



## Desenvolvimento de Índices de Estado de Linhas Aéreas de Muito Alta Tensão

**LUÍS MIGUEL FERREIRA GONÇALVES**

Julho de 2018

# DESENVOLVIMENTO DE ÍNDICES DE ESTADO DE LINHAS AÉREAS DE MUITO ALTA TENSÃO

Luís Miguel Ferreira Gonçalves



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia

**2018**



Relatório elaborado para satisfação parcial dos requisitos da Unidade Curricular de DSEE  
Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

Candidato: Luís Miguel Ferreira Gonçalves, N° 1160061, 1160061@isep.ipp.pt

Orientação do ISEP: Tiago Branco Andrade, tba@isep.ipp.pt

Organização: REN – Rede Elétrica Nacional, S.A.

Orientação da organização: José da Costa Moreira, jose.moreira@ren.pt



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

**2018**



## *Nota biográfica*

Luís Miguel Ferreira Gonçalves nascido a 20 de setembro de 1991 é natural do concelho da Sé, Angra do Heroísmo, Portugal. Ingressou em 2016 no Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia (MEE-SEE), no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP). De fevereiro a julho de 2018 desenvolveu a sua dissertação de Mestrado no âmbito de estágio curricular que decorreu na Rede Elétrica Nacional, S.A. (REN), empresa do grupo REN, SGPS, S.A. No período de estágio, integrou o departamento Programação e Otimização de Ativos da REN no qual desenvolveu um projeto de que resultou esta tese.

A orientação desta tese, por parte do Instituto Superior de Engenharia do Porto, foi desempenhada pelo Professor Tiago Branco Andrade, e a função de coorientador foi executada pelo Engenheiro José da Costa Moreira, quadro superior da área de linhas do departamento de Programação e Otimização de Ativos da REN.

Relativamente à empresa onde desenvolveu o trabalho, a Rede Elétrica Nacional, S.A. é o responsável pelo transporte de energia em Portugal, apresentando-se como agente gestor da Rede Nacional de Transporte (RNT), ligando os produtores aos centros de consumo e assegurando que todos os portugueses possam ter energia nas suas casas. A missão desta empresa é a de garantir o fornecimento ininterrupto de eletricidade ao menor custo, satisfazendo critérios de qualidade e segurança, mantendo o equilíbrio entre a oferta e a procura em tempo real, assegurando as condições de sistema necessárias que viabilizam o mercado de energia.



## *Agradecimentos*

Em primeiro lugar ao Engenheiro José da Costa Moreira, pela motivação, disponibilidade e conselhos prestados. Sem o seu contributo e orientação o desenrolar deste trabalho não seria o mesmo.

À REN deixo o meu agradecimento pela oportunidade que me concedeu e por proporcionar as melhores condições para o desenvolvimento da presente dissertação. E uma especial palavra de apreço aos colaboradores do Complexo da REN em Vermoim. Nunca esquecerei a forma como me acolheram e integraram.

Agradeço ao Professor Doutor Tiago Andrade pelo apoio, disponibilidade, e orientação dada no decurso do trabalho desenvolvido.

Gostaria de expressar um agradecimento aos meus amigos e companheiros que tanto me apoiaram e ajudaram a conseguir vencer os obstáculos que surgiram ao longo destes meses.

E por fim, tenho de expressar a minha gratidão à minha família. Em especial aos meus pais e avós, fico grato por tudo o que me foi transmitido na vida, sempre com paciência e compreensão. Sem o apoio deles não seria a pessoa que sou hoje.



## *Resumo*

Manter as linhas de transporte de energia, de forma que as mesmas trabalhem na sua melhor condição e eficientemente sem que a sua falha gere incidentes, é uma preocupação cada vez maior da área de gestão de ativos das empresas concessionárias das Redes de Transporte de energia. De forma a apresentar opções de gestão apropriadas que visam minimizar o valor das despesas anuais da manutenção das linhas, são necessárias ferramentas que permitam tirar conclusões de forma rápida e inequívoca.

Assim, com este trabalho propõe-se um método inovador de Índices de Estado que permitem apoiar e facilitar decisões relativas à gestão do ativo de linhas aéreas de muito alta tensão, a partir de dados recolhidos em inspeções.

Além disso, este trabalho apresenta uma primeira análise ao processo de Inspeção Visual Terrestre a Linhas Aéreas já implementado, e propõe diversas alterações e metodologias que visam a precisão e robustez de todo o processo de inspeção.

### *Palavras-Chave*

Linhas de Muito Alta Tensão, Índices de Estado, Indicadores de Performance, Inspeções Visuais Terrestres a Linhas Aéreas.



## *Abstract*

An increasing concern belonging to the assets management departments of the concessionaires of Energy Transmission Grid is the maintenance of the overhead transmissions lines. In order to present appropriate management options that aim to minimize the cost of annual line maintenance, procedures are needed to quickly and unambiguously draw conclusions.

This dissertation proposes an innovative method on using data collected during inspections to building Key Performance Indicators that will allow the support and facilitate the decisions that have to be made by the asset management of the overhead transmission lines.

In addition, this thesis presents a first analysis to the concept of Visual Inspection of the overhead transmission lines already implemented, proposing several changes and new approaches, aiming to increase the precision and robustness of the entire inspection process.

### ***Keywords***

Overhead transmission lines, Key Performance Indicators, Status Indicators, Terrestrial visual inspections to overhead transmission lines.



# Índice

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.2 ESTRUTURA DO DOCUMENTO .....	3
<b>2. LINHAS AÉREAS DE MUITO ALTA TENSÃO DA RNT.....</b>	<b>5</b>
2.1 APOIOS OU POSTES.....	7
2.1.1 Fundações dos Apoios.....	10
2.1.2 Malha ou Rede de Terra dos Apoios .....	11
2.2 CABOS .....	13
2.2.1 Cabos Condutores.....	13
2.2.2 Cabos de Guarda OPGW.....	15
2.3 CADEIAS DE ISOLADORES.....	17
2.4 ACESSÓRIOS .....	19
2.4.1 Pinças de Fixação dos Cabos.....	19
2.4.2 Amortecedores de Vibrações.....	20
2.4.3 Separadores de Feixe .....	21
2.4.4 Conjuntos Sinaléticos .....	22
2.4.5 Balizagem - Sinalização para Aeronaves .....	22
2.4.6 Sinalização para avifauna .....	24
2.4.7 Inibidores de Poiso .....	25
2.4.8 Plataformas de Nidificação.....	25
2.5 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO.....	26
<b>3. INSPEÇÃO DE LINHAS MAT POR VIA TERRESTRE .....</b>	<b>27</b>
3.1 INSPEÇÃO VISUAL TERRESTRE A LINHAS AÉREAS .....	28
3.1.1 Equipa de Inspeção.....	29
3.1.2 Dados a registar nas Inspeções Visuais Terrestres a Linhas Aéreas .....	30
3.1.3 Apresentação dos Resultados das IVTA .....	31
3.2 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO .....	32

<b>4. ANÁLISE DAS INSPEÇÕES VISUAIS TERRESTRES A LINHAS AÉREAS.....</b>	<b>33</b>
4.1 1.ª ANÁLISE DE DADOS – QUALIDADE E INTEGRIDADE .....	36
4.1.1 Erros de Qualidade de Dados .....	37
4.1.2 Erros de Integridade de Dados .....	39
4.2 2.ª E 3.ª ANÁLISES DE DADOS .....	42
4.2.1 Sugestão de Alteração ao Modelo das IVTA .....	43
4.3 CRITÉRIO DE CRITICIDADE UTILIZANDO CARACTERÍSTICAS.....	46
4.4 LISTA DE CÓDIGOS DE AVARIAS DE LINHAS MAT .....	48
4.5 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO .....	51
<b>5. ÍNDICES DE ESTADO UTILIZANDO DADOS DAS IVTA .....</b>	<b>53</b>
5.1 INDICADORES DE ESTADO .....	54
5.1.1 Identificação da Linha .....	54
5.1.2 Indicadores Gerais .....	55
5.1.3 Indicadores por Parte de Objeto .....	55
5.1.4 Informações da Linha .....	56
5.2 <i>DASHBOARD</i> .....	57
5.3 ANÁLISE DOS ÍNDICES DE ESTADO.....	60
5.4 UTILIDADE DOS ÍNDICES DE ESTADO E DAS NOTAS DE AVARIA CODIFICADAS .....	62
5.5 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO .....	63
<b>6. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO .....</b>	<b>65</b>
6.1 CONCLUSÕES.....	66
6.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS .....	66
<b><i>ANEXO A</i> .....</b>	<b>71</b>
<b><i>ANEXO B</i> .....</b>	<b>73</b>
<b><i>ANEXO C</i> .....</b>	<b>77</b>
<b><i>ANEXO D</i> .....</b>	<b>88</b>
<b><i>ANEXO E</i> .....</b>	<b>91</b>

## *Índice de Figuras*

<b>Figura 1</b> – Apoio em amarração de uma linha simples .....	7
<b>Figura 2</b> – Apoio em suspensão de linha dupla em esteira horizontal .....	8
<b>Figura 3</b> – Apoio em suspensão de linha tripla .....	9
<b>Figura 4</b> – Instalação de apoio tubular de linha dupla com cadeias em amarração.....	10
<b>Figura 5</b> – Armação de uma fundação (esquerda) e fundação destapada (direita).....	11
<b>Figura 6</b> – Ligação do apoio à malha de terra .....	12
<b>Figura 7</b> – Malha de Terra em anel fechado instalada em zonas frequentadas .....	13
<b>Figura 8</b> – Cabo ACSR seccionado .....	14
<b>Figura 9</b> – Principais cabos condutores utilizados na RNT.....	14
<b>Figura 10</b> – Cabo Conductor de Alumínio com alma em compósito ACCR.....	15
<b>Figura 11</b> – Cabos de Guarda da RNT .....	16
<b>Figura 12</b> – Cabo OPGW com tubo de aço-inox com fibras óticas incorporadas.....	16
<b>Figura 13</b> – Isoladores da esquerda para a direita: vidro, cerâmica, compósitos .....	17
<b>Figura 14</b> – Limpeza de isoladores em tensão.....	18
<b>Figura 15</b> – Acessórios de proteção da cadeia de isoladores .....	19
<b>Figura 16</b> – Pinça de Suspensão AGS de um cabo de guarda .....	19
<b>Figura 17</b> – Pinça de amarração .....	20
<b>Figura 18</b> – Amortecedor de vibrações tipo Stockbridge.....	21

<b>Figura 19</b> – Separador simples (esquerda), separador/amortecedor (direita).....	21
<b>Figura 20</b> – Conjuntos Sinaléticos.....	22
<b>Figura 21</b> – Apoio com pintura de balizagem diurna.....	23
<b>Figura 22</b> – Esferas de balizagem.....	23
<b>Figura 23</b> – Balisor luminoso.....	24
<b>Figura 24</b> – Bird Flight Diverter.....	24
<b>Figura 25</b> – Inibidor de Poiso.....	25
<b>Figura 26</b> – Plataforma de nidificação num apoio da RNT.....	26
<b>Figura 27</b> – Atividades desenvolvidas pelas empresas responsáveis pelas IVTA.....	32
<b>Figura 28</b> – Relatório de uma IVTA.....	34
<b>Figura 29</b> – Modelo de classificação das notas de avaria em relatório.....	35
<b>Figura 30</b> – Análises de dados aos relatórios das IVTA.....	36
<b>Figura 31</b> – Notas de avaria com a característica "Geral".....	40
<b>Figura 32</b> – Notas de avaria mal caracterizadas.....	41
<b>Figura 33</b> – Características críticas.....	47
<b>Figura 34</b> – Lista de Códigos de Avaria das Linhas MAT.....	49
<b>Figura 35</b> – Avarias definidas como críticas na Lista de Códigos de Avaria.....	50
<b>Figura 36</b> – Identificação da Linha.....	54
<b>Figura 37</b> – Indicadores gerais.....	55
<b>Figura 38</b> – Indicadores por Parte de Objeto.....	56
<b>Figura 39</b> – Informações sobre a linha.....	56

