**DESENVOLVIMENTO DE PLANO DE MANUTENÇÃO PARA  
TRANSMISSORA SEGUNDO A RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº  
669/2015, INCORPORADA AO MÓDULO 4 DAS REGRAS DE  
TRANSMISSÃO**

Parte manuscrita do Projeto de Graduação do aluno **Alice Monteiro Gomes**, apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheira Eletricista.

Aprovada em 18 de agosto de 2021.

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

  
\_\_\_\_\_  
**Profa. Dra. Jussara Farias Fardin**  
**Orientadora**

  
\_\_\_\_\_  
**Profa. Dra. Tiara Rodrigues Smarssaro de Freitas**  
**Examinadora**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Walbermark Marques dos Santos**  
**Examinador**

A Deus, minha família e amigos pelo apoio.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pela minha vida e por me permitir alcançar meus objetivos durante todos os meus anos de estudos.

Agradeço aos meus pais, Gildo (*in memorian*) e Patrícia, que me incentivaram nos momentos difíceis e compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste trabalho; e à minha irmã, Clara, por me inspirar nesta profissão. Sem vocês teria sido impossível chegar até aqui. Agradeço também a todos os meus familiares por me apoiarem e acreditarem em mim.

Aos meus amigos que caminharam ao meu lado, agradeço por tê-los comigo, pois fizeram com que essa jornada fosse muito mais leve. Isto foi indispensável para que eu chegasse até aqui.

Agradeço à professora Jussara, por ter aceitado ser minha orientadora e ter desempenhado tal função com dedicação e amizade.

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia Elétrica, por contribuírem na minha formação. E, finalmente, agradeço à Universidade Federal do Espírito Santo pelo ensino público, gratuito e de qualidade.

## RESUMO

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) fiscaliza a prestação dos serviços e das instalações de energia elétrica que compõem o grande sistema de geração e transmissão de energia elétrica do Brasil. Para isso, em 2015, foi publicada a Resolução Normativa Nº 669, que estabelece os Requisitos Mínimos de Manutenção das instalações de transmissão e determina que o agente deve utilizar a ferramenta chamada Sistema de Acompanhamento da Manutenção.

Como forma de incentivo ao atendimento aos Requisitos Mínimos de Manutenção e utilização da ferramenta citada, foram estabelecidos benefícios, garantidos por outra resolução normativa, a Nº 729, publicada em 2016, que determina isenções no cálculo da indisponibilidade de equipamentos, e, conseqüentemente, resulta em descontos financeiros.

Este trabalho apresenta um projeto de graduação no Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Espírito Santo. O projeto consiste na prática da implementação do plano de manutenção para uma instalação de transmissão, seguindo os requisitos mínimos estabelecidos na Resolução Normativa Nº 669 da Agência Nacional de Energia Elétrica, de 14 de julho de 2015; integração desse plano ao Sistema de Acompanhamento da Manutenção, de forma a serem obtidos os benefícios dispostos na Resolução Normativa Nº 729, de 28 de junho de 2016, da ANEEL; desenvolvendo, assim, um guia com as principais orientações para a correta interpretação das regras e utilização da ferramenta.

## **ABSTRACT**

The National Electric Energy Agency (ANEEL) oversees the provision of electricity services and installations that make up the large electricity generation and transmission system in Brazil. For that purpose, in 2015, Normative Resolution No. 669 was published, which establishes the Minimum Maintenance Requirements for transmission facilities and determines that the agent must use the tool called Maintenance Monitoring System.

As a way to encourage the agent to comply with the Minimum Maintenance Requirements and use the aforementioned tool, benefits were established, guaranteed by another normative resolution, No. 729, published in 2016, which determines exemptions in the calculation of unavailability of equipment, and, consequently, results in financial discounts.

The current paper presents a graduation project in Electrical Engineering at the Federal University of the State of Espírito Santo. The goal of this work is to build a maintenance plan for a electrical transmission plant, following the minimum requirements established by the Brazilian Electricity Regulatory Agency in the Normative Resolution No. 669 of July 14, 2015. In addition, this plan will be integrated into the Maintenance Monitoring System, in order to obtain the benefits provided by ANEEL in the Normative Resolution No. 729, of June 28, 2016.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Sistema de Acompanhamento da Manutenção.....	29
Figura 2 – Diagrama de blocos das etapas do trabalho .....	33

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 – Matriz Elétrica Brasileira de 2020.....	13
---	----

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Disposição dos equipamentos principais e complementares das FTs .....	19
Quadro 2 – Periodicidade máxima das AMMs para transformadores de potência e autotransformadores .....	22
Quadro 3 – Periodicidade máxima das AMMs para reatores de potência.....	22
Quadro 4 – Padrão de frequência de Outros Desligamentos e fatores $K_O$ e $K_P$ .....	27
Quadro 5 – Plano finalizado .....	37

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABEEólica	Associação Brasileira de Energia Eólica
AMM	Atividade Mínima de Manutenção
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CR	Controle de Reativo
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FT	Função Transmissão
GVO	Grande Volume de Óleo
LT	Linha de Transmissão
MG	Módulo Geral
MME	Ministério de Minas e Energia
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PB	Pagamento Base
PV	Parcela Variável
PVA	Parcela Variável por Atraso na Entrada em Operação
PVI	Parcela Variável por Indisponibilidade
PVO	Pequeno Volume de Óleo
PVRO	Parcela Variável por Restrição Operativa
RAD	Relatório de Avaliação de Desempenho de Manutenção
RAP	Receita Anual Permitida
REN	Resolução Normativa
RBT	Rede Básica de Transmissão
RMM	Requisito Mínimo de Manutenção
SAM	Sistema de Acompanhamento de Manutenção
SIN	Sistema Interligado Nacional
TR	Função Transformação
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo

## LISTA DE SÍMBOLOS

D	Número de dias
DROC	Duração de uma Restrição Operativa de Curta Duração
DROL	Duração de uma Restrição Operativa de Longa duração
$K_O$	Fator Multiplicador para Outros Desligamentos
$K_P$	Fator Multiplicador para Desligamentos Programados
NO	Número de Outros Desligamentos
NP	Número de Desligamentos Programados
NRL	Número de Restrições Operativas de Longa Duração no Mês
NRC	Número de Restrições Operativas de Curta Duração no Mês
PADP	Período Associado a Desligamento Programado
PADP	Período Associado a Outro Desligamento
ROC	Redução Proporcional da Capacidade Operativa de Curta Duração
ROL	Redução Proporcional da Capacidade Operativa de Longa Duração
SF6	Hexafluoreto de Enxofre

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1	Justificativa.....	16
1.2	Objetivos .....	17
1.2.1	Objetivo Geral.....	17
1.2.2	Objetivos Específicos .....	17
1.3	Estrutura do trabalho .....	18
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
2.1	Função Transmissão .....	19
2.2	REN 669/2015 da ANEEL .....	20
2.2.1	Manutenção Preventiva e Preditiva .....	20
2.2.2	Subestações .....	20
2.2.3	Transformadores de Potência e Autotransformadores.....	21
2.2.4	Reatores de Potência .....	22
2.2.5	Disjuntores .....	23
2.2.6	Chaves Seccionadoras.....	23
2.2.7	Transformadores para Instrumento e Para-Raios.....	24
2.2.8	Linhas de Transmissão.....	25
2.3	Desligamentos, Indisponibilidades e Parcela Variável .....	25
2.3.1	Parcela Variável por Atraso na Entrada em Operação.....	25
2.3.2	Parcela Variável por Restrição Operativa.....	26
2.3.3	Parcela Variável por Indisponibilidade.....	26
2.4	Relatório da Avaliação de Desempenho da Manutenção (RAD).....	28
2.5	Sistema de Acompanhamento da Manutenção.....	29
2.6	REN 729/2016 da ANEEL .....	30
2.7	Alterações nas Resoluções .....	31
2.7.1	Regras dos Serviços de Transmissão de Energia Elétrica .....	31
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA E ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>32</b>
3.1	Metodologia.....	32
3.2	Etapas de Desenvolvimento .....	32
3.2.1	1ª Etapa: Estudo .....	33
3.2.2	2ª Etapa: Esboço do Plano .....	34
3.2.3	3ª Etapa: Inserção do plano no SAM .....	35

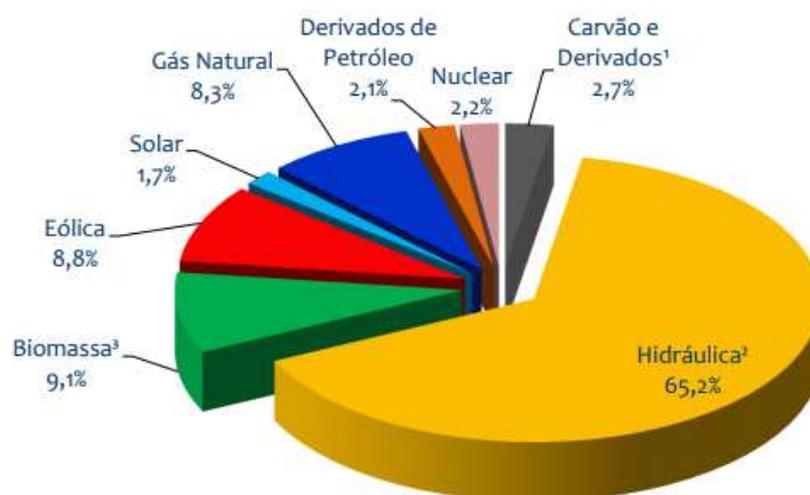
3.2.4 4ª Etapa: Ajuste do plano.....	35
<b>4 PLANO FINALIZADO .....</b>	<b>37</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>41</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>43</b>

# 1 INTRODUÇÃO

O sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil, denominado Sistema Interligado Nacional (SIN), é um sistema hidro-termo-eólico de grande porte, com predominância de usinas hidrelétricas. É constituído por quatro subsistemas: Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e a maior parte da região Norte (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO, 2020b).