<b>Figura 40</b>	– Dashboard com os Indicadores de Performance das Linha MAT .....	57
<b>Figura 41</b>	– Gráfico com as avarias críticas e não críticas de cada uma das linhas .....	58
<b>Figura 42</b>	– Gráfico circular com os Indicadores de Avarias por Parte de Objeto.....	58
<b>Figura 43</b>	– Gráfico de área com os Índices de Avarias/Apoio e Avarias/Km de linha.	59
<b>Figura 44</b>	– Gráficos de barras empilhadas de avarias críticas e não críticas .....	59
<b>Figura 45</b>	– Cartões com Total de Avarias, Avarias Críticas e Avarias não Críticas ...	59
<b>Figura 46</b>	– Linhas com valores mais altos de Avarias/Km de linha. ....	60
<b>Figura 47</b>	– Avarias por Parte de Objeto .....	61
<b>Anexo A. 1</b>	– Template Word para preenchimento no terreno (Frente) .....	71
<b>Anexo A. 2</b>	– Template Word para preenchimento no terreno (Verso) .....	72
<b>Anexo B. 1</b>	– Linhas de 400 kV analisadas.....	73
<b>Anexo B. 2</b>	– Linhas de 220 kV analisadas.....	74
<b>Anexo B. 3</b>	– Linhas de 150 kV analisadas.....	76
<b>Anexo C. 1</b>	– Lista de Códigos de Avaria das Linhas MAT .....	77
<b>Anexo D. 1</b>	– Tabela de Índices de Estado 1.....	88
<b>Anexo D. 2</b>	– Tabela de Índices de Estado 2.....	89
<b>Anexo D. 3</b>	– Tabela de Índices de Estado 3.....	90
<b>Anexo E. 1</b>	– Dashboard Indicadores de Performance Linhas MAT.....	91



## *Índice de Tabelas*

<b>Tabela 1</b> – Linhas de Muito Alta Tensão da RNT .....	6
<b>Tabela 2</b> – Campos dos relatórios das IVTA.....	34
<b>Tabela 3</b> – Resumo dos erros evidenciados na 1. <sup>a</sup> análise.....	37
<b>Tabela 4</b> – Notas de avaria alteradas numa 2. <sup>a</sup> Análise .....	42
<b>Tabela 5</b> – Alterações ao Modelo das IVTA. ....	44
<b>Tabela 6</b> – Resumo da 1. <sup>a</sup> e última análise dos dados das IVTA. ....	46
<b>Tabela 7</b> – Análise ao Critério de Criticidade .....	47
<b>Tabela 8</b> – Análise ao critério estabelecido na Lista de Códigos de Avaria.....	50



## *Acrónimos*

AAAC	<i>All Aluminium Alloy Conductor</i>
ACCC	<i>Aluminium Conductor Composite Core</i>
ACSC	<i>Aluminium Conductor Steel Reinforced</i>
AACSR	<i>Aluminum Alloy Conductor, Steel Reinforced</i>
AGS	<i>Armour Grip Suspension</i>
AT	Alta Tensão
CTLT	Caracterização Técnica de LMAT por Via Terrestre
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
EDS	<i>Every Day Stress</i>
ITPT	Inspeção Termográfica Pontual Terrestre
ITTS	Inspeção Termográfica Terrestre a Linhas Subterrâneas
IVT	Inspeções Visuais Terrestres
IVTA	Inspeção Visual Terrestre a Linhas Aéreas
IVTS	Inspeção Visual Terrestre a Linhas Subterrâneas
IVRT	Inspeção Visual Rápida Terrestre
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
LMAT	Linhas de Muito Alta Tensão
MT	Média Tensão
MAT	Muito Alta Tensão
MRTA	Medição da Resistência de Terra em Linhas Aéreas
MRTS	Medição da Resistência de Terra em Linhas Subterrâneas
OPGW	<i>Optical Ground Wire</i>
OST	Operador do Sistema de Transmissão

REN	Rede Elétrica Nacional
RNT	Rede Nacional de Transporte
RTV	<i>Room Temperature Vulcanization</i>
RSLEAT	Regulamento de Segurança de Linhas Elétricas da Alta Tensão
TSO	<i>Transmission System Operator</i>
VBA	<i>Visual Basic for Application</i>

## *Glossário*

**Alta Tensão** – tensão entre fases, cujo valor eficaz é superior a 45 kV e igual ou inferior a 110 kV.

**Apoio** – numa linha elétrica aérea, é a estrutura à qual estão fixos/apoiados os cabos condutores e de guarda.

**Apoio de amarração** – numa linha elétrica aérea, é a estrutura à qual estão fixos (amarrados) os cabos condutores e de guarda; um apoio de amarração onde a linha tem um ângulo pode ser designado também por apoio de ângulo ou vértice.

**Apoio de suspensão** - numa linha elétrica aérea, é a estrutura à qual estão apoiados (suspensos) os cabos condutores e de guarda.

**Baixa Tensão** – tensão entre fases, cujo valor eficaz é igual ou inferior a 1 kV.

**Características de inércia (massa) e de elasticidade** – em linhas elétricas aéreas, com referência a dispositivos mecânicos de amortecimento de vibrações eólicas, instalados nos cabos; estes dispositivos pretendem dissipar a energia de vibração, impedindo fenómenos de ressonância que ampliam aquela energia.

**Condições geotécnicas do terreno** – características mecânicas do solo (consistência, pressões admissíveis, e outras) que permitem determinar a adequação deste a uma fundação de tipo normalizado ou a necessidade de dimensionamento particular, eventualmente com recurso a sondagens específicas.

**Correntes de defeito** – (correntes de curto circuito) as correntes que se escoarão através do circuito de terra em caso de falha de isolamento.

**Every Day Stress** – valor percentual da tensão mecânica mais frequente dos cabos condutores ou de terra relativamente à tensão de rotura dos mesmos cabos.

**Efeito de coroa** – fenómeno que ocorre na vizinhança imediata dos cabos condutores e na presença de um intenso campo elétrico; as moléculas de gás do ar são ionizadas, e

originam milhares de descargas elétricas intermitentes que causam um ruído audível semelhante a um crepitar ou zumbido.

**Faixa de Proteção à Linha (Zona de Proteção à Linha)** - normalmente é um corredor de 45 m de largura máxima, limitado por duas retas paralelas distanciadas 22,5 m do eixo do traçado, onde se procede ao corte ou decote das árvores para garantir a distância mínima referida no Dec. Regulamentar n.º 1/92, de 18 de fevereiro.

**Flecha** – numa linha elétrica aérea e em cada vão, a medida do comprimento entre o ponto mais baixo dos cabos e o ponto de fixação mais baixo (flecha de nível).

**Incidente** – qualquer anomalia na rede elétrica que requeira ou cause a abertura automática de disjuntores.

**Linha** – sistema de três condutores através dos quais flui um sistema trifásico de correntes elétricas.

**Linha de circuito duplo** – linha elétrica aérea em que os apoios podem suportar dois circuitos trifásicos (6 cabos condutores + 2 cabos de guarda).

**Linha de fuga** – característica de cada isolador que mede a capacidade de isolamento a uma determinada tensão; mede-se em mm/kV.

**Média Tensão** – tensão entre fases, cujo valor eficaz é superior a 1 kV e igual ou inferior a 45 kV.

**Muito Alta Tensão** – tensão entre fases, cujo valor eficaz é superior a 110 kV.

**Neopreno** – material sintético com características similares à da borracha utilizada nas pinças de suspensão das linhas da RNT.

**Perturbações radioelétricas** – ruído introduzido no espectro de frequências de rádio e TV em resultado das micro disrupções elétricas que podem ocorrer nas vizinhanças dos cabos condutores (efeito coroa).

**Tensão de contacto** – em linhas elétricas aéreas, é a tensão a que uma pessoa fica submetida se se encontrar em contacto com o solo e com o apoio no momento de ocorrência de uma corrente de defeito.

**Tensão de passo** – em linhas elétricas aéreas, é a tensão a que uma pessoa fica submetida entre os seus pés enquanto caminha na vizinhança do apoio no momento de ocorrência de uma corrente de defeito.

**Tensão mecânica de esticamento** (normalmente referenciada ao *EDS*) – em linhas elétricas aéreas, a tração a que os cabos estão submetidos num estado termomecânico de referência.

**Upgrade** – reutilização de um corredor de linha existente para instalação de outro com um valor de tensão superior.

**Uprate** – conjunto de operações designadamente de alteamento de apoios (por substituição ou colocação de módulos), aumento da tração mecânica ou substituição dos cabos, pelas quais se aumenta a capacidade de transporte de uma linha aérea já existente.

**Vão** – numa linha elétrica aérea, é o espaço entre dois apoios.



# 1. INTRODUÇÃO

No passado, as decisões relativas à gestão de ativos de linhas aéreas de transporte de energia elétrica eram tomadas com base no conhecimento de indivíduos experientes na área. Atualmente para quantificar qualquer análise à performance de linhas aéreas, é necessário a recolha de dados que sejam fiáveis e inequívocos, que devem ser recolhidos para apurar possíveis causas que possam levar à falha ou que interfiram na performance do ativo. Esses dados são baseados em diversas ações de inspeção às linhas de transporte de energia e devem estar disponíveis para uma possível consulta ou análise, de preferência num sistema apropriado de gestão de dados. A partir dessas informações, podem ser utilizadas técnicas de gestão de risco para suportar decisões de gestão de risco [1].

Manter os ativos, de forma a que os mesmos trabalhem na sua melhor condição e eficientemente sem que a sua falha gere incidentes, é uma preocupação cada vez maior das áreas de gestão de ativos das empresas concessionárias das Redes de Transporte de energia, também designadas como *Transmission System Operator's* (TSO). O bom desempenho dos ativos é um dos principais objetivos das empresas responsáveis pela gestão e transporte de energia elétrica. Para alcançar este propósito, é necessário otimizar a manutenção visando sempre manter a qualidade e a segurança da rede, dando sempre resposta às necessidades dos clientes.

Devido à sua complexidade, extensão e exposição, os elementos de uma linha aérea degradam-se com o tempo e com a exposição a ambientes adversos. Porém, não é eficiente nem é economicamente viável realizar ações de manutenção para qualquer elemento que apresente uma avaria ou anomalia sem uma pré-avaliação, até porque há avarias nas linhas de transporte que podem afetar a qualidade de serviço e outras não. De forma a apresentar opções de gestão apropriadas que visam minimizar o valor das despesas anuais da manutenção das linhas, é necessário um sistema de gestão de dados que permita tirar conclusões de forma rápida, com o intuito de apresentar à administração dos *TSOs* opções e custos associados às mesmas. A gestão das linhas aéreas de transporte de energia como ativo, deve ser feita de forma que sejam tomadas decisões que permitam alcançar uma taxa aceitável de falhas, devido a certos eventos e consistente com as metas da administração.

No presente documento, abordar-se-á um tema inovador, que passa pela construção de Índices de Estado ou *Key Performance Indicators* (KPI) das linhas de muito alta tensão da Rede Nacional de Transporte a partir de dados provenientes de Inspeções Visuais Terrestres a Linhas Aéreas (IVTA). Estes indicadores pretendem ser uma ferramenta para a gestão de ativos, pois permitem auferir o estado do ativo de uma forma rápida e intuitiva. Nesta dissertação são também sugeridas alterações às rotinas de análise e a criação de uma lista de avarias para dar resposta a um problema identificado.

## **1.1 OBJETIVOS**

Com a realização desta dissertação pretende-se:

- Avaliar a integridade/qualidade dos dados recolhidos em Inspeções Visuais Terrestres a Linhas Aéreas;
- Desenvolvimento de metodologias de análise de dados de Inspeções Visuais Terrestres a Linhas Aéreas;
- Desenvolvimento de Índices de Estado de Linhas de Muito Alta Tensão.