A capacidade instalada de geração do SIN é composta, em sua maioria, por usinas hidrelétricas distribuídas em dezesseis bacias hidrográficas nas diferentes regiões do país. Nos últimos dez anos, a instalação de usinas eólicas, principalmente nas regiões Nordeste e Sul, apresentou um forte crescimento. Só em 2018, foram instalados 75 novos parques eólicos no Brasil (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA, 2018). Por outro lado, as usinas térmicas desempenham um importante papel no SIN, pois são as principais responsáveis pelo suprimento de energia elétrica nas regiões isoladas do sistema (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO, 2020b). No Gráfico 1, pode-se observar as diferentes fontes que constituíram a Matriz Elétrica Brasileira no ano de 2020.

Gráfico 1 – Matriz Elétrica Brasileira de 2020



Fonte: EPE (2021).

Nota: <sup>1</sup> Inclui gás de coqueria, gás de alto forno, gás de aciaria e alcatrão

<sup>2</sup> Inclui importação

<sup>3</sup> Inclui lenha, bagaço de cana, lixívia, biodiesel e outras fontes primárias

A existência de um sistema elétrico interconectado por meio da malha de transmissão, chamada Rede Básica de Transmissão (RBT) propicia a transferência de energia entre subsistemas e o atendimento ao mercado com segurança e economia, além de explorar a diversidade da matriz elétrica brasileira (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO, 2020b).

A Constituição brasileira estabelece que a venda de energia elétrica pode ser realizada tanto pelo Governo Federal, quanto por outros agentes públicos ou por empresas privadas, através da outorga de concessões, permissões e autorizações. Por meio de delegação do Ministério de Minas e Energia (MME), o processo de licitação das concessões para as transmissoras está sob responsabilidade da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), órgão regulador do setor elétrico no país instituído pela Lei Nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996 (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2017; BRASIL, 1996).

As transmissoras recebem uma remuneração, chamada Receita Anual Permitida (RAP), pela prestação do serviço público de transmissão de energia elétrica. No caso de agentes que foram licitados, este valor é obtido como resultado do próprio leilão de transmissão e é pago às transmissoras a partir da data de entrada em operação comercial de suas instalações e revisado a cada quatro ou cinco anos, em consonância com os contratos de concessão (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015a).

A coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica do SIN é atribuição do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), pessoa jurídica de direito privado. Neste contexto, o ONS tem a responsabilidade de operar o SIN de forma otimizada, visando o menor custo para o sistema, observados os padrões técnicos, os critérios de confiabilidade determinados nos Procedimentos de Rede, elaborados com a participação dos agentes; garantir que todos os agentes do setor elétrico tenham acesso à rede de transmissão sem discriminação de qualquer natureza; contribuir, com suas atividades, para que a expansão do SIN se faça ao menor custo e vise às melhores condições de operação futuras (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO, 2020a).

O ONS atua sob regulação e fiscalização da ANEEL, que fica responsável por aprovar seu orçamento anual e os Procedimentos de Rede (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO, 2020a). Entre outras atribuições da ANEEL, consta fiscalizar a prestação dos

serviços e instalações de energia elétrica e aplicar as penalidades regulamentares e contratuais; cumprir e fazer cumprir as disposições dos contratos de concessão ou de permissão; estimular a melhoria do serviço prestado e zelar, direta e indiretamente, pela sua boa qualidade. A fiscalização e regulação da ANEEL têm a finalidade de garantir a prestação de serviços de qualidade (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2019a). O descumprimento dos agentes às normas e leis do setor elétrico é passível de punição, conforme regido pela Resolução Normativa (REN) Nº 846 da ANEEL, de 11 de junho de 2019. As punições podem ser apenas advertência, multas ou até a cassação da concessão (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2019a).

No Submódulo 6.9 dos seus Procedimentos de Rede, intitulado “Acompanhamento de Manutenção de Equipamentos e Linhas de Transmissão”, o ONS estabelece seus métodos para supervisão do processo de manutenção dos equipamentos e linhas de transmissão integrantes da RBT. Segundo este módulo, o agente tem a responsabilidade de estabelecer a política, o planejamento e a técnica de execução da manutenção, e deve também disponibilizar para o ONS o plano de manutenção desenvolvido por meio do Sistema de Acompanhamento da Manutenção (SAM). Os planos de manutenção cadastrados no SAM pelas transmissoras devem abranger os Requisitos Mínimos de Manutenção (RMMs) estabelecidos pela ANEEL na REN 669, de 14 de julho de 2015. Será por meio do SAM que o ONS verificará possíveis desvios na gestão da manutenção dos agentes, e encaminhará um relatório para a ANEEL para o cálculo dos indicadores de desempenho de equipamentos e linhas de transmissão na perspectiva da manutenção, como taxa de desligamento forçado, a serem definidos no Referencial Teórico deste trabalho (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO, 2021a).

A REN 729, da ANEEL, de 28 de junho de 2016, estabelece as disposições relativas à qualidade do serviço público de transmissão de energia elétrica associada à disponibilidade e à capacidade operativa de Funções Transmissão (FT), como são chamados os conjuntos de instalações e equipamentos com este fim. Em tal resolução, ficam estabelecidos os três tipos de Parcela Variável (PV), valor calculado mensalmente e deduzido do duodécimo da RAP, definido como Pagamento Base (PB), devido à não prestação de serviço adequado (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2016; AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2019b). Pode ser dos tipos: Parcela Variável por Atraso na Entrada em Operação (PVA), quando ocorrer atraso na entrada em operação da FT em questão; Parcela Variável por

Indisponibilidade (PVI), quando ocorrer desligamentos programados ou outros desligamentos na FT; ou Parcela Variável por Restrição Operativa (PVRO), em caso de restrição da capacidade de operação da referida FT. Independentemente do tipo de PV, quanto maior o período de em que a FT não se encontra disponível, ainda que por motivos de manutenção preventiva, maior será o valor da PV a ser deduzido (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2016).

Desta forma, no presente trabalho, apresentar-se-á um desenvolvimento do plano de manutenção para uma instalação de transmissão de pequeno porte que atenda os RMMs da REN 669/2015 considerando as disposições da REN 729/2016.

### **1.1 Justificativa**

Entre as responsabilidades dos agentes de transmissão definidas no Submódulo 6.9 dos Procedimentos de Rede do ONS, está a de planejar as manutenções durante a vida útil dos equipamentos e linhas de transmissão integrantes da RBT (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO, 2021a).

As manutenções devem abranger os RMMs estabelecidos na REN 669/2015. Esta resolução salienta também que as atividades e periodicidades estabelecidas nos RMMs não constituem o conjunto completo de atividades necessárias à manutenção da FT, mas, sim, o mínimo aceitável na perspectiva regulatória. Fica sob responsabilidade da transmissora estabelecer o plano de manutenção das instalações sob sua concessão com base nas normas técnicas e nos manuais dos fabricantes dos equipamentos (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015b). Na literatura, Vasconcelos, Júnior e Freitas (2007) ressaltam que, caso o agente ache necessário adicionar atividades ao plano, este não é proibido, porém, deve arcar com os custos da indisponibilidade de sua FT, refletidos na dedução da PV na RAP.

Quando uma FT fica indisponível, seja por redução da capacidade operativa ou por impossibilidade de utilização para manobra ou operação, o ONS quantifica o tempo, informado pelo agente, entre o início e o término desta indisponibilidade, e o utiliza para o cálculo da PV, que será detalhado mais a frente neste documento. Porém, tendo-se conhecimento sobre a REN 729/2016, podem ser obtidos benefícios, como isenções totais ou parciais da PV calculada.

Essas isenções dependerão, principalmente, da boa gestão dos planos de manutenção da empresa, pois, para tal, o ONS considera apenas os desligamentos programados com antecedência. Em caso de outros desligamentos, haverá desconto de PV na RAP (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2016). Esses benefícios serão abordados com mais clareza nos Referenciais Teóricos.

Mensalmente, utilizando as informações inseridas pelos agentes no SAM, o ONS gera o Relatório de Avaliação de Desempenho de Manutenção (RAD), que contém indicadores que avaliam a disponibilidade, a indisponibilidade para manutenção programada ou forçada, a taxa de desligamento forçado, a taxa de falhas e o tempo médio de reparo. Nesses critérios, o agente pode ser classificado como normal, alerta ou insatisfatório (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO, 2021b).

A partir dos pontos abordados, é possível perceber a relevância da boa gestão de manutenção tanto para uma transmissora, que pode ter seu ônus diminuído, quanto para toda a RBT, cuja qualidade do serviço de transmissão tende a aumentar. Percebe-se, também, a importância de ter conhecimento a respeito das resoluções que regem os serviços de transmissão. É comum observar que muitos agentes desconhecem tais normas e, portanto, não colhem os benefícios oferecidos.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

O principal objetivo deste trabalho é apresentar um plano de manutenção implementado e inserido no SAM, obedecendo aos critérios estabelecidos nas REN 669/2015 de forma que sejam obtidos os benefícios previstos na REN 729/2016.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

A fim de alcançar o objetivo geral, têm-se os seguintes objetivos específicos:

- Desenvolver um estudo minucioso sobre as RENs 669/2015 e 729/2016, da ANEEL, e difundir o seu conhecimento e importância no setor elétrico;
- Implementar um plano de manutenção que:
  - Assegure o bom funcionamento das subestações e linhas de transmissão;

- Permita a prestação de um serviço público de transmissão de qualidade;
- Sirva de exemplo para outros agentes aplicarem em suas instalações.

### **1.3 Estrutura do trabalho**

De forma a alcançar os objetivos propostos a seção 1.2, o presente trabalho está organizado em 4 capítulos.

No Capítulo 2, foi abordada a revisão bibliográfica, necessária para o desenvolvimento deste trabalho, sobre a REN 669/2015 e conceitos envolvendo manutenção de ativos de transmissão de energia elétrica.

O Capítulo 3 apresenta a metodologia do projeto, na qual são apresentados os recursos necessários para o desenvolvimento do plano de manutenção, que é exposto em 4 etapas neste mesmo capítulo.

No Capítulo 4, encontra-se o resultado final obtido, sendo este o plano finalizado.

O Capítulo 5 aborda as considerações finais, incluindo uma síntese do que foi realizado no trabalho, trazendo conclusões, considerações e sugestões para possíveis trabalhos futuros.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Função Transmissão

Nas RENs da ANEEL, encontra-se frequentemente o termo Função Transmissão. A FT é definida como o conjunto de instalações funcionalmente dependentes na finalidade da apuração da prestação de serviços de transmissão, compreendendo o equipamento principal e os complementares (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2019b). No Quadro 1, extraído da REN 853, de 13 de agosto de 2019, estão dispostos os equipamentos principais e complementares das FTs.

Quadro 1 – Disposição dos equipamentos principais e complementares das FTs

FUNÇÃO TRANSMISSÃO (FT)	EQUIPAMENTO PRINCIPAL	EQUIPAMENTOS COMPLEMENTARES
LINHA DE TRANSMISSÃO (LT)	Linha de Transmissão	Equipamentos das entradas de LT, reator em derivação, equipamento de compensação série não manobráveis sob tensão a ela conectados e aqueles associados ao equipamento principal
TRANSFORMAÇÃO (TR)	Transformador de potência e conversor de frequência	Equipamentos de conexão, limitadores de corrente e de aterramento de neutro, reguladores de tensão e defasadores, e demais equipamentos associados ao equipamento principal
CONTROLE DE REATIVO (CR)	Reator em derivação e compensador série manobráveis sob tensão, banco de capacitor, compensador síncrono e compensador estático	Equipamentos de conexão e transformador de potência e aqueles associados ao equipamento principal
MÓDULO GERAL (MG)	Malha de aterramento, terreno, sistemas de telecomunicações, supervisão e controle comuns ao empreendimento, cerca, terraplenagem, drenagem, grama, embritamento, aruamento, iluminação do pátio, proteção contra incêndio, sistema de abastecimento de água, esgoto, canaletas, acessos, edificações, serviços auxiliares, área industrial, sistema de ar comprimido comum às funções, transformador de aterramento e de potencial e reator de barra não manobrável sob tensão, e equipamentos de interligação de barra e barramentos	Equipamentos de conexão e aqueles associados ao equipamento principal

Fonte: ANEEL (2019b).

## 2.2 REN 669/2015 da ANEEL

A REN 669/2015 da ANEEL estabelece os Requisitos Mínimos de Manutenção, que são as atividades mínimas de manutenção (AMM) preditiva e preventiva, com suas periodicidades para as seguintes famílias de equipamentos: transformadores de potência e autotransformadores, reatores de potência, banco de capacitores paralelos, disjuntores, chaves seccionadoras, transformadores para instrumentos, para-raios e linhas de transmissão (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015b).

Quanto à periodicidade, de acordo com a REN 669/2015:

As manutenções preventivas só poderão ser realizadas em intervalos superiores aos estabelecidos neste plano quando forem adotadas técnicas de manutenção baseadas na condição ou na confiabilidade. Neste caso, deverá ser apresentado laudo técnico que aponte a condição do equipamento que justifique a postergação da manutenção preventiva baseada no tempo (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015b, p. 5).

### 2.2.1 Manutenção Preventiva e Preditiva

De Almeida (2007) caracteriza manutenção preventiva como aquela cujas tarefas se baseiam em tempo gasto ou horas operacionais do equipamento. Já para manutenção preditiva, ele escreve que a premissa é que o monitoramento regular do rendimento operacional e de outros indicadores da condição operativa dos equipamentos fornecerão os dados necessários para se quantizar o espaço de tempo máximo entre os reparos.

### 2.2.2 Subestações

De acordo com a REN 669/2015, devem ser realizadas as seguintes atividades de manutenção preditiva em subestações (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015b):

- Inspeções termográficas nos equipamentos e em suas conexões, sendo realizadas a cada seis meses, no mínimo; e
- Ensaios do óleo isolante dos equipamentos. Para esta atividade, a periodicidade é definida para cada família de equipamento.

Além dessas atividades, na REN 669/2015 fica determinado também que:

As inspeções visuais devem ser realizadas regularmente visando verificar o estado geral de conservação da subestação, incluindo a limpeza dos equipamentos, a qualidade da iluminação do pátio e a adequação dos itens de segurança (por exemplo, extintores e sinalização). Durante as inspeções visuais devem ser verificados, entre

outras coisas, a existência de vazamentos de óleo nos equipamentos e de ferrugem e corrosão em equipamentos e estruturas metálicas, a existência de vibração e ruídos anormais, o nível de óleo dos principais equipamentos e o estado de conservação dos armários e canaletas e as condições dos aterramentos (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015b, p. 5).

### 2.2.3 Transformadores de Potência e Autotransformadores

As AMMs definidas nos RMMs para transformadores de potência e autotransformadores são: análise dos gases dissolvidos no óleo isolante; ensaio físico-químico do óleo isolante; e manutenção preventiva periódica (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015b).

Na REN 669/2015, é dito que:

A manutenção preventiva periódica de transformadores deve ser repetida em período igual ou inferior a seis anos, com a realização, no mínimo, das seguintes atividades:

- Inspeção do estado geral de conservação: limpeza, pintura e corrosão nas partes metálicas;
- Verificação da existência de vazamentos de óleo isolante;
- Verificação do estado de conservação das vedações dos painéis;
- Verificação do aterramento do tanque principal;
- Verificação do funcionamento dos circuitos do relé de gás, do relé de fluxo e da válvula de alívio de pressão do tanque principal;
- Verificação do estado de saturação do material secante utilizado na preservação do óleo isolante;
- Verificação do adequado funcionamento das bolsas e membranas do conservador;
- Verificação dos indicadores de nível do óleo isolante e dos indicadores de temperatura;
- Verificação do funcionamento dos ventiladores e bombas do sistema de resfriamento;
- Verificação da comutação sob carga na função manual e automática;
- Verificação do nível do óleo do compartimento do comutador;
- Inspeção da caixa de acionamento motorizado do comutador;
- Ensaios de fator de potência e de capacitância das buchas com derivação capacitiva.
- Inspeção interna do comutador (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015b, p. 6).

Além disso, deve-se avaliar a necessidade da realização das seguintes atividades:

- Verificação do estado das conexões elétricas do comutador e do sistema de isolamento;
- Verificação do desgaste dos contatos elétricos e troca dos componentes desgastados;
- Ensaio de relação de transformação nos pontos de comutação central e extremos;
- Verificação do estado do óleo isolante dos comutadores (quando aplicável);
- Verificação do mecanismo de acionamento do comutador;
- Ensaios de fator de potência, de resistência de isolamento e de resistência ôhmica dos enrolamentos (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015b, p. 6).

O Quadro 2 mostra as periodicidades máximas.

Quadro 2 – Periodicidade máxima das AMMs para transformadores de potência e autotransformadores

Atividade	Periodicidade Máxima (meses)
Análise de gases dissolvidos no óleo isolante	6
Ensaio físico-químico do óleo isolante	24
Manutenção preventiva periódica	72

Fonte: ANEEL (2015b).