O *primeiro ponto* consiste em fazer-se uma avaliação da integridade e qualidade dos dados recolhidos no terreno por equipas de inspeção a linhas aéreas de transporte de energia.

O *segundo ponto* pretende desenvolver metodologias de análise qualitativa quanto à criticidade das avarias identificadas nas Inspeções Visuais Terrestres a Linhas Aéreas, com vista à criação dos Índices de Estado.

O *terceiro e último ponto* prende-se pelo desenvolvimento de índices que permitam avaliar o Estado do ativo de linhas MAT, a partir de dados recolhidos em inspeções visuais terrestres. Estes índices são um conceito inovador e devem permitir auferir o estado das linhas, apoiando e facilitando decisões de gestão de ativos.

## **1.2 ESTRUTURA DO DOCUMENTO**

O desenvolvimento da presente dissertação assenta em seis capítulos para além do presente, de acordo com a seguinte estrutura:

- No capítulo 2, apresenta-se uma caracterização das linhas aéreas de muito alta tensão da RNT e dos seus componentes;
- No capítulo 3, apresentam-se as Inspeções a Linhas MAT por Via Terrestre, dando-se ênfase às Inspeções Visuais Terrestres a Linhas Aéreas;
- No capítulo 4, relatam-se as diferentes análises e os tratamentos de dados efetuados tendo como base os relatórios das Inspeções Visuais Terrestres a Linhas Aéreas, os problemas detetados e as sugestões apresentadas com vista à criação de Índices de Estado precisos e fiáveis;
- No capítulo 5, relata-se o desenvolvimento de Índices de Estado utilizando dados recolhidos em Inspeções Visuais Terrestres a Linhas Aéreas, e de um *Dashboard*;
- No capítulo 6, apresentam-se as conclusões desta tese e sugerem-se trabalhos futuros.



## 2. LINHAS AÉREAS DE MUITO ALTA TENSÃO DA RNT

Em Portugal Continental, o Transporte de Energia em Muito Alta Tensão (MAT) é assegurado pela Rede Elétrica Nacional, que tem a responsabilidade da gestão das infraestruturas, que constituem a Rede Nacional de Transporte e a gestão técnica global do Sistema Elétrico Nacional.

A Rede Nacional de Transporte, quase a completar 70 anos, conta com uma grande diversidade de equipamentos que vieram dar resposta às necessidades e desafios do transporte de energia em Portugal. As principais infraestruturas que constituem a RNT, a 31 de dezembro de 2017, são 68 subestações, 11 postos de corte, 2 de seccionamento, 1 de transição, um conjunto de Linhas Aéreas de Muito Alta Tensão (LMAT), que operam em três níveis de tensão nomeadamente 150 kV, 220 kV e 400 kV, e cabos subterrâneos de transporte de energia enterrados ou em galeria de cabos.

Na Tabela 1 é possível verificar o comprimento das linhas da Rede Nacional de Transporte por nível de tensão.

**Tabela 1** – Linhas de Muito Alta Tensão da RNT [2].

<b>Nível de Tensão</b>	<b>Comprimento de linhas em serviço</b>
150 kV	2582 km
220 kV	3611 km
400 kV	2714 km
<b>Total</b>	<b>8907 km</b>

As interligações que asseguram os circuitos dos diversos pontos da rede são estabelecidas fundamentalmente por Linhas Aéreas de Muito Alta Tensão (LMAT). Neste capítulo são referenciados diversos componentes que constituem as linhas aéreas de transporte de energia que são o foco deste trabalho.

Neste projeto, o conceito utilizado de linha estará de acordo com uma perspetiva de operação do sistema, isto é, cada linha corresponde a um circuito elétrico: “*sistema de três condutores através dos quais flui um sistema trifásico de correntes elétricas*” [2].

As linhas aéreas de transporte de energia são, na sua generalidade, constituídas por:

- Apoios ou Postes;
- Fundações de Apoios;
- Malha ou Rede de Terra;
- Cabos Condutores;
- Cabos de Guarda;
- Cadeia de Isoladores.

Estes e outros elementos das linhas da Rede Nacional de Transporte serão caracterizados nos pontos seguintes.

## 2.1 APOIOS OU POSTES

Os apoios da Rede Nacional de Transporte são, na sua maioria, estruturas de aço reticuladas construídas com cantoneiras e chapas aparafusadas entre si, existindo também apoios tubulares instalados em alguns casos pontuais por necessidades técnicas. Os postes reticulados são projetados de modo a otimizar e simplificar o seu fabrico e montagem, introduzindo características adicionais que facilitam e aumentam a segurança de execução de operações de montagem e de exploração [3]. Todos os apoios da RNT bem como as suas fundações são homologadas pela Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG).

Os apoios da RNT quanto às linhas podem ser caracterizados como:

- Apoios de linha simples em esteira triangular, horizontal ou vertical (1 circuito);
- Apoios de linha dupla em esteira vertical ou horizontal (2 circuitos);
- Apoios de linha tripla em esteira triangular horizontal (3 circuitos).

Os apoios podem também ser classificados quanto às cadeias de isoladores que possuem, podendo ser postes de amarração ou de suspensão. A robustez da estrutura de um apoio em amarração é sempre superior à dos apoios em suspensão, devido a estes estarem sujeitos a maiores esforços. É possível ver um apoio em amarração na Figura 1.



**Figura 1** – Apoio em amarração de uma linha simples (fonte: REN).

Os apoios de amarração ou apoios de ângulo, como são também chamados, são instalados quando é necessário alterar a direção da linha ou também como “apoios de fim de linha”. Nestes apoios com cadeias de isoladores em amarração, as fundações e a estrutura metálica são mais robustas que os apoios em suspensão, pois estão sujeitas a maiores esforços. Os apoios de amarração “fim de linha” são apoios dimensionados para a possibilidade de terem de suportar grandes esforços devido ao colapso de apoios de alinhamento.

As linhas aéreas com cadeias de isoladores em suspensão, como a da Figura 2, são utilizadas geralmente em troços de linha retilíneos que são chamados de “apoios de alinhamento” e têm como principal característica estrutural a resistência aos esforços verticais.



**Figura 2** – Apoio em suspensão de linha dupla em esteira horizontal (fonte: REN).

Os apoios com a estrutura metálica reticulada permitem que se faça uma remodelação das linhas de transporte para aumento da capacidade de transporte de forma facilitada. As ações de remodelação das linhas consistem na sua maioria num reforço estrutural das fundações e na introdução de módulos prismáticos adicionais à estrutura, de forma a aumentar a cota da linha e, conseqüentemente, a distância dos cabos condutores a possíveis obstáculos.

Este processo pode ser motivado por um *upgrade* ou *uprate* da linha. Por vezes existe a necessidade, por parte do gestor da rede de transporte, de aumentar a capacidade de transporte de uma linha aérea através da subida do seu nível de tensão. A este processo dá-se o nome de *upgrade* [4].

Na Figura 3 é possível ver um apoio com 3 circuitos, após um *upgrade* que foi efetuado. Este apoio possui respetivamente as linhas de transporte de Valeira-Armamar 1, e Valeira-Armamar 2 a operar a 220 kV, e a linha Foz Tua-Armamar a 400 kV.



**Figura 3** – Apoio em suspensão de linha tripla (fonte: REN).

Com o *upgrade* de uma linha, o nível de tensão a circular nos cabos condutores irá aumentar e, conseqüentemente a temperatura dos cabos também, o que resulta numa maior flecha da linha. Assim, de forma a cumprir as distâncias de segurança do Regulamento de Segurança de Linhas Elétricas de Alta Tensão, é necessário aumentar a distância dos condutores a possíveis obstáculos.

O *uprate* de uma linha é o aumento da sua capacidade de transporte de energia elétrica, mas sem subir o seu nível de tensão. Poderá ser pelo aumento da tração mecânica ou devido à substituição dos cabos existentes por outros que aumentem a capacidade de transporte de uma linha aérea já existente.

Pontualmente, têm sido instalados na Rede Nacional de Transporte apoios tubulares, que são uma solução para locais onde o espaço disponível para as fundações dos apoios é um problema. Outra particularidade desta tipologia de apoios é que provoca um menor impacto visual embora representem um maior custo. Na Figura 4 seguinte, é possível ver um destes exemplares.



**Figura 4** – Instalação de apoio tubular de linha dupla com cadeias em amarração (fonte: REN).

### **2.1.1 FUNDAÇÕES DOS APOIOS**

As fundações de um apoio são constituídas por quatro maciços de betão independentes; cada um destes maciços irá suportar uma perna da estrutura metálica do apoio. Todos os apoios da Rede Nacional de Transporte possuem fundações que foram dimensionadas cumprindo o Regulamento de Segurança de Linhas Elétricas de Alta Tensão (DR nº1/92 RSLEAT). Pontualmente, dada a natureza dos terrenos, é necessário estudar, projetar e implementar fundações com características especiais [5].

As fundações devem ser capazes de suportar todos os esforços que a estrutura metálica possa vir a sofrer, seja a força de tração dos cabos ou os esforços provocados pelas mais exigentes condições climatéricas do local onde será instalada.

Uma fundação é formada por uma sapata em degraus e uma chaminé, como é possível constatar na Figura 5, e o betão utilizado possui uma característica resistência mecânica à compressão. No dimensionamento destas estruturas é tido em conta o tipo de apoio e quantos circuitos irão suportar e, por vezes, as condições geotécnicas do terreno onde serão implantadas.

É durante a construção das fundações que é preparada a ligação do poste a um circuito de terra, que garante a segurança de pessoas e bens.



**Figura 5** – Armadura de uma fundação (esquerda) e fundação destapada (direita), (fonte própria).

### **2.1.2 MALHA OU REDE DE TERRA DOS APOIOS**

Uma malha ou rede de terra é montada sob o apoio ou poste, com o intuito de conduzir as correntes de defeito e limitar o aparecimento de tensões de passo e de contacto, que possam pôr em perigo a vida humana ou a integridade de instalações nas proximidades. Outro objetivo da rede de terras é o de reduzir a probabilidade a possíveis contornamentos dos isoladores por arco de retorno, assegurando um valor da resistência de terra suficientemente baixo para cumprir essa finalidade, assegurando assim condições de fiabilidade à exploração da rede de transporte.

A ligação do apoio à terra é assegurada pelo contacto com a estrutura de um cabo em cobre, como é possível ver na Figura 6, e a ligação à terra é feita por eléctrodos de terra fabricados ou revestidos em cobre e ligadores apropriados, procurando manter um bom contacto e baixa resistência.



**Figura 6** – Ligação do apoio à malha de terra (fonte: REN).

Existem diferentes configurações de ligação à terra dependendo da classificação do local onde o apoio será instalado. A classificação das zonas é feita consoante a probabilidade de se verificar presença de vida humana na área onde será instalado o poste [6].

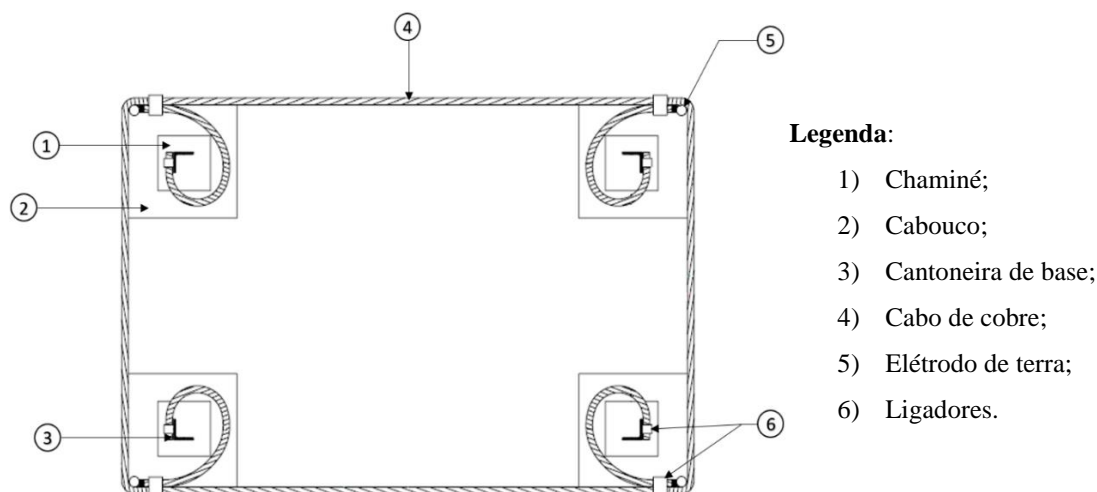
Assim sendo, consideram-se:

- **Zonas não frequentadas:** áreas onde a presença humana é esporádica e normalmente caracterizada pela sua inaptidão agrícola;
- **Zonas pouco frequentadas:** zonas onde a presença ou intervenção humana é pouco frequente;
- **Zonas frequentadas:** locais onde é possível verificar com alguma frequência a presença humana;
- **Zonas públicas:** todos os espaços onde se verifique uma significativa densidade populacional.