#### 2.2.4 Reatores de Potência

Em reatores, de acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (2015), as AMMs consistem na realização de: análise dos gases dissolvidos no óleo isolante, ensaio físico-químico do óleo isolante, e manutenção preventiva periódica, que deve abranger:

- Verificação do estado de conservação: limpeza, pintura e corrosão nas partes metálicas;
- Verificação da existência de vazamentos de óleo isolante;
- Verificação do estado de conservação das vedações dos painéis;
- Verificação do aterramento do tanque principal;
- Verificação do funcionamento dos circuitos do relé gás, do relé de fluxo e da válvula de alívio de pressão do tanque principal;
- Verificação do estado de saturação do material (sílica);
- Verificação do adequado funcionamento das bolsas e membranas do conservador;
- Verificação dos indicadores de nível do óleo isolante e dos indicadores de temperatura;
- Verificação do funcionamento dos ventiladores e bombas do sistema de resfriamento;
- Ensaio de fator de potência e de capacitância das buchas com derivação capacitiva;
- Avaliar a necessidade de realização dos ensaios de fator de potência, de resistência de isolamento e de resistência ôhmica dos enrolamentos.

As periodicidades máximas para essas AMMs se encontram no Quadro 3.

Quadro 3 – Periodicidade máxima das AMMs para reatores de potência

Atividade	Periodicidade Máxima (meses)
Análise de gases dissolvidos no óleo isolante	6
Ensaio físico-químico do óleo isolante	24
Manutenção preventiva periódica	72

Fonte: ANEEL (2015b).

### 2.2.5 Disjuntores

No mínimo, a cada 72 meses devem ser realizadas as manutenções preventivas periódicas de disjuntores (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015b). Para tal, devem ser executadas, no mínimo, as seguintes atividades, segundo a REN 669/2015:

- Verificação geral na pintura, estado das porcelanas e corrosão;
- Remoção de indícios de ferrugem;
- Lubrificação, onde aplicável;
- Verificações do sistema de acionamento e acessórios;
- Verificação do funcionamento de densímetros, pressostatos e manostatos;
- Verificações do circuito de comando e sinalizações e dos níveis de alarmes;
- Verificação de vazamento em circuitos hidráulicos e amortecedores;
- Verificação de vazamentos de gás ou óleo;
- Execução de ensaios de resistência de contatos do circuito principal;
- Execução de ensaios nas buchas condensivas com *tap* capacitivo;
- Medição dos tempos de operação: abertura e fechamento;
- Verificação das bobinas e sistema antibombeamento;
- Teste do comando local e a distância e acionamento do relé de discordância de polos;
- Verificação do tanque de ar e do óleo do compressor;
- Ensaios de fator de potência e capacitância dos capacitores de equalização, quando for o caso;
- Ensaio de rigidez dielétrica do óleo, para disjuntores a Grande Volume de Óleo (GVO);
- Ensaio de resistência de isolamento no circuito principal, para disjuntores GVO;
- Ensaios de fator de potência ou de resistência de isolamento do disjuntor, para disjuntores a Pequeno Volume de Óleo (PVO);
- Verificação dos reservatórios de ar comprimido, para disjuntores a ar comprimido;
- Ensaios nos reservatórios de ar comprimido, quando necessário, para disjuntores a ar comprimido;
- Reposição de hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>), para disjuntores isolados a SF<sub>6</sub>.

### 2.2.6 Chaves Seccionadoras

Nas chaves seccionadoras, a manutenções preventivas periódicas devem ser realizadas no mínimo a cada 72 meses, de preferência, juntamente com a manutenção preventiva do

equipamento principal FT a qual estes equipamentos estão associados. Desta forma, tem-se um aproveitamento dos desligamentos e uma maior disponibilidade da FT (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015b). As manutenções devem conter, de acordo com a REN 669/2015, as seguintes atividades:

- Verificação geral do estado de conservação;
- Verificação da necessidade de limpeza, lubrificação ou substituição dos contatos;
- Inspeção dos cabos de baixa tensão e de aterramento;
- Inspeção do armário de comando e seus componentes;
- Inspeção e limpeza de isoladores, das colunas de suporte e dos flanges dos isoladores;
- Lubrificação dos principais rolamentos e articulações das hastes de acoplamento, quando aplicável;
- Verificação do funcionamento dos controles locais e da operação manual;
- Verificação dos ajustes das chaves de fim de curso;
- Verificação de ajustes, alinhamento e simultaneidade de operação das fases;
- Verificação da operação da resistência de aquecimento;
- Avaliar a necessidade de realização dos ensaios de medição de resistência de contato.

#### 2.2.7 Transformadores para Instrumento e Para-Raios

Para transformadores de instrumento, as AMMs definidas na REN 669/2015 consistem em:

- Verificação do estado geral de conservação;
- Verificações da necessidade de limpeza dos isoladores;
- Inspeção do estado do material secante utilizado;
- Reposição de gás SF<sub>6</sub> e/ou óleo;
- Avaliar a necessidade de realização dos ensaios de resistência de isolamento e de fator de potência (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015b).

Já para para-raios, a REN 669/2015 determina que necessita-se realizar verificações gerais do estado de conservação das ferragens e da porcelana, dos invólucros, dos miliamperímetros e dispositivo contador de descargas, caso existam (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015b).

### 2.2.8 Linhas de Transmissão

Para linhas de transmissão, a AMM é a inspeção de rotina, na qual deve ser feita a verificação do estado geral da linha de transmissão, a situação dos estais, a integridade dos cabos condutores e para-raios, a estabilidade das estruturas, a integridade das cadeias de isoladores, a situação dos acessos às estruturas, a proximidade da vegetação aos cabos e os casos de invasão de faixa de servidão. Esta atividade deve ser feita a cada doze meses, no mínimo. Além disso, deve ser avaliada a necessidade de inspeções adicionais, como inspeções termográficas, inspeções detalhadas na estrutura e inspeções noturnas para detecção de centelhamento ou outros defeitos. (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015b).

### 2.3 Desligamentos, Indisponibilidades e Parcela Variável

Definida na REN 853/2019, a indisponibilidade de uma FT é a condição na qual há redução da capacidade de transmissão e potência ou impossibilidade da utilização dos seus equipamentos para operação ou manobra (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2019).

Se solicitada com antecedência e aprovada pelo ONS, pela REN 729/2016 (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2016), esta indisponibilidade caracteriza um desligamento programado. Esse tipo de desligamento é utilizado em manutenções preventivas e preditivas. Quaisquer indisponibilidades de FT que não podem ser consideradas desligamento programado, são classificadas como “outros desligamentos”, mesmo quando não há a possibilidade de programação antecipada e faz-se a solicitação em caráter de urgência (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2016).

Essas classificações são importantes, pois definem o tipo de PV a ser calculado.

#### 2.3.1 Parcela Variável por Atraso na Entrada em Operação

Segundo a REN 729/2016:

O valor da PVA será calculado conforme os seguintes critérios:

- O período de atraso será limitado em 90 (noventa) dias para efeito de desconto;
- O valor por dia de atraso nos primeiros 60 (sessenta) dias corresponderá a 25% do valor “pro rata-dia” do PB da FT; e
- O valor por dia de atraso entre o 61º (sexagésimo primeiro) dia e o 90º (nonagésimo) dia corresponderá ao valor “pro rata-dia” do PB da FT.

- O valor da PVA será descontado em parcelas iguais nos (18) dezoito primeiros meses a partir da entrada em operação comercial da FT (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2016, p.5).

### 2.3.2 Parcela Variável por Restrição Operativa

O cálculo da PVRO, segundo REN 729/2016, é feito com a Equação 1.

$$PVRO = \frac{PB}{(24 \cdot 60 \cdot D)} \cdot \left( \sum_{i=1}^{NRL} (ROL_i \cdot DROL_i) + \sum_{c=1}^{NRC} (ROC_c \cdot DROC_c) \right) \quad (1)$$

Onde:

D	Número de dias no mês da ocorrência;
(24.60.D)	Número de minutos no mês da ocorrência;
PB	Pagamento Base (R\$) da FT relativo ao mês de início da ocorrência do evento;
ROL	Redução proporcional da capacidade operativa de longa duração;
ROC	Redução proporcional da capacidade operativa de curta duração;
DROL	Duração, em minutos, de uma restrição operativa de longa duração que ocorreu durante o mês para a FT submetida à restrição;
DROC	Duração, em minutos, de uma restrição operativa de curta duração que ocorreu durante o mês para a FT submetida à restrição;
NRL	Número de restrições operativas de longa duração no mês; e
NRC	Número de restrições operativas de curta duração no mês.

A REN 729/2016 salienta que as reduções da capacidade operativa de curta e longa duração da FT serão estabelecidas tendo como referência o valor contratado para a instalação, ou seja, independentemente da necessidade operacional do sistema. E, quanto à caracterização de regimes de curta e longa duração, a Resolução Normativa Nº 906 da ANEEL, de 8 de dezembro de 2020, estabelece o seguinte (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2020):

- Regime de curta duração: regime de operação de emergência;
- Regime de longa duração: regime de operação normal.

### 2.3.3 Parcela Variável por Indisponibilidade

A REN 729/2016 estabelece a Equação 2 para o cálculo da PVI.

$$PVI = \frac{PB}{(24 \cdot 60 \cdot D)} \cdot \left( K_P \cdot \sum_{i=1}^{NP} PADP_i + \sum_{j=1}^{NO} (K_{O_j} \cdot PAOD_j) \right) \quad (2)$$

Onde:

- D Número de dias no mês da ocorrência;  
 (24.60.D) Número de minutos no mês da ocorrência;  
 PB Pagamento Base (R\$) da FT relativo ao mês de início da ocorrência do evento;  
 PADP<sub>i</sub> Período Associado a Desligamento Programado i, em minutos;  
 PAOD<sub>j</sub> Período Associado a Outro Desligamento j, em minutos;  
 K<sub>P</sub> Fator multiplicador para desligamento programado (Quadro 4);  
 K<sub>O</sub> Fator multiplicador para outros desligamentos (Quadro 4), sendo que esse fator será reduzido para K<sub>P</sub> após o 300º minuto;  
 NP Número de Desligamentos Programados da FT ocorridos ao longo do mês; e  
 NO Número de Outros Desligamentos da FT ocorridos ao longo do mês.

Os valores de K<sub>P</sub> e K<sub>O</sub>, relacionados com a família de FT e o Padrão de Frequência de Outros Desligamentos (PFOD) são mostrados no Quadro 4.

Quadro 4 – Padrão de frequência de Outros Desligamentos e fatores K<sub>O</sub> e K<sub>P</sub>

(continua)

FT	Família de FT	PFOD (desligamentos/ano)	K <sub>O</sub>	K <sub>P</sub>
MG	(*)	Não possui	150	10
LT	≤ 5km (*)	1	150	10
	> 5km e ≤ 50km (*)	1		
	> 50km 230kV	3		
	345kV	2		
	440kV	2		
	500kV	2		
LT	750kV	3		
LT	Cabo Isolado (*)	Não possui	50	2,5
TR	Trifásico (*)	1	50	5
	≤ 345kV	1	150	10
	> 345kV	1		

Quadro 4 – Padrão de frequência de Outros Desligamentos e fatores  $K_o$  e  $K_p$ .

(conclusão)

FT	Família de FT		PFOD (desligamentos/ano)	$K_o$	$K_p$
CR	REA	$\leq 345\text{kV}$	1	150	10
		$> 345\text{kV}$	1		
	CRE	(*)	3	150	7,5
	CSI	(*)	3	50	2,5
	BC	(*)	3	100	5
	CSE	(*)	3	150	7,5

Fonte: ANEEL (2016).

Nota: (\*) Qualquer nível de tensão.

Sendo:

REA Reator;

CRE Compensador Estático;

CSI Compensador Síncrono;

BC Banco de Capacitor; e

CSE Compensação Série.

## 2.4 Relatório da Avaliação de Desempenho da Manutenção (RAD)

No Submódulo 9.2 de seus Procedimentos de Rede, o ONS salienta que acompanha, por meio dos indicadores, o desempenho relativo à manutenção de equipamentos e linhas de transmissão integrantes da RBT. Esses indicadores avaliam a disponibilidade da FT, a indisponibilidade para manutenção programada ou forçada, a taxa de desligamento forçado, a taxa de falhas e o tempo médio de reparo durante as manutenções. Para cada indicador, o agente é classificado nas faixas de normal, alerta e insatisfatória (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO, 2021b).

O ONS analisa os indicadores e elabora, anualmente, o RAD com o resultado dessa análise. O relatório é disponibilizado para a ANEEL e para cada transmissora por meio do SAM. Com esta análise, o ONS identifica os agentes cujos indicadores de desempenho estejam na faixa alerta ou insatisfatória, a fim de subsidiar o processo de retorno à faixa normal (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO, 2021b).

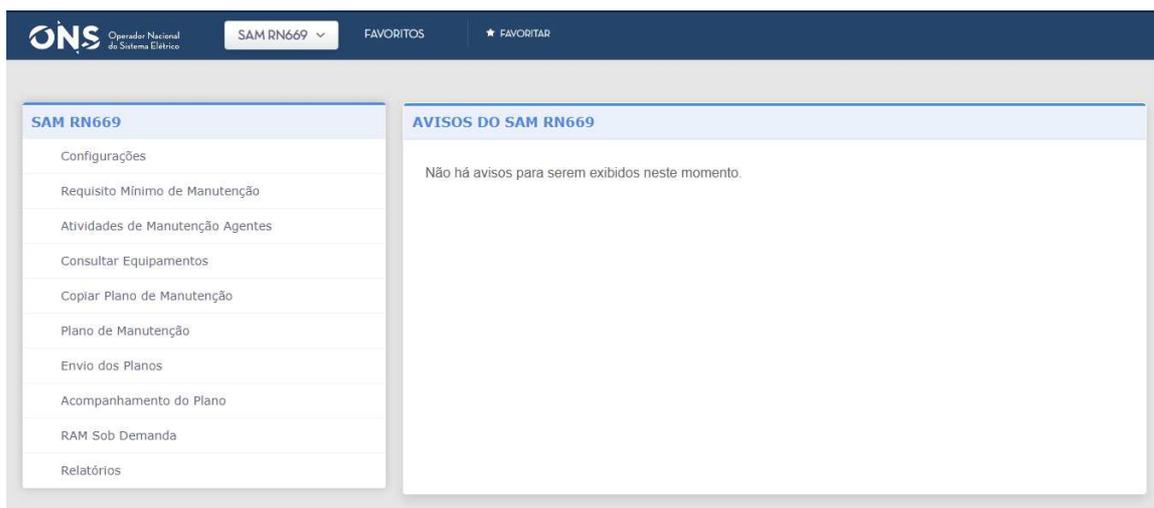
Para retornar à faixa normal dos indicadores, o agente precisa desenvolver, por meio do SAM, um Plano de Ação, que deve conter o levantamento das causas do baixo desempenho; as providências e ações a serem implementadas; as metas a serem alcançadas; o cronograma de implementação das providências e ações propostas; e o nome do responsável, para contatos com o ONS (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO, 2021b).

## 2.5 Sistema de Acompanhamento da Manutenção

Conforme estabelecido na REN N° 669/2015 os agentes de transmissão são obrigados a informar no Sistema de Acompanhamento da Manutenção, o SAM, o plano de manutenção, bem como cumprir as periodicidades e critérios dos requisitos definidos pela ANEEL (ANEEL, 2015).

O SAM, cuja interface pode ser vista na Figura 1, é uma ferramenta computacional de propriedade do ONS que tem como objetivo viabilizar a emissão de diversos relatórios com informações de manutenção. Permite ao ONS interagir com os agentes e acompanhar, por meio de indicadores, o desempenho dos equipamentos e das linhas de transmissão integrantes da RBT (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO, 2021a).

Figura 1 – Sistema de Acompanhamento da Manutenção



Fonte: Produção da própria autora.

## 2.6 REN 729/2016 da ANEEL

Conforme estabelecido na REN 669/2015, os Agentes de Transmissão são obrigados a informar no SAM o plano de manutenção, bem como cumprir as periodicidades e critérios dos requisitos definidos pela ANEEL (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015b).

Como ponto de incentivo para a execução de manutenção, a ANEEL estabelece na REN 729/2016, Art 12º, franquias para algumas famílias de equipamentos cujo agente estará isento da aplicação de PVI. Assim, na REN 729/2016, está escrito que não serão considerados para o cálculo da PVI os seguintes períodos para realização de atividades de manutenção preventivas inseridas no SAM:

- a) 20 (vinte) horas, por intervenção, a cada período completo de 3 (três) anos, para a FT - Transformação e para a FT - Controle de Reativo, exceto Compensador Síncrono;
- b) 20 (vinte) horas, por intervenção, a cada período completo de 6 (seis) anos, para a FT - Linha de Transmissão; e
- c) 1080 (mil e oitenta) horas, por intervenção, a cada período completo de 5 (cinco) anos, para Compensador Síncrono.

§ 1º Será permitida a divisão das horas de isenção em duas intervenções, desde que as manutenções tenham sido previamente informadas no sistema de acompanhamento de manutenções do ONS e a segunda intervenção tenha sido planejada em decorrência da primeira.

§ 2º O cadastro das atividades da segunda intervenção que tenha sido planejada em decorrência da primeira deve ser feito no sistema de acompanhamento de manutenções do ONS em até 30 dias após o término da manutenção originária.

§ 3º Para as manutenções referidas nas alíneas a) e b) do inciso III, deverá ser aplicada PVI utilizando o fator  $K_p$  igual a 1 (um) para o período superior a 20 (vinte) e inferior ou igual a 30 (trinta) horas (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2016, p.8-9).