As diferentes disposições das redes de terra variam consoante as exigências de segurança que podem ser maiores ou menores dependendo da probabilidade de presença humana nas proximidades do apoio.

As configurações das malhas de terra de cada apoio possuem então, valores de resistência de terra compatíveis com o risco caracterizado pelos valores admissíveis das tensões de contacto e de passo do local em causa.

Na Figura 7 seguinte é possível verificar a configuração de uma rede de terra de um apoio, instalada numa zona considerada como frequentada.



**Figura 7** – Malha de Terra em anel fechado instalada em zonas frequentadas, (adaptado [5]).

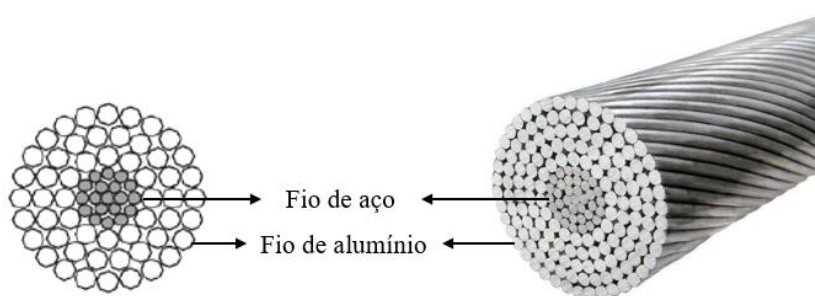
## 2.2 CABOS

As linhas aéreas de transporte de energia possuem dois tipos de cabos: os cabos condutores e os cabos de guarda, tendo cada um deles funções distintas. Os cabos condutores compõem os circuitos elétricos por onde é feito o transporte de energia. Já os cabos de guarda servem principalmente de proteção aos condutores em caso de descarga atmosférica. Nos próximos dois subcapítulos é feita uma descrição destes dois tipos de cabos das linhas da RNT.

### 2.2.1 CABOS CONDUTORES

Os cabos condutores utilizados nas linhas aéreas de transporte são cabos multifilares nus que podem ser de liga de alumínio (AAAC - *All Aluminium Alloy Conductor*), de alumínio com alma de aço (AACSR - *Aluminium Conductor Steel Reinforced* ou ACSR - *Aluminium Alloy Conductor, Steel Reinforced*) ou, pontualmente, de alumínio com alma de compósito (ACCR - *Aluminium Conductor Composite Reinforced*) [7].

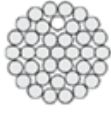
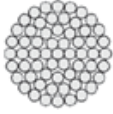
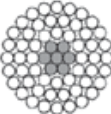
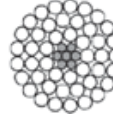
Os fios de alumínio utilizados na concepção dos cabos condutores são responsáveis pelas propriedades elétricas do cabo, e os fios de aço ou compósito adicionam propriedades mecânicas ao cabo. O alumínio é muito utilizado em linhas aéreas por permitir reduzir o peso dos condutores em cerca de 50% relativamente a outras ligas e apresentar uma boa condutividade elétrica. E embora o alumínio não tenha as melhores características mecânicas, estas podem ser melhoradas associando aço ao alumínio, obtendo-se os chamados cabos de alumínio com alma de aço como o da Figura 8 [8].



**Figura 8** – Cabo ACSR seccionado, (adaptado [8]).

Os cabos condutores elétricos devem cumprir a sua função de transporte de energia e serem capazes de suportar as correntes de defeito sem que estas afetem as suas propriedades. Os condutores nus não possuem qualquer isolamento elétrico exterior, o que facilita a dissipação do calor dos cabos e faz com que esta tipologia seja utilizada nas linhas aéreas de muito alta tensão, de forma a reduzir perdas na rede.

Na Figura 9 seguinte, são apresentados os cabos condutores mais utilizados atualmente nas linhas aéreas da RNT.

Composição dos cabos de liga de alumínio			
Cabo	Secção do cabo	Cabo	Secção do cabo
Aster 570 – 37 fios		Aster 1140 – 61 fios	
Composição dos cabos de liga de alumínio com alma de aço			
Cabo	Secção do cabo	Cabo	Secção do cabo
Zebra – 54/7 fios		Zambeze – 45/7 fios	

**Figura 9** – Principais cabos condutores utilizados na RNT (adaptado [7]).

Nas linhas da RNT onde os níveis de tensão são mais elevados, nomeadamente os 400 kV, é comum utilizarem-se dois cabos condutores por fase (feixe duplo), ou até três condutores (feixe triplo) de forma a reduzir as perdas na linha, aumentando assim a capacidade de transporte da linha [9].

Num caso pontual da Rede Nacional de Transporte foi necessário realizar um *uprate* de uma linha, instalando num troço cabos de alumínio com alma em compósito. Havia a necessidade de aumentar a capacidade de transporte, mas não era possível aumentar a cota da linha ou ter grandes variações de flecha devido a obstáculos na faixa de proteção. O cabo condutor ACCR de alumínio com alma de compósito de fibra de óxido de alumínio foi a solução encontrada para este problema técnico. Cada fio da alma do condutor é reforçado por fibra de óxido de alumínio que garante uma flecha reduzida mesmo submetido a altas temperaturas [10]. É possível ver um destes cabos condutores ACCR seccionado na Figura 10.



**Figura 10** – Cabo Condutor de Alumínio com alma em compósito ACCR [10].

### **2.2.2 CABOS DE GUARDA OPGW**

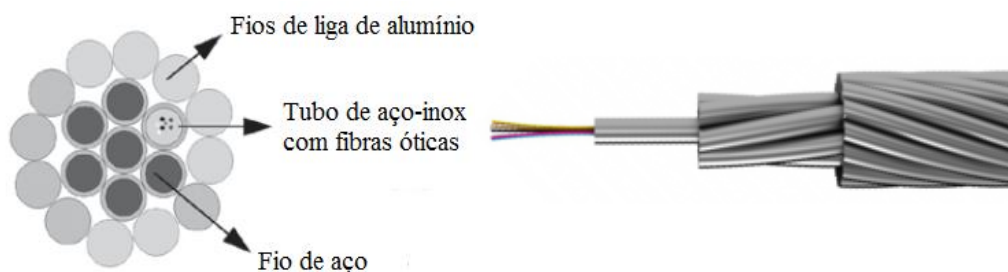
Os Cabos de Guarda do tipo OPGW (*Optical Power Ground Wire*) são cabos multifilares nus com fibras óticas integradas, que possuem características mecânicas e elétricas compatíveis com as de um cabo de guarda convencional. As principais funções dos cabos de guarda são a proteção à linha contra as descargas atmosféricas diretas, a proteção às pessoas contra curto circuitos por falha de isolamento, e a interligação das redes de terra dos diversos apoios da linha e das subestações terminais. Os cabos de guarda são cabos não energizados instalados a uma altura superior aos condutores, de forma a garantir uma correta blindagem, e são ligados eletricamente à terra através da estrutura metálica do apoio, que é por onde é feito o escoamento das correntes de descarga [11].

A REN, para todos apoios da RNT, optou por utilizar dois cabos de guarda, com o intuito de melhorar as condições de blindagem dos cabos condutores face a descargas atmosféricas diretas e de aumentar a capacidade de distribuição das correntes de defeito. Na Figura 11 é possível identificar a localização dos cabos de guarda.



**Figura 11** – Cabos de Guarda da RNT (fonte própria).

A particularidade dos cabos de guarda do tipo OPGW, é o de estabelecer uma rede de telecomunicações de alta capacidade através de fibras óticas incorporadas nos cabos. A composição de um cabo OPGW é semelhante à de um cabo condutor que possui uma componente elétrica/mecânica com a particularidade de que, no processo de cablagem, são introduzidos tubos de aço-inox com fibras óticas em substituição de um ou dois fios da camada interior do cabo, como se pode verificar na Figura 12 [7].



**Figura 12** – Cabo OPGW com tubo de aço-inox com fibras óticas incorporadas (adaptado [6]).

## 2.3 CADEIAS DE ISOLADORES

As cadeias de isoladores das linhas aéreas de transporte, têm a importante função de garantir o isolamento elétrico entre os cabos condutores e a estrutura metálica do apoio. Não esquecendo também que fornecem o suporte mecânico aos cabos condutores. Os isoladores podem ser de campânula e espigão, com dielétrico em vidro temperado ou de cerâmica, ou do tipo varão com fabrico em material compósito[12][13]. Na Figura 13 é possível ver os diferentes tipos de isoladores instalados nos apoios da RNT.



**Figura 13** – Isoladores da esquerda para a direita: vidro, cerâmica, compósitos, adaptado [12][13].

A escolha dos isoladores a implementar numa linha depende da poluição presente no local onde a linha está ou será instalada, e das condições atmosféricas que podem influenciar a linha de fuga dos isoladores, nomeadamente o nevoeiro, a salinidade, o gelo, a neve e a chuva. O número de isoladores de uma cadeia é determinado pelo nível de tensão da linha e pelo comprimento da linha de fuga necessário para um isolamento eficaz. Os valores da linha de fuga específica referem-se ao valor eficaz da tensão composta mais elevada, ou seja, para as linhas da RNT, os valores são 170 kV, 245 kV e 420 kV. Segundo as Especificações Técnicas da REN que respeitam todas as normas e regulamentos aplicáveis, devem ser utilizados especificamente os isoladores com corrente de fuga, de acordo com a seguinte classificação de poluição por zona [12]:

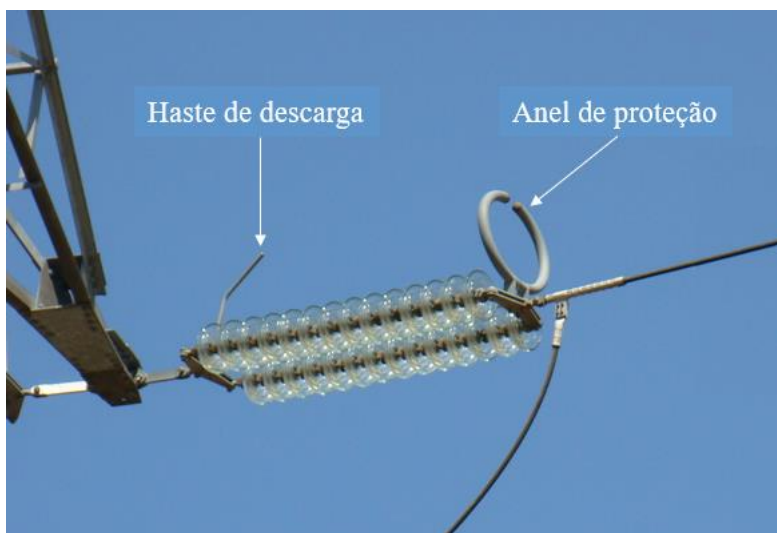
- **Zonas com nível de poluição ligeira ou média** – isoladores com linha de fuga de 20 mm/kV;
- **Zonas de poluição forte** – isoladores com linha de fuga de 25 mm/kV;
- **Zonas de poluição muito forte** – são tratadas caso a caso.