Tomando como exemplo a franquia exposta na alínea “b”, tem-se que são oferecidas 20 horas para serem utilizadas em uma intervenção na FT Linha de Transmissão. Isto é, esta função transmissão poderá ficar indisponível por até 20 horas sem que haja desconto na remuneração do agente.

Desta forma, analisando o que foi exposto na REN 729/2016, pode-se entender que os benefícios a serem alcançados pelos agentes são financeiros, visto que, com as franquias oferecidas, diminui-se o desconto de PV na RAP das transmissoras.

## 2.7 Alterações nas Resoluções

No decorrer deste trabalho, as resoluções normativas da ANEEL objetos deste projeto, isto é, as RENs 669/2015 e 729/2016, foram revogadas e incorporadas integralmente ao novo Módulo 4 das Regras dos Serviços de Transmissão de Energia Elétrica, com título Prestação dos Serviços das Regras dos Serviços de Transmissão de Energia Elétrica (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2021). Além destas, outras resoluções referentes às regras de transmissão, incluindo a 853/2019, citada neste trabalho, também passaram pelo mesmo processo.

### 2.7.1 Regras dos Serviços de Transmissão de Energia Elétrica

As Regras do Serviço de Transmissão, ou simplesmente, Regras de Transmissão, têm o objetivo de estabelecer as diretrizes dos serviços de transmissão de energia elétrica no sistema elétrico do Brasil. Estas estão organizadas em seis módulos:

- I. Módulo 1 – Glossário;
- II. Módulo 2 – Classificação das Instalações;
- III. Módulo 3 – Instalações e Equipamentos;
- IV. Módulo 4 – Prestação dos Serviços;
- V. Módulo 5 – Acesso ao Sistema; e
- VI. Módulo 6 – Coordenação e Controle da Operação.

Até o momento da publicação do presente trabalho, oito resoluções normativas foram revogadas, incluindo a REN 729/2016, sobre a qualidade do serviço de transmissão, e a REN 669/2015, que estabeleceu os requisitos mínimos de manutenção. Apesar das revogações, o conteúdo normativo foi mantido integralmente.

Esta mudança tem como finalidade organizar os normativos que tratam do segmento de transmissão em um único documento, a ser chamado Regras dos Serviços de Transmissão de Energia Elétrica, ou simplesmente Regras de Transmissão.

### **3 METODOLOGIA E ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO**

#### **3.1 Metodologia**

Este trabalho, sob o ponto de vista de sua natureza, é uma pesquisa aplicada. Prodanov e De Freitas (2013) apontam que a pesquisa aplicada gera produtos e conhecimentos para aplicação prática destinados à solução de problemas específicos. Ao final deste trabalho, deseja-se obter um produto, sendo este o plano de manutenção segundo os requisitos mínimos dispostos na REN 669/2015 da ANEEL.

No que diz respeito aos seus objetivos, este trabalho se classifica como uma pesquisa explicativa, que, segundo Prodanov e De Freitas (2013), busca explicar o porquê das coisas. Neste trabalho, será esclarecida a importância da aplicação da REN 669/2015 para os agentes que possuem concessões de instalações de transmissão.

Segundo Prodanov e De Freitas (2013), este trabalho é um estudo de caso, que busca aplicar conhecimentos na prática para a solução de um problema. A REN 669/2017 foi aplicada na prática para uma instalação de transmissão real, a fim de se obter os benefícios expostos da REN 729/2016 da ANEEL.

#### **3.2 Etapas de Desenvolvimento**

Inicialmente, foi necessário coletar informações a respeito dos equipamentos, como:

- Projetos, desenhos e especificações dos equipamentos;
- Manuais de manutenção e preservação dos fabricantes;
- Tipos dos disjuntores: GVO, PVO, a ar comprimido ou a SF6;
- Localização do comutador: dentro do tanque de óleo principal ou em caixa separada;
- Existência de reatores de potência na instalação.

Tais dados foram fornecidos pela empresa dona da concessão da instalação, e serviram para implementar as atividades corretas para cada família de equipamento. Para o cadastro do plano, foi necessário o acesso ao SAM, que foi obtido por meio do agente associado ao ONS.

O passo seguinte foi a realização do primeiro esboço do plano de manutenção da instalação. Em seguida, realizou-se a tentativa de inserção no SAM, na qual foi percebida a necessidade de certas adequações ao plano. A partir disso, foram feitos ajustes no plano de forma que, enfim, foi possível inserir no sistema um plano que cumprisse os requisitos mínimos.

Sendo assim, o desenvolvimento deste trabalho está dividido em quatro etapas, que serão descritas a seguir:

- a) Estudo das resoluções 669 e 729 e da instalação;
- b) Esboço do plano;
- c) Inserção do plano no SAM;
- d) Ajuste do plano.

A Figura 2 ilustra as etapas deste trabalho em um diagrama de blocos.

Figura 2 – Diagrama de blocos das etapas do trabalho



Fonte: Produção da própria autora.

### 3.2.1 1ª Etapa: Estudo

Para desenvolver um plano de manutenção que cumprisse a REN 669, foi preciso fazer um estudo da resolução, a fim de entender os equipamentos abordados e as atividades apontadas como requisitos mínimos. Além disso, fez-se necessário, também, analisar a instalação para reconhecimento dos equipamentos existentes.

A instalação em questão é formada por:

- Uma subestação com banco de três unidades de transformação de 230/138/13,8 kV e 50 MVA cada, totalizando uma capacidade de 150 MVA, e uma unidade trifásica de reator de barra de 20 Mvar;
- Uma linha de transmissão de 230 kV e 113 km de extensão.

Além disso, a subestação é composta pelos seguintes equipamentos: disjuntores, chaves seccionadoras, transformadores de instrumento, para-raios e sistemas de proteção.

Para desenvolvimento do plano, é necessário saber, também, o tipo dos disjuntores e a localização do comutador dos transformadores da instalação. Analisando os projetos e as especificações dos equipamentos, tomou-se conhecimento que os disjuntores da referida instalação são isolados a SF6, e os transformadores possuem comutadores instalados dentro do tanque de óleo principal.

Como foi tratado na subseção 2.2 do Referencial Teórico deste trabalho, os equipamentos e FTs abordados pela resolução são: subestações, transformadores de potência, autotransformadores, reatores de potência, disjuntores, chaves seccionadoras e linhas de transmissão. Porém, no anexo da REN 669/2015, é especificado que as atividades e periodicidades de manutenção para outros equipamentos, incluindo sistemas de proteção e serviços auxiliares, mesmo que não incluídas nos RMMs, devem estar descritas nos planos de manutenção das transmissoras. Desta forma, foi feito o levantamento dos equipamentos existentes na instalação que não eram abordados pela resolução e/ou que não estavam cadastrados na base de dados do ONS, mas que necessitam de manutenções periódicas para garantir a entrega de um bom serviço. Os ajustes necessários foram feitos no plano com base nessas análises, e poderão ser observados mais à frente na 4ª Etapa.

### 3.2.2 2ª Etapa: Esboço do Plano

Na segunda etapa, fez-se o primeiro esboço do plano que cumprisse minimamente a resolução para a instalação em questão.

Nesta etapa, o plano foi comparado com os manuais de manutenção e preservação dos fabricantes, para observar a necessidade de ajustar a periodicidade das atividades.

Com este esboço, foi possível seguir para a próxima etapa, que consiste na inserção do plano desenvolvido no SAM.

### 3.2.3 3ª Etapa: Inserção do plano no SAM

Ao realizar uma primeira tentativa de cadastro do plano no SAM, observou-se que existe um entendimento da ANEEL que determinados RMMs não se aplicam a todos os tipos de tecnologias de equipamentos (como os diferentes tipos de disjuntores e diferentes localizações de comutadores para transformadores). A solução dada pelo ONS para esta situação, através de contatos formais, foi uma flexibilização com relação ao SAM, isto é, o sistema não impedirá o envio do plano de manutenção sem que as RMM relativas a estes equipamentos sejam inclusas. Porém, como tais requisitos são obrigatórios segundo a resolução, a realização dos mesmos ficará sob responsabilidade dos agentes. Um alerta será enviado ao agente no momento do envio do plano indicando a ausência desses requisitos.

Percebeu-se, também, que algumas atividades não são obrigatórias pela norma e não constam na lista de RMMs do SAM, mas são indicadas no texto da REN 669/2015. Desta forma, fez-se a avaliação da possível necessidade dessas atividades para ajuste do plano.

### 3.2.4 4ª Etapa: Ajuste do plano

Fez-se necessário realizar alguns ajustes no plano devido à flexibilização explicada na subseção 3.2.3 sobre a **3ª Etapa** do trabalho.

Para os disjuntores, por se tratarem de disjuntores a gás SF<sub>6</sub>, com mecanismo de operação via mola, sem capacitores de equalização e sem resistores de pré-inserção, não foram inseridos os seguintes RMMs da REN 669/2015 no SAM:

- Ensaios de fator de potência e capacitância dos capacitores de equalização, quando for o caso;
- Ensaios de capacitância e indutância dos equipamentos do circuito ressonante, quando for o caso;
- Ensaio de Rigidez Dielétrica do Óleo;
- Ensaio de resistência de isolamento no circuito principal;
- Ensaios de Fatos de Potência ou de resistência de isolamento no disjuntor;
- Verificação dos reservatórios de ar comprimido;
- Ensaios nos reservatórios de ar comprimido, quando necessário;
- Abertura da Câmara de Extinção;

- Substituição de contatos, vedações, rolamentos, buchas, molas, gatilhos, amortecedores ou componentes elétricos do painel.

Para os equipamentos não cadastrados na base de dados do ONS (transformadores de instrumento, para-raios e sistemas de proteção), foi realizada a inclusão manual de AMMs para o equipamento principal das respectivas funções transmissão, que, neste caso, são LT, disjuntores, reatores e transformadores:

- Para-raios - Verificações gerais do estado de conservação das ferragens e da porcelana, dos invólucros, dos miliamperímetros e contador de descargas;
- Sistemas de Proteção - Manutenção preventiva periódica;
- Transformadores para Instrumento - Inspeção geral das conexões;
- Transformadores para Instrumento - Reposição de óleo e/ou gás SF<sub>6</sub>;
- Transformadores para Instrumento - Verificação da existência de vazamentos de óleo isolante e/ou gás;
- Transformadores para Instrumento - Verificação do estado do material secante utilizado;
- Transformadores para Instrumento - Verificações da limpeza de isoladores;
- Transformadores para Instrumento - Verificações do estado geral de conservação.

Para a família de equipamentos LT, avaliou-se ser necessário adicionar outras duas AMMs, indicadas pela REN 669/2015, ambas com periodicidade de 12 meses:

- Inspeção termográfica;
- Inspeção terrestre com escalada.

Neste caso, como a LT é um equipamento único no SAM, fica entendido que as AMMs cadastradas para o equipamento principal LT referem-se aos equipamentos (transformadores de instrumento, sistema de proteção e para-raios) de ambas as extremidades da linha.

## 4 PLANO FINALIZADO

Ao final das quatro etapas descritas ao longo deste capítulo, obteve-se o produto final, sendo este um plano de manutenção com todos os RMMs descritos na REN 669/2015 e aceito pelo sistema SAM.

Neste plano, disposto no Quadro 5, estão destacadas em amarelo as AMMs que foram adicionadas ao plano, como explicado na subseção 3.2.4.

Quadro 5 – Plano finalizado

(continua)

Família	Atividade	RMM ou AMM	Periodicidade (meses)
LT	Para-raios - Verificações gerais do estado de conservação das ferragens e da porcelana, dos invólucros, dos miliamperímetros e contador de descargas	AMM	72
	Transformadores para Instrumento - Verificações do estado geral de conservação		
	Transformadores para Instrumento - Verificações da limpeza de isoladores		
	Transformadores para Instrumento - Reposição de óleo e/ou gás SF6		
	Transformadores para Instrumento - Verificação da existência de vazamentos de óleo isolante e/ou gás		
	Transformadores para Instrumento - Verificação do estado do material secante utilizado		
	Transformadores para Instrumento - Inspeção geral das conexões		
	Sistemas de Proteção - Manutenção preventiva periódica		
	Inspeção termográfica		
	Inspeção terrestre com escalada		
Chave	Verificação da situação dos estais	RMM	12
	Verificação dos casos de invasão de faixa de servidão		
	Verificação da integridade das cadeias de isoladores		
	Verificação da estabilidade das estruturas		
	Verificar a proximidade da vegetação aos cabos		
	Verificação do estado geral da linha de transmissão		
	Verificar a situação dos acessos às estruturas		
	Verificação da integridade dos cabos condutores e para-raios		
Chave	Verificação de ajustes, alinhamento e simultaneidade de operação das fases	RMM	72
	Verificação do funcionamento dos controles locais e da operação manual		
	Lubrificação dos principais rolamentos e articulações das hastes de acoplamento, quando aplicável		

Quadro 5 – Plano finalizado

(continuação)

Família	Atividade	RMM ou AMM	Periodicidade (meses)
Chave	Inspeção do armário de comando e seus componentes	RMM	
	Verificação da operação da resistência de aquecimento		
	Inspeção e limpeza de isoladores, das colunas de suporte e dos flanges dos isoladores		
	Inspeção geral do estado de conservação		
	Verificação dos ajustes das chaves de fim de curso		
	Verificação da necessidade de limpeza, lubrificação ou substituição dos contatos		
	Inspeção dos cabos de baixa tensão e de aterramento		
	Ensaio de medição de resistência de contato		
Disjuntor	Transformadores para Instrumento - Verificações do estado geral de conservação	AMM	72
	Sistemas de Proteção - Manutenção preventiva periódica		
	Transformadores para Instrumento - Reposição de óleo e/ou gás SF6		
	Transformadores para Instrumento - Verificações da limpeza de isoladores		
	Transformadores para Instrumento - Verificação da existência de vazamentos de óleo isolante e/ou gás		
	Transformadores para Instrumento - Inspeção geral das conexões		
	Transformadores para Instrumento - Verificação do estado do material secante utilizado		
	Execução de ensaios nas buchas condensivas com tap capacitivo	RMM	
	Verificação de vazamento em circuitos hidráulicos e amortecedores		
	Teste do comando local e a distância e acionamento do relé de discordância de polos		
	Remoção de indícios de ferrugem		
	Verificação de vazamentos de gás ou óleo		
	Verificação do tanque de ar e do óleo do compressor		
	Verificação do funcionamento de densímetros, pressostatos e manostatos		
	Verificações do circuito de comando e sinalizações e dos níveis de alarmes		
	Medição dos tempos de operação: abertura e fechamento		
	Lubrificação, onde aplicável		
	Inspeção geral das conexões		
	Execução de ensaios de resistência de contatos do circuito principal		
	Verificações do sistema de acionamento e acessórios		
	Verificação das bobinas e sistema antibombeamento		
	Verificação geral na pintura, estado das porcelanas e corrosão		
	Reposição de gás SF6		

Quadro 5 – Plano finalizado

(continuação)

Família	Atividade	RMM ou AMM	Periodicidade (meses)	
Reator	Transformadores para Instrumento - Verificações do estado geral de conservação	AMM	72	
	Para-raios - Verificações gerais do estado de conservação das ferragens e da porcelana, dos invólucros, dos miliamperímetros e contador de descargas			
	Transformadores para Instrumento - Verificações da limpeza de isoladores			
	Transformadores para Instrumento - Reposição de óleo e/ou gás SF6			
	Transformadores para Instrumento - Verificação da existência de vazamentos de óleo isolante e/ou gás			
	Transformadores para Instrumento - Verificação do estado do material secante utilizado			
	Transformadores para Instrumento - Inspeção geral das conexões			
	Sistemas de Proteção - Manutenção preventiva periódica			
	Verificação do aterramento do tanque principal			RMM
	Ensaio de fator de potência e de capacitância das buchas com derivação capacitiva			
	Verificação da existência de vazamentos de óleo isolante			
	Verificação do adequado funcionamento das bolsas e membranas do conservador			
	Ensaio físico-químico do óleo isolante	24		
	Verificação dos indicadores de nível do óleo isolante e dos indicadores de temperatura			
	Verificação do funcionamento dos circuitos do relé gás, do relé de fluxo e da válvula de alívio de pressão do tanque principal			
	Ensaio de fator de potência, de resistência de isolamento e de resistência ôhmica dos enrolamentos			
	Verificação do estado de conservação das vedações dos painéis			
	Verificação do estado de saturação do material secante utilizado na preservação do óleo isolante			
	Inspeção do estado geral de conservação: limpeza, pintura e corrosão nas partes metálicas			
	Verificação do funcionamento dos ventiladores e bombas do sistema de resfriamento	6		
Análise dos gases dissolvidos no óleo isolante				
Transformador	Sistemas de Proteção - Manutenção preventiva periódica	AMM	72	
	Transformadores para Instrumento - Reposição de óleo e/ou gás SF6			
	Transformadores para Instrumento - Verificação do estado do material secante utilizado			
	Transformadores para Instrumento - Verificação da existência de vazamentos de óleo isolante e/ou gás			

Quadro 5 – Plano finalizado

(conclusão)

<b>Família</b>	<b>Atividade</b>	<b>RMM ou AMM</b>	<b>Periodicidade (meses)</b>	
Transformador	Transformadores para Instrumento - Verificações do estado geral de conservação	AMM	72	
	Transformadores para Instrumento - Verificações da limpeza de isoladores			
	Transformadores para Instrumento - Inspeção geral das conexões			
	Verificação do estado das conexões elétricas do comutador e do sistema de isolamento	RMM	72	
	Verificação do mecanismo de acionamento do comutador			
	Análise dos gases dissolvidos no óleo isolante			6
	Inspeção da caixa de acionamento motorizado do comutador			
	Verificação do aterramento do tanque principal			
	Inspeção do estado geral de conservação: limpeza, pintura e corrosão nas partes metálicas			
	Verificação do funcionamento dos ventiladores e bombas do sistema de resfriamento			
	Verificação da existência de vazamentos de gás			
	Verificação do estado de conservação das vedações dos painéis			
	Verificação do estado de saturação do material secante utilizado na preservação do óleo isolante			
	Ensaio de fator de potência, de resistência de isolamento e de resistência ôhmica dos enrolamentos			
	Verificação dos indicadores de nível do óleo isolante e dos indicadores de temperatura			
	Ensaio de relação de transformação nos pontos de comutação central e extremos			
	Verificação do nível do óleo do compartimento do comutador			
	Verificação do funcionamento dos circuitos do relé de gás, do relé de fluxo e da válvula de alívio de pressão do tanque principal			
	Verificação da comutação sob carga na função manual e automática			
	Verificação da existência de vazamentos de óleo isolante			
Ensaio de fator de potência e de capacitância das buchas com derivação capacitiva				
Verificação do adequado funcionamento das bolsas e membranas do conservador				
Ensaio físico-químico do óleo isolante	24			

Fonte: Produção da própria autora.