Nas zonas onde a poluição é muito forte, a REN tem optado, e com bons resultados, por utilizar isoladores compostos. A sua implementação é motivada pelo seu elevado desempenho em condições de forte poluição, dada a sua capacidade hidrofóbica, ou seja, propensão em repelir gotículas de água e humidade à sua superfície, o que se traduz numa redução da linha de fuga. O que permite evitar ou reduzir a necessidade de realizar trabalhos de limpeza de isoladores em tensão, o que é uma ação de manutenção dispendiosa e com algum risco [14]. Na Figura 14 seguinte é possível ver um destes trabalhos de limpeza de isoladores, em que o transporte de energia na linha não é interrompido.



**Figura 14** – Limpeza de isoladores em tensão (fonte: REN).

As cadeias de isoladores possuem acessórios, que têm a função de proteger a cadeia de isoladores de arcos de potência. São instaladas hastes de descarga e/ou anéis de proteção que estabelecem um percurso ao arco de potência, afastado da cadeia de isoladores para eventuais contornamentos. Atualmente, nas cadeias de isoladores da Rede Nacional de Transporte existem diversos sistemas anti-arco, constituídos por hastes de descarga (superior e inferior), por anéis de descarga (superior e inferior) e por sistemas mistos que são os instalados atualmente, como o da Figura 15. Os anéis de proteção permitem também regularizar a distribuição do campo elétrico, reduzindo o efeito coroa provocado por interferências radioelétricas.

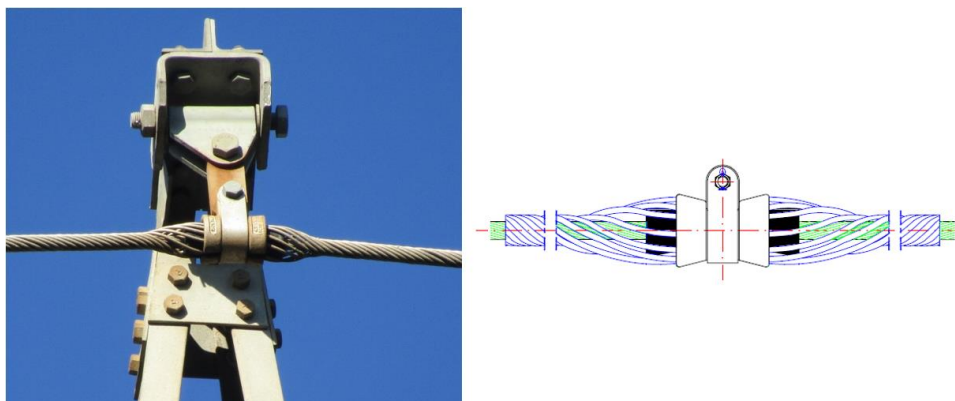


**Figura 15** – Acessórios de proteção da cadeia de isoladores (fonte própria).

## 2.4 ACESSÓRIOS

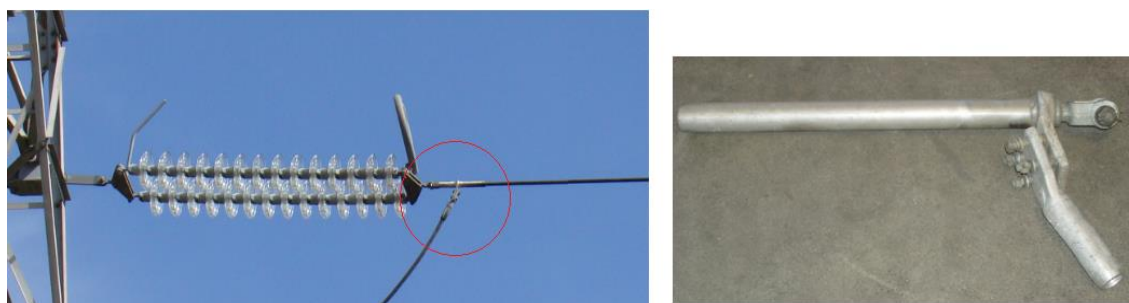
### 2.4.1 PINÇAS DE FIXAÇÃO DOS CABOS

Os cabos condutores e de guarda são fixos aos apoios através de pinças de amarração ou suspensão dependendo da tipologia implementada. As pinças de suspensão na RNT são do tipo AGS “*Armour Grip Suspension*” e permitem fixar mecanicamente os cabos condutores e os cabos de guarda, e minimizar os efeitos das vibrações, quer no condutor quer na própria pinça. Na Figura 16 é possível consultar e ver em pormenor uma pinça AGS instalada num cabo de guarda de um apoio da RNT e um desenho da mesma. Este tipo de pinças de alumínio-aço, fixa o cabo condutor a partir de um sistema de varetas helicoidais pré-formadas e de uma manga de neopreno. Estes componentes asseguram condições favoráveis de fixação evitando que fenómenos de vibração dos cabos condutores possa causar danos [15].



**Figura 16** – Pinça de Suspensão AGS de um cabo de guarda (adaptado: REN [15]).

Os apoios de amarração são caracterizados pelo facto de os cabos condutores serem seccionados em cada um dos lados do poste, e de serem fixos mecanicamente ao apoio através de pinças de amarração e dos acessórios da cadeia de isoladores. A transmissão elétrica do circuito é assegurada por um cabo chamado fiador, que é ligado a cada uma das pinças através de patilhas apropriadas para o efeito. Na Figura 17 seguinte é possível ver à esquerda uma pinça de amarração instalada num apoio da RNT e, à direita, apenas o componente.



**Figura 17** – Pinça de amarração (fonte própria).

#### **2.4.2 AMORTECEDORES DE VIBRAÇÕES**

Com o intuito de reduzir problemas de fadiga provocados por vibrações eólicas resultantes da força do vento exercida sobre os cabos condutores e de guarda, são instalados amortecedores de vibrações nos mesmos. As vibrações dos cabos condutores são conseqüentemente transmitidas a diversos equipamentos da linha, como aos separadores e às cadeias de isoladores, o que prejudica o correto comportamento dos componentes da linha, podendo mesmo trazer conseqüências para a continuidade de serviço. Não é suficiente a utilização de pinças AGS, que possuem características redutoras de danos de fadiga nos cabos sujeitos a regimes de vibrações eólicas, pelo que é necessária a integração de sistemas especiais de amortecimento.

O comportamento vibratório dos cabos é determinado pelos seguintes fatores [15]:

- Geometria dos vãos;
- Características de inércia (massa) e de elasticidade;
- Regime dos ventos;
- Regime de tração permanente ou *Every Day Stress* (EDS).

Os amortecedores são projetados com características de inércia e elasticidade que permitem o amortecimento de um largo espectro de frequências expectáveis. Na Figura 18 é possível ver um amortecedor do tipo *Stockbridge* num vão de linha [5].



**Figura 18** – Amortecedor de vibrações tipo *Stockbridge* (fonte: REN).

### 2.4.3 SEPARADORES DE FEIXE

O transporte de grandes quantidades de energia é condicionado pela capacidade térmica dos cabos condutores, que é influenciada pelo tamanho da sua secção, pois esta característica tem influência no seu arrefecimento e, por consequência, na capacidade de transporte de energia da linha. Por este motivo, em várias linhas da RNT foi necessário recorrer à instalação de dois ou três condutores por fase, com uma secção mais reduzida. Esta solução permite ter uma maior superfície de contacto com o ar, o que torna mais eficiente o arrefecimento dos condutores e confere uma superior capacidade de transporte à linha. De forma a manter a distância entre os cabos condutores de cada uma das fases, ao longo do vão da linha, são instalados separadores de feixe. Os separadores podem ser simples tendo apenas a função de manter a distância entre cabos condutores da mesma fase ou podem ser do tipo *Speed-Grip Spacers*, com a dupla função de separador e amortecedor [15]. Na Figura 19 é possível ver os dois tipos de amortecedores presentes nos cabos condutores das linhas da Rede Nacional de Transporte.



**Figura 19** – Separador simples (esquerda), separador/amortecedor (direita), (fonte: REN).

## 2.4.4 CONJUNTOS SINALÉTICOS

Todos os apoios da Rede Nacional de Transporte devem possuir um conjunto sinalético que seja claramente visível do solo de forma a cumprir todas as normas aplicáveis e para a segurança das pessoas [16].

Devem estar sinalizadas no apoio as seguintes chapas sinaléticas:

- Chapa tipo A – Sinal de “Perigo de Morte” e o número de identificação do apoio; obrigatório segundo o RSLEAT;
- Chapa tipo B – Sinal de identificação da linha e o contacto telefónico do departamento responsável;
- Chapa tipo C – Sinal de identificação aérea do apoio;
- Chapa tipo D – Sinal identificador REN, para colocação nos apoios junto a vias de comunicação e zonas urbanas.

Na Figura 20 é possível ver um exemplo dos conjuntos sinaléticos presentes nos apoios da RNT.



Figura 20 – Conjuntos Sinaléticos, (adaptado: REN).

## 2.4.5 BALIZAGEM - SINALIZAÇÃO PARA AERONAVES

De forma a sinalizar às aeronaves a existência de cabos e apoios nas proximidades, os mesmos são equipados com soluções de balizagem diurna e noturna. Esta sinalização, por norma, é feita apenas nos cabos de guarda, nos condutores e na estrutura do apoio.

Em zonas que se justifique, os apoios são balizados com uma pintura total ou parcial nas cores laranja internacional e branco [17].

Esta balizagem diurna serve para alertar as aeronaves da presença do apoio. Na Figura 21 seguinte é possível ver um apoio com balizagem diurna.



**Figura 21** – Apoio com pintura de balizagem diurna (fonte: REN).

A balizagem diurna dos cabos é efetuada com a colocação nos cabos de guarda de esferas de sinalização de cor laranja internacional e branca, com um diâmetro mínimo de 50 cm. As esferas de balizagem são instaladas espaçadas de 60 metros e dispostas alternadamente em cada um dos cabos como se pode ver na Figura 22. Deste modo, a cada 30 metros é possível encontrar uma esfera de balizagem [18].



**Figura 22** – Esferas de balizagem (fonte própria).

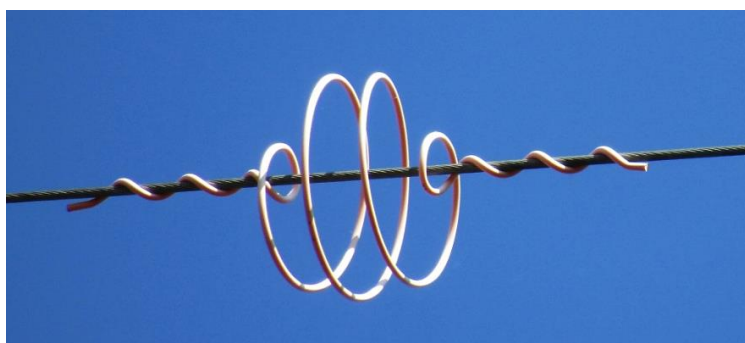
Os dispositivos responsáveis pela balizagem noturna são do tipo balisor luminoso, como o da Figura 23. Estes dispositivos são de fácil instalação, não sendo necessário desligar a linha para a sua instalação, e têm uma vida útil superior aos balisores luminosos instalados nos cabos condutores. Possuem um potente conjunto de lâmpadas LED no seu topo, alimentadas por baterias que são carregadas a partir de painéis solares que cobrem todas as laterais do dispositivo. São instalados dois destes balisores na zona superior do apoio, um em cada uma das hastes dos cabos de guarda, de forma a fazer a sinalização noturna dos apoios [19].



**Figura 23** – Balisor luminoso [19].

#### **2.4.6 SINALIZAÇÃO PARA AVIFAUNA**

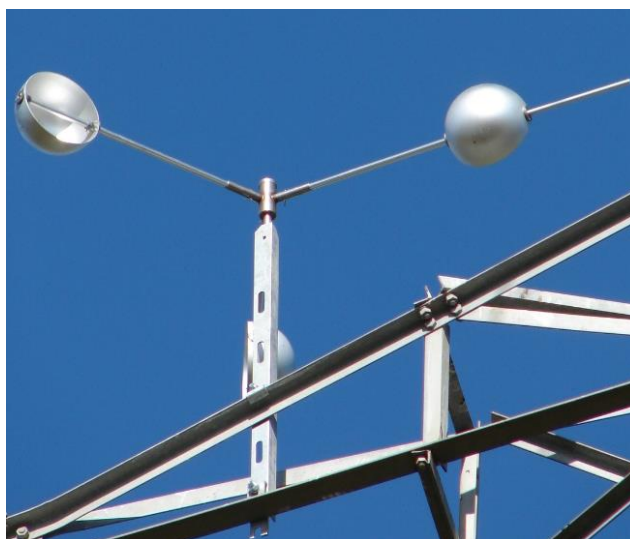
Os cabos condutores podem ser mortais para as aves em caso de colisão, pelo que é necessário sinalizar algumas linhas, instalando nos cabos de guarda *Bird Fly Diverters* (BFD) como o da Figura 24. Os troços de linha que costumam ser equipados com BFDs são em zonas referenciadas de migração ou presença de aves. Estes dispositivos anticolisão com forma helicoidal, fabricados em plástico de cor branca ou vermelha, são colocados nos cabos de guarda por enrolamento, com o objetivo de aumentar a visibilidade dos cabos evitando que as aves embatam nos mesmos [4].



**Figura 24** – *Bird Flight Diverter* (fonte: REN).

### 2.4.7 INIBIDORES DE POISO

As cegonhas são uma espécie protegida sendo, ao mesmo tempo, responsáveis por um elevado número de incidentes na rede devido aos seus hábitos de nidificação em apoios da RNT. A principal causa das falhas nas linhas aéreas, provocadas pelas cegonhas, são os seus excrementos, que poluem os isoladores de tal forma que estes perdem as suas características isolantes, podendo provocar arcos elétricos ao longo da cadeia de isoladores. Por isso, a REN definiu uma estratégia de gestão de ninhos de cegonha, procurando melhorar a fiabilidade do sistema protegendo-o destas aves. Para cumprir esta estratégia, são instalados dispositivos que inibem as cegonhas de circular e nidificar perto das cadeias de isoladores. Estes dispositivos são chamados inibidores de poiso. É possível ver um destes exemplares na Figura 25.



**Figura 25** – Inibidor de Poiso (fonte: REN).

### 2.4.8 PLATAFORMAS DE NIDIFICAÇÃO

Mesmo instalando nos apoios inibidores de poiso, todos os anos surgem novos ninhos de cegonha próximos das cadeias de isoladores. O procedimento adotado pela REN é de recolocar os ninhos em zonas do apoio distantes dos isoladores, após uma prévia autorização do Instituto de Conservação da Natureza.

Os ninhos são recolocados em plataformas de nidificação como o da Figura 26, que foi recolocado numa zona próxima do cabo de guarda e afastado das cadeias de isoladores.



**Figura 26** – Plataforma de nidificação num apoio da RNT (fonte: REN).

## **2.5 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO**

Neste capítulo realizou-se uma caracterização geral das linhas aéreas da Rede Nacional de Transporte e dos seus componentes. Descrevem-se os principais elementos das linhas, destacando alguns aspetos construtivos e de projeto que poderão influenciar ou condicionar a performance das linhas. As avarias e anomalias dos diversos elementos de uma linha apresentados neste capítulo, detetadas a partir de Inspeções Visuais Terrestres serão objeto de estudo da presente dissertação com o objetivo de construir índices de performance ou estado das linhas da REN.

# 3. INSPEÇÃO DE LINHAS MAT POR VIA TERRESTRE

As ações de inspeção de linhas têm como objetivo a detecção de avarias e de anomalias que possam evoluir para avarias e causar incidentes, quer na infraestrutura, quer na faixa de proteção da linha. Estas inspeções são realizadas por empresas externas que prestam serviços à REN, de acordo com um programa fornecido pela REN no início de cada ano [20].

A inspeção de linhas da REN por via terrestre compreende as atividades que se seguem, estando agrupadas as atividades associadas à Inspeção Técnica de Linhas Aéreas por Via Terrestre e as atividades associadas à Inspeção Técnica de Linhas Subterrâneas por Via Terrestre:

## **1. Inspeção Técnica de Linhas Aéreas por Via Terrestre**

- a. Inspeção Visual Terrestre a Linhas Aéreas (IVTA)
- b. Medição da Resistência de Terra em Linhas Aéreas (MRTA)

## **2. Inspeção Técnica de Linhas Subterrâneas por Via Terrestre**

- a. Inspeção Visual Terrestre a Linhas Subterrâneas (IVTS)
- b. Medição da Resistência de Terra em Linhas Subterrâneas (MRTS)
- c. Inspeção Termográfica Terrestre a Linhas Subterrâneas (ITTS)

## **3. Inspeções Pontuais**

- a. Inspeção Visual Rápida Terrestre (IVRT)
- b. Inspeção Termográfica Pontual Terrestre (ITPT)
- c. Caracterização Técnica de LMAT por Via Terrestre (CTLT)

As atividades associadas à Inspeção Técnica de Linhas Aéreas por Via Terrestre são realizadas em simultâneo (IVTA+MRTA), da mesma forma que as atividades associadas à Inspeção Técnica de Linhas Subterrâneas por Via Terrestre (IVTS+ MRTS+ ITTS).

São ainda consideradas inspeções termográficas pontuais, de mangas de reparação e de uniões, procurando a caracterização térmica do órgão, de forma a comprovar a extinção da anomalia.

Das várias inspeções que se realizam às linhas da RNT, dar-se-á apenas ênfase às Inspeções Visuais Terrestres a Linhas Aéreas, pois nesta dissertação todos os dados fornecidos à REN pelas empresas prestadoras de serviços das Inspeções Visuais Terrestres das Linhas Aéreas das linhas da RNT estão no centro dos trabalhos e foram o mote deste projeto.

### **3.1 INSPEÇÃO VISUAL TERRESTRE A LINHAS AÉREAS**

As Inspeções Visuais Terrestres a Linhas Aéreas devem ser capazes de identificar visualmente, para cada linha inspecionada, todas as eventuais avarias ou anomalias, bem como a existência de irregularidades originadas por obstáculos situados na faixa de proteção da linha. Esta atividade é da responsabilidade de dois inspetores que, após a inspeção, devem preencher um relatório em MS Excel a submeter à REN, num formato definido previamente, compatível com o sistema de gestão empresarial transacional SAP. As Inspeções Visuais Terrestres a linhas Aéreas começaram a ser desenvolvidas por empresas externas à REN em 2017.

### **3.1.1 EQUIPA DE INSPEÇÃO**

A Equipa de Inspeção é constituída, pelo menos, por dois técnicos oficiais ou pré-oficiais da área da eletromecânica, eletrotécnica, ou mecânica, com experiência profissional e trabalho realizado em pelo menos 5 anos, envolvendo infraestruturas elétricas de Média Tensão (MT), Alta Tensão (AT) ou MAT. Todos os inspetores são sujeitos a uma formação lecionada por um membro da área de linhas do Departamento de Programação e Otimização de Ativos da REN, com o intuito de clarificar como deve ser conduzida a inspeção e como devem ser apresentados os dados no relatório em MS Excel.

Para realizar uma correta inspeção às linhas os inspetores devem estar equipados com:

- Binóculos que permitam visualizar os equipamentos situados na parte superior dos postes;
- Equipamento fotográfico que permita documentar com imagens as anomalias detetadas ou outras situações anómalas nos apoios inspecionados;
- Equipamento que permita georreferenciar as anomalias detetadas ou outras situações anómalas nos apoios inspecionados;
- Viatura de tração integral de forma a possibilitar o acesso aos postes.

Antes de ser iniciada qualquer inspeção, a REN fornece à equipa de inspetores um conjunto de documentos preparatórios para os trabalhos, nomeadamente:

- Lista de linhas a inspecionar, com localização identificável pelos técnicos que vão realizar a inspeção;
- Calendarização das inspeções com identificação, para cada linha, por trimestre;
- Esquemas das instalações de onde saem as linhas MAT, ou referências geográficas de pontos notáveis das linhas, para identificação clara do alvo da inspeção;
- Perfil das linhas (se necessário);
- Comprimentos das linhas;
- Tensão das linhas;
- Carga máxima admissível na linha;
- Contactos dos colaboradores da REN.

### **3.1.2 DADOS A REGISTRAR NAS INSPEÇÕES VISUAIS TERRESTRES A LINHAS AÉREAS**

Com o objetivo de assinalar todas as avarias ou anomalias que possam causar incidentes nas linhas, detetadas durante a inspeção, devem ser registados durante a inspeção num *Template* fornecido pela REN que é possível consultar no *Anexo A*, os seguintes dados:

- Danos nos cabos (fios partidos, separadores partidos ou soltos, amortecedores partidos ou soltos, etc.);
- Isoladores partidos, rachados, furados;
- Danos em acessórios metálicos de fixação de cadeias de isoladores ou de cabos de guarda (acessórios em falta, desapertados, etc.);
- Corrosão:
  - Registrar ocorrências de corrosão nos parafusos de fixação das cadeias de isoladores;
  - Registrar ocorrências de corrosão nos anéis de guarda ou hastes de descarga (“picados” de corrosão);
  - Registrar outras situações de corrosão significativa.
- Contornamentos:
  - Registrar ocorrências de contornamento nos anéis de guarda ou hastes de descarga (sinais de carbonização na superfície desses elementos, nomeadamente na bola terminal da haste de descarga);
- Sujidade nos isoladores (distinguir entre isoladores sujos por acumulação de poeira ou outros contaminantes, isoladores sujos por dejetos de aves ou isoladores queimados);
- Fiadores/arcos partidos;
- Conjuntos sinaléticos dos postes deteriorados, nomeadamente por degradação da visibilidade dos caracteres nos autocolantes;
- Identificação da chapa de “Perigo de morte”, caso se encontre total ou parcialmente apagada, ou quando não exista;
- Chapas com símbolo REN partidas ou soltas;
- Número de cantoneiras em falta;
- Estado e fixação das caixas de junção Fibra Ótica e da baixada de cabo OPGW;
- Esferas de balizagem partidas ou danificadas;

- Existência de ninho(s) de cegonha nos apoios;
- Existência de ninho(s) de cegonha nos apoios, sobre as cadeias de isoladores;
- Existência de uniões nos cabos condutores e de guarda;
- Faixa de proteção da linha:
  - Verificar a proximidade de obstáculos que possam comprometer o isolamento da linha. Se foram construídas edificações na proximidade e/ou existem instalações móveis (gruas) e/ou existirem obras em desenvolvimento que possam ter impacto na alteração do perfil do terreno sob a linha;
- Maciços de fundação partidos, desenterrados ou eventualmente deslocados. Verificar se as águas de regas, da chuva ou outras causas provocaram deslocação de terras que façam perigar a estabilidade dos apoios das linhas;
- Outras anomalias visíveis.

No caso de deteção de algum aspeto crítico e urgente, esta situação deve ser de imediato comunicada à REN para ser elaborada uma proposta de resolução o mais depressa possível.

### **3.1.3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DAS IVTA**

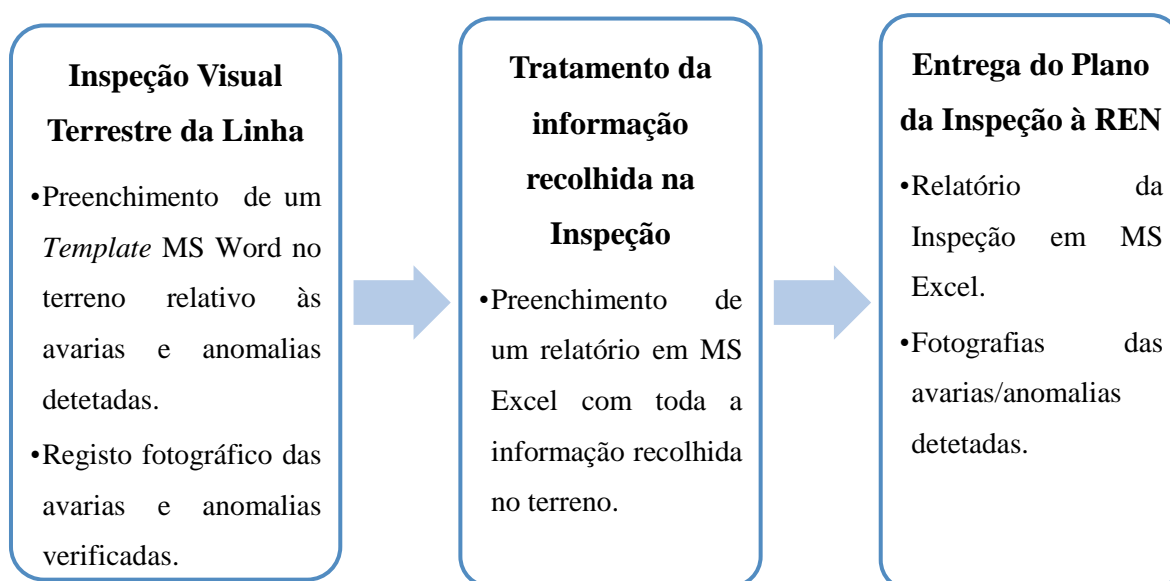
Os resultados da inspeção a cada linha deverão ser apresentados sob a forma de um relatório em MS Excel a enviar à REN no prazo de 30 dias após a conclusão da inspeção, em papel e em formato digital.

O relatório da inspeção para cada linha deve conter:

- Identificação da Linha ou Segmento de Linha;
- Data e hora de realização do trabalho;
- Identificação dos elementos responsáveis pelo trabalho;
- Coordenadas geográficas de todos os apoios da linha (centro do apoio) no sistema “Datum Lisboa - Coordenadas Militares - retangulares” e no sistema “PT-TM06-ETRS89 - geodésicas”;
- Resultados da inspeção visual, incluindo:
  - Caracterização de cada problema;
  - Número do apoio e ou referência do vão em que está localizado o problema, com georreferenciação;

- Fase ou fases envolvidas;
- Elemento danificado e/ou situação a corrigir;
- Fotografias ilustrativas de situações consideradas graves ou outras situações consideradas relevantes nos apoios inspecionados;
- Classificação dos problemas quanto à sua gravidade/urgência.

Na Figura 27 seguinte está um esquema das atividades desenvolvidas pelas empresas externas responsáveis pelas Inspeções Visuais Terres a Linhas Aéreas à REN.



**Figura 27** – Atividades desenvolvidas pelas empresas responsáveis pelas IVTA.

### 3.2 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

Neste capítulo apresentam-se as Inspeções de Linhas MAT por Via Terrestre, sendo que o foco esteve nas Inspeções Visuais Terrestres, pois os relatórios onde constam as avarias e anomalias dos diversos equipamentos das linhas aéreas de transporte serão o objeto de estudo da presente dissertação.

Descreve-se a equipa de inspeção, os dados a registar nas inspeções e como devem ser apresentados os resultados. Também se descreve o que é requisitado às equipas de inspeções e que, em caso de incumprimento, condiciona a qualidade dos dados obtidos, essenciais para a criação dos índices de estado fidedignos das linhas da RNT.

## 4. ANÁLISE DAS INSPEÇÕES VISUAIS TERRESTRES A LINHAS AÉREAS

Com o objetivo de criar Indicadores de Performance de algumas Linhas da RNT foram realizadas três análises de dados que tiveram como base todos os Planos de Inspeção existentes até à data das Inspeções Visuais Terrestres a Linhas Aéreas. Foram analisados 84 Planos de Inspeção com 17 465 notas de avaria, de inspeções realizadas de 2017 a 2018. Os Planos de Inspeção foram fornecidos pela REN, e contêm os relatórios das inspeções em formato MS Excel e o respetivo registo fotográfico de inspeções realizadas a 146 linhas da RNT. No *Anexo B* é possível consultar as diferentes linhas analisadas.

A presente dissertação foi a primeira análise exaustiva feita aos dados das inspeções e a todo o processo das IVTA criado pela REN, pelo que era expectável que se verificassem erros e falhas, e é pertinente que se façam correções e se apresentem soluções. Só assim é possível cumprir o objetivo de desenvolver indicadores de estado fiáveis, e oferecer robustez a todo o processo das Inspeções Visuais Terrestres a Linhas Aéreas.

Na Figura 28 apresenta-se a configuração dos relatórios em MS Excel das IVTA analisados.

1	Apoió	Linha	Parte do Objeto	Característica	Texto	Data	Imagem Vídeo	x (ETRS89-TM06)	y (ETRS89-TM06)	Longitude WGS84 (GPS)	Latitude WGS84 (GPS)
2	056	LTR.RR	Estrutura Metálica dos Apoios	Chapas sinaléticas	Logotipos descoloridos	29/05/2017	<a href="#">S2395_LTR.RR</a>	-27184.558	165284.324	-8.45698	41.15628
3	056	LTR.RR	Fundações de Apoios	Betonagem	Maciço soterrado perna 3	29/05/2017	<a href="#">Maciço perna</a>	-27184.558	165284.324	-8.45698	41.15628
4	055	LTR.RR	Estrutura Metálica dos Apoios	Cantoneiras	Faltam 4 diagonais nas pernas	29/05/2017	<a href="#">S2395_LTR.RR</a>	-27096.356	165076.316	-8.45592	41.15441
5	052	LTR.RR	Estrutura Metálica dos Apoios	Parafusos	Parafusos bloqueados	29/05/2017	<a href="#">Parafusos bloq</a>	-26447.896	164967.325	-8.44819	41.15345
6	051	LTR.RR	Estrutura Metálica dos Apoios	Parafusos	Parafusos bloqueados	29/05/2017	<a href="#">Parafusos bloq</a>	-26307.528	165019.016	-8.44652	41.15392
7	049	LTR.RR	Estrutura Metálica dos Apoios	Parafusos	Parafusos bloqueados	29/05/2017	<a href="#">Parafusos bloq</a>	-25699.877	165235.639	-8.43929	41.15589
8	049	LTR.RR	Estrutura Metálica dos Apoios	Cantoneiras	Faltam 7 diagonais nas pernas	29/05/2017	<a href="#">S2395_LTR.RR</a>	-25699.877	165235.639	-8.43929	41.15589
9	049	LTR.RR	Estrutura Metálica dos Apoios	Chapas sinaléticas	Logotipo queimado	29/05/2017	<a href="#">nome queima</a>	-25699.877	165235.639	-8.43929	41.15589
10	048	LTR.RR	Estrutura Metálica dos Apoios	Chapas sinaléticas	Logotipos queimados	29/05/2017	<a href="#">S2395_LTR.RR</a>	-25448.566	165332.491	-8.43630	41.15677
11	048	LTR.RR	Equipamento Cabo de Guarda	Esferas Balizagem	3 esferas deformadas no CG1 e 2 no CG2	29/05/2017	<a href="#">S2395_LTR.RR</a>	-25448.566	165332.491	-8.43630	41.15677
12	046	LTR.RR	Estrutura Metálica dos Apoios	Chapas sinaléticas	Logotipos descoloridos	29/05/2017	<a href="#">S2395_LTR.RR</a>	-24882.983	165534.890	-8.42957	41.15861
13	044	LTR.RR	Faixa de Protecção da Linha	Árvores	Árvores a +-10m dos CC's	29/05/2017	<a href="#">Arvores.JPG</a>	-24112.376	165816.616	-8.42040	41.16117
14	042	LTR.RR	Estrutura Metálica dos Apoios	Chapas sinaléticas	Logotipos descoloridos	30/05/2017	<a href="#">S2395_LTR.RR</a>	-8.40.970	41.16161	-8.40.970	41.16161
15	040	LTR.RR	Fundações de Apoios	Betonagem	Maciço desterrado perna 2	30/05/2017	<a href="#">desterrado pi</a>	-22508.877	165680.451	-8.40129	41.15999
16	040	LTR.RR	Ligações à Terra	Eléctrodos (estacas)	Rede de terras à vista	30/05/2017	<a href="#">Rede de terra</a>	-22508.877	165680.451	-8.40129	41.15999
17	039	LTR.RR	Ligações à Terra	Cabo de ligação à estrutura	Parafusos ligação à terra com corrosão	30/05/2017	<a href="#">Parafuso com</a>	-22323.024	165524.400	-8.39907	41.15859

Figura 28 – Relatório de uma IVTA.

Para cada avaria detetada durante uma inspeção é posteriormente aberta uma nota de avaria no relatório em MS Excel dessa inspeção. Cada uma destas notas de avaria corresponde a uma linha do ficheiro. Na Tabela 2 seguinte apresenta-se a descrição de cada uma das colunas disponíveis nos relatórios das Inspeções Visuais Terrestres entregues pelos prestadores de serviço.

Tabela 2 – Campos dos relatórios das IVTA.

<b>Apoió</b>	Indicação do número do apoio onde foi verificada a avaria
<b>Linha</b>	A linha onde foi detetada a avaria
<b>Parte do Objeto</b>	A parte de objeto a que corresponde a avaria
<b>Característica</b>	A característica da parte de objeto onde foi verificada a avaria
<b>Texto</b>	Descrição da avaria
<b>Data</b>	Data em que foi detetada a avaria
<b>Imagem Vídeo</b>	Link para acesso ao registo fotográfico ou vídeo da avaria

<b>x (ETRS89-TM06), y (ETRS89-TM06)</b>	Coordenadas geográficas do apoio onde foi identificada a avaria no sistema “Datum Lisboa – Coordenadas Militares – retangulares”
<b>Longitude WGS84 (GPS), Latitude WGS84 (GPS)</b>	Coordenadas geográficas do apoio onde foi identificada a avaria no sistema “PT-TM06-ETRS89 - geodésicas”

As notas de avaria são caracterizadas a partir de Partes de Objeto e de Características definidas pela REN; existem 7 partes de objeto que contemplam 43 características para definir as avarias. As partes de objeto são os conjuntos de elementos em que se pode verificar a existência de uma avaria, e as características são os diversos elementos de uma parte de objeto onde pode ser identificada a avaria. Na Figura 29 é possível consultar o modelo com as partes de objeto e as características associadas às mesmas, que são utilizadas pelos inspetores para caracterizar as avarias identificadas.

<b>Partes de Objeto</b>	Equipamento Cabo Condutor	Estrutura Metálica dos Apoios	Equipamento Cabo de Guarda	Equipamento Cadeias de Isoladores	Faixa de Protecção da Linha	Ligações à Terra	Fundação de Apoios
<b>Características</b>	Amortecedores	Balizagem noturna	Acessórios	Acessórios	Árvores	Cabo de ligação à estrutura	Betonagem
	Balisores	Cantoneiras	Balizagem columbófila	Cadeia de Isoladores	Construções	Eléctrodos	Estrutura metálica
	Balizagem	Chapas sinaléticas	Cabo de guarda	Isoladores	Geral	Ligadores de Terra	Geral
	Cabo Condutor	Geral	Esferas Balizagem	Patilha - Fiador	Vias de comunicação	Resistência de Terra	
	Fiadores	Inibidores de Poiso	Ligador	Pinça de Suspensão	Outras linhas	Valor da Resistência de Terra	
	Geral	Parafusos	Pinça	Pinça de Amarração			
	Ligador	Plataformas	União				
	Manga de Reparação	Sinalizador para aeronave					
	Separadores						

**Figura 29** – Modelo de classificação das notas de avaria em relatório.

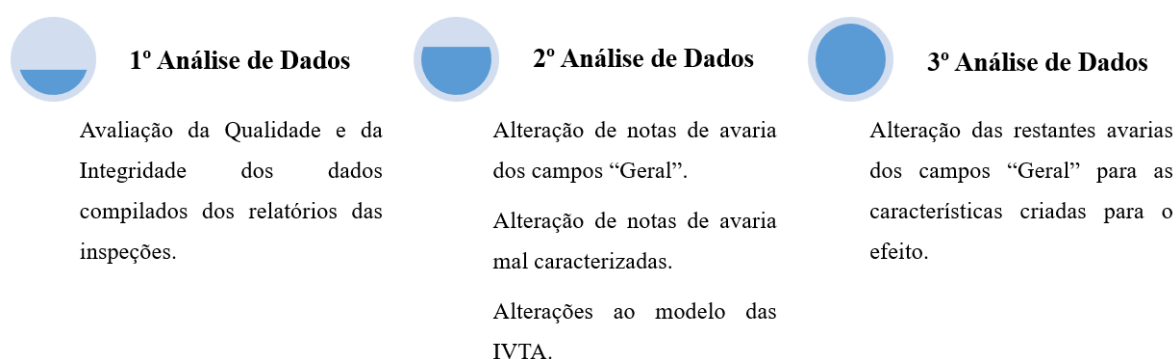
As diferentes análises de dados realizadas e apresentadas nos capítulos seguintes, foram desenvolvidas de acordo com os seguintes objetivos:

**1.ª Análise de Dados** – Foi realizada uma primeira análise aos dados dos diversos relatórios das IVTA, para verificar a qualidade e integridade dos dados, tendo em vista a criação de uma base de dados sólida que viabilizasse o desenvolvimento de indicadores de estado rigorosos.

**2.ª Análise de Dados** – Devido aos problemas de qualidade e integridade de dados detetados na 1.ª análise foi necessário realizar algum tratamento de dados e uma posterior análise aos mesmos. Foi também assumido um novo modelo de caracterização das avarias, para resolver necessidades identificadas e conferir mais objetividade e precisão ao método de caracterização das notas de avarias.

**3.ª Análise de Dados** – Após implementado o novo modelo de caracterização das notas de avaria, e depois de serem alteradas as notas de avaria em falta, ficou consolidada a base de dados para desenvolvimento dos índices de performance das linhas MAT da RNT.

Na Figura 30 seguinte é possível consultar um diagrama das Análises de Dados realizadas.



**Figura 30** – Análises de dados aos relatórios das IVTA.

#### **4.1 1.ª ANÁLISE DE DADOS – QUALIDADE E INTEGRIDADE**

A partir dos relatórios das IVTA em MS Excel fornecidos pela REN, foram compiladas as notas de avaria dos diversos relatórios num único documento, que constituiu a base de dados para análise no presente trabalho e permitiu a criação dos indicadores de estado das linhas MAT. Esta primeira análise foi realizada para verificar a qualidade e a integridade dos dados, com o objetivo de criar uma base de dados fidedigna. E após uma primeira análise foi possível verificar que existiam problemas nestas duas vertentes.

Foram detetados erros de qualidade de dados referentes ao formato em que são apresentados os dados em relatório, nomeadamente incorreta marcação de apoios, datas, células em branco e imagens de avaria em falta no documento.

Existem também erros de integridade de dados que se refletem na precisão e consistência dos dados que foram afetadas por terem sido caracterizadas notas de avaria com partes de objeto e características não suportadas. Na Tabela 3 seguinte é possível ver um resumo dos erros que foram evidenciados durante uma primeira análise aos dados que foram fornecidos.

**Tabela 3** – Resumo dos erros evidenciados na 1.ª análise.

		Notas de Avaria	% Notas de avaria com erros de Qualidade de dados*
Partes de Objeto	Equipamento Cabo de Guarda	800	1,8%
	Faixa de Protecção de Linha	2243	3,1%
	Equipamento cabo condutor	463	6,9%
	Ligações à terra	114	4,4%
	Estrutura metálica dos apoios	9252	3,8%
	Fundações de apoios	3002	6,4%
	Equipamento Cadeia de Isoladores	1487	2,7%
Partes de objeto não suportadas - Erros de Integridade de Dados	Equipamento Cadeia de Isoladores	19	0,0%
	Fundação de apoios	63	100,0%
	Sem acesso	2	100,0%
	“Em branco”	20	100,0%
<b>Total</b>		17465	4,5%

\*Erros de Qualidade de dados referem-se à incorreta marcação de apoios, datas, células em branco e imagens de avarias em falta.

Com o objetivo de criar índices de estado fiáveis e rigorosos ficou evidente a necessidade de realizar um tratamento aos dados fornecidos. Mas com a preocupação de apresentar soluções aos problemas verificados, para que no futuro os dados dos relatórios sejam mais consistentes, foram propostas algumas alterações ao *Template* em MS Excel entregue às empresas externas responsáveis pelas IVTA, e ao modelo de caracterização das notas de avaria. Nos subcapítulos seguintes descrevem-se os problemas encontrados e as soluções propostas para os mesmos.

#### 4.1.1 ERROS DE QUALIDADE DE DADOS

Os erros de qualidade de dados referem-se ao formato em que são apresentados os dados que constam nos relatórios entregues à REN. É de vital importância que as empresas que realizam as inspeções cumpram as indicações dadas pela REN para a apresentação dos dados em relatório. Para gerir os seus ativos, a REN utiliza o software de gestão empresarial SAP, que possui uma arquitetura própria, definida para alocar estes dados no formato requisitado aos inspetores e apresentado no capítulo 3.1.3. Se os dados provenientes das inspeções não cumprirem os requisitos, não podem ser carregados no

software SAP, e não podem ser consultados posteriormente pelo departamento de Gestão de Ativos, o que causa transtornos a quem gere a plataforma SAP e a quem gere os ativos.

Os problemas detetados a nível de formato foram os seguintes:

- Errada marcação dos apoios inspecionados;
- Datas das inspeções erradas;
- Formato errado das datas das inspeções;
- Notas de avaria com células em branco;
- Notas de avaria com coordenadas GPS erradas.

Estes erros e os de integridade de dados, podem ser justificados por três motivos. Aquele que terá maior influência será provavelmente a inexperiência das equipas de inspeção, embora seja de salientar que todo o processo que envolve as Inspeções Visuais Terrestres a Linhas Aéreas é recente, as inspeções só começaram a ser realizadas por empresas externas à REN no ano de 2017. O *Template* MS Excel fornecido às equipas de inspeção não possui critérios de validação de dados. Outro motivo a ter em conta é que alguns dos relatórios analisados fazem parte de um projeto piloto, pelo que era expectável verificarem-se algumas inconformidades com o que foi pedido inicialmente.

#### **4.1.1.1 SUGESTÕES PARA RESOLUÇÃO DOS ERROS DE QUALIDADE**

Com o objetivo de resolver os erros de qualidade de dados detetados não apenas nas inspeções analisadas, mas também nas futuras inspeções, foram propostas algumas alterações ao *Template* MS Excel entregue aos prestadores de serviço para realização do relatório.

Alterações propostas ao *Template* MS Excel:

- Introdução de critérios de validação de dados para a marcação dos apoios, com mensagem de aviso de erro, caso um apoio seja introduzido incorretamente no documento;
- Criação de mensagens de entrada nas células referentes à marcação dos apoios, datas e coordenadas GPS, de forma a chamar a atenção para o formato em que estas devem ser apresentadas.

Estas foram as medidas sugeridas ao *Template* do Relatório em MS Excel, e apresentam-se como boas soluções para os problemas verificados. No entanto, deve-se reforçar junto das empresas que prestam estes serviços da importância que tem o formato dos relatórios que fazem chegar à REN, pois a má qualidade dos dados não permite ter uma base de dados sólida sem que haja um tratamento ou “limpeza” e padronização dos dados, o que causa transtornos.

#### **4.1.2 ERROS DE INTEGRIDADE DE DADOS**

Os erros de Integridade de Dados dizem respeito à precisão e consistência dos dados obtidos nas Inspeções Visuais Terrestres a Linhas Aéreas. O *Template* Relatório em Excel que foi disponibilizado às equipas de inspetores permitia que a caracterização das avarias (escolha da parte de objeto e característica onde foi identificada a avaria) fosse feita de uma forma um pouco “livre” o que trouxe problemas também a nível da integridade de dados.

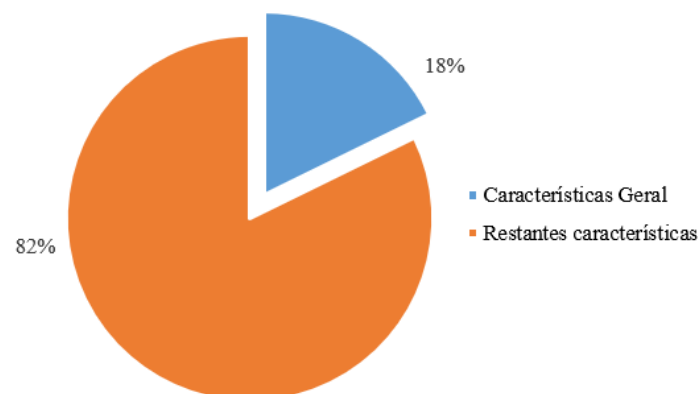
Numa primeira análise aos relatórios das IVTA foi possível verificar os seguintes erros de integridade de dados:

- Foram caracterizadas indevidamente notas de avaria com partes de objeto e características não suportadas;
- Utilização abusiva das características “Geral” das diferentes partes de objeto;
- Na parte de objeto “Equipamento Cadeia de Isoladores” era possível verificar as mesmas avarias nas diferentes características “Acessórios”, “Cadeia de Isoladores”;
- Avarias mal caracterizadas;
- Na parte de objeto “Estrutura Metálica dos Apoios” era possível verificar as mesmas avarias nas características “Sinalizador para aeronave” e “Balizagem noturna”;
- Diferentes descrições para enunciar a mesma avaria impossibilitam em diversos casos a utilização de filtros de pesquisa.

A justificação para estes erros é na sua generalidade semelhante à que foi dada para os erros de qualidade do capítulo 4.1.1. E prende-se, pelas falhas verificadas no *Template* MS Excel, a inexperiência em IVTA das equipas de inspeção e a falta de maturidade do processo que envolve as IVTA.

As equipas de inspeção caracterizaram indevidamente avarias com 4 partes de objeto e 8 características que não são suportadas pelo sistema SAP, causando assim constrangimentos. Na Tabela 3 é possível verificar as partes de objeto criadas indevidamente para classificar algumas notas de avaria. As partes de objeto e características “inventadas” devem-se ao facto de o *Template* do Relatório em Excel disponibilizado permitir este tipo de ações, o que não deveria acontecer. É de realçar que algumas partes de objeto e características foram criadas por necessidade, pois não existiam campos que permitissem caracterizar adequadamente as notas de avaria em causa. Este assunto é abordado no capítulo 4.2.1.

As características “Geral” das diferentes Partes de Objeto são utilizadas abusivamente. Foi possível verificar diversas notas de avaria que foram caracterizadas desta forma, em detrimento de características que eram as adequadas para o efeito. Na Figura 31 é possível consultar a quantidade de notas de avaria que foram caracterizadas nos diferentes campos “Geral” em comparação com as restantes.



**Figura 31** – Notas de avaria com a característica "Geral".

Estas notas de avaria com a característica “Geral” contribuem negativamente para o objetivo do trabalho, ou seja, desenvolver indicadores de performance que sejam precisos e inequívocos.

Nas notas de avaria classificadas com a parte de objeto “Cadeias de Isoladores” há alguma confusão entre as avarias que devem ser caracterizadas como sendo uma avaria nos “Acessórios”, “Cadeias de Isoladores”, principalmente quando a anomalia é corrosão dos acessórios da cadeia de isoladores. Ao analisar as notas de avarias com estas características foi possível verificar que diversas avarias idênticas estavam caracterizadas de maneira diferente. Na Figura 32 é possível verificar este problema: diferentes notas de avaria com textos que descrevem a anomalia de “Acessórios com corrosão”, e estão caracterizadas em “Acessórios” e “Cadeia de Isoladores”.

A	B	C	D	E	F
Apoio	Linha	Parte