## 5 CONCLUSÃO

O Brasil é provido de um sistema elétrico interconectado por meio de uma grande malha de transmissão que permite a transferência de energia entre seus quatro subsistemas e o atendimento ao mercado com segurança, economia e qualidade.

De forma a garantir essa qualidade, a Agência Nacional de Energia Elétrica realiza a fiscalização da prestação dos serviços e das instalações de energia elétrica, com base em suas resoluções normativas. Uma dessas resoluções é a REN 669/2015, que estabelece os Requisitos Mínimos de Manutenção. Se cumprida, são garantidos benefícios dispostos na REN 729/2016, que determina períodos que podem ser utilizados para atividades de manutenção preventiva em algumas famílias de equipamentos sem serem considerados no cálculo da Parcela Variável por Indisponibilidade.

Não é incomum que alguns agentes não deem a devida atenção a algumas normas e acabem com pendências e, como neste caso, sem desfrutar de benefícios que são de direito.

Com este trabalho, obtém-se um documento a funcionar como guia para os diversos agentes de transmissão do Brasil que desejam seguir corretamente as resoluções e usufruir de beneficiações. Para isso, foi realizada a implementação na prática de um plano de manutenção, a fim de entender o Sistema de Acompanhamento de Manutenção.

A partir da ação de inserir o plano ao Sistema de Acompanhamento de Manutenção, foram observadas necessidades de ajustes. Tais ajustes não são abordados explicitamente nas normas, porém foram tratados detalhadamente no desenvolvimento deste trabalho, até que, enfim, obteve-se um plano de manutenção que cumpre os requisitos mínimos e garante um serviço de qualidade.

O objetivo deste trabalho, que foi cumprido, foi o de obter um plano de manutenção que cumprisse a Resolução Normativa N° 669 da ANEEL, inserido no Sistema de Acompanhamento da Manutenção, de forma a possibilitar a obtenção dos benefícios financeiros de acordo com outra resolução da ANEEL, a Resolução Normativa N° 729. Desta forma, para trabalhos futuros, de maneira a dar continuidade a este projeto, pode-se realizar a demonstração

de cálculos de PVI com valores reais para atividades de manutenção que podem ser desconsideradas da dedução da Receita Anual Permitida, conforme garantido na REN 729/2016 por cumprimento da REN 669/2015.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **ANEEL consolida normas do segmento de transmissão de energia elétrica**. Brasília, DF: ANEEL, 2021. Disponível em: [https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset\\_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/aneel-consolida-normas-do-segumento-de-transmissao-de-energia-eletrica/656877?inheritRedirect=false&redirect=https%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fsala-de-imprensa-exibicao-2%3Fp\\_p\\_id%3D101\\_INSTANCE\\_zXQREz8EVIZ6%26p\\_p\\_lifecycle%3D0%26p\\_p\\_state%3Dnormal%26p\\_p\\_mode%3Dview%26p\\_p\\_col\\_id%3Dcolumn-2%26p\\_p\\_col\\_pos%3D2%26p\\_p\\_col\\_count%3D3](https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/aneel-consolida-normas-do-segumento-de-transmissao-de-energia-eletrica/656877?inheritRedirect=false&redirect=https%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fsala-de-imprensa-exibicao-2%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_zXQREz8EVIZ6%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D2%26p_p_col_count%3D3). Acesso em: 30 jan. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Leilões de Transmissão**. Brasília, DF: ANEEL, 2017. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/transmissao4>. Acesso em: 08 dez. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Receita Anual Permitida**. Brasília, DF: ANEEL, 2015a. Disponível em: [https://www.aneel.gov.br/metodologia-transmissao/-/asset\\_publisher/6pqBPPJq59Ts/content/receita-anual-permitida-rap/654800?inheritRedirect=false&redirect=https%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fmetodologia-transmissao%3Fp\\_p\\_id%3D101\\_INSTANCE\\_6pqBPPJq59Ts%26p\\_p\\_lifecycle%3D0%26p\\_p\\_state%3Dnormal%26p\\_p\\_mode%3Dview%26p\\_p\\_col\\_id%3Dcolumn-2%26p\\_p\\_col\\_pos%3D2%26p\\_p\\_col\\_count%3D4](https://www.aneel.gov.br/metodologia-transmissao/-/asset_publisher/6pqBPPJq59Ts/content/receita-anual-permitida-rap/654800?inheritRedirect=false&redirect=https%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fmetodologia-transmissao%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_6pqBPPJq59Ts%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D2%26p_p_col_count%3D4). Acesso em: 10 dez. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa Nº 669, de 14 de julho de 2015: Regulamenta os Requisitos Mínimos de Manutenção e o monitoramento da manutenção de instalações de transmissão de Rede Básica. 2015b. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ed. 139, p. 99, 23 jul. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa Nº 729, de 28 de junho de 2016: Estabelece as disposições relativas à qualidade do serviço público de transmissão de energia elétrica, associada à disponibilidade e à capacidade operativa das instalações sob responsabilidade de concessionária de transmissão integrantes da Rede Básica. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ed. 125, p. 97, 1 jul. 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa Nº 846, de 11 de junho de 2019: Aprova procedimentos, parâmetros e critérios para a imposição de penalidades aos agentes do setor de energia elétrica e dispõe sobre diretrizes gerais da fiscalização da Agência. 2019a. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ed. 116, p. 37, 11 jun. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa Nº 853, de 13 de agosto de 2019: Estabelece as disposições relativas à qualidade do serviço público de transmissão de energia elétrica, associada à disponibilidade e à capacidade operativa de Funções Transmissão Conversora - FT Conversora - e dá outras providências. 2019b. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ed. 158, p. 221, 16 ago. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa Nº 906, de 8 de dezembro de 2020: Aprova o Módulo 4 - Prestação dos Serviços das Regras dos Serviços de Transmissão de Energia Elétrica, a revisão do Módulo 1 - Glossário das Regras dos Serviços de Transmissão de Energia Elétrica e dá outras providências. 2020. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ed. 240, p. 124, 16 dez. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **Boletim Anual de Geração Eólica – 2018**. São Paulo: ABEEólica, 2018.

BRASIL. Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996. Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 27 dez. 1996.

DE ALMEIDA, M. T. Manutenção Preditiva: confiabilidade e qualidade. **Revista Indústria em Foco**, n. 1, dez. 2007.

DE JESUS, L. S.; **Avaliação da Parcela Variável para apuração da qualidade do serviço de transmissão no Brasil segundo conceitos de confiabilidade**. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional – Ano Base 2020: Relatório Síntese**. Rio de Janeiro: EPE, 2021. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-588/Relat%C3%B3rio%20S%C3%ADntese%20BEN%202021-ab%202020\\_v2.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-588/Relat%C3%B3rio%20S%C3%ADntese%20BEN%202021-ab%202020_v2.pdf). Acesso em: 15 jul. 2021.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **O que é o ONS**. Brasília, DF: ONS, 2020a. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/o-que-e-ons>. Acesso em: 11 dez. 2020.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO **O que é o SIN?** Brasília, DF: ONS, 2020b. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-que-e-o-sin>. Acesso em: 12 dez. 2020.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Procedimentos de Rede: Submódulo 6.9 – Acompanhamento de manutenção de equipamentos e linhas de transmissão**. Brasília, DF: ONS, 2021a.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Procedimentos de Rede: Submódulo 9.2 – Indicadores de desempenho de equipamentos e linhas de transmissão e das funções transmissão e geração**. Brasília, DF: ONS, 2021b.

PRODANOV, C. C.; DE FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013, p. 42-72.

VASCONCELOS, D. F.; JÚNIOR, J. D. S.; FREITAS, L. N.; **Estudo do Plano da Gestão da Manutenção de um Banco de Transformadores de 150 MVA – 230/138 kV em Função de Aplicação de Parcela Variável por Indisponibilidade**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação em Sistemas Elétricos de Potência) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Multivix, Vitória, 2018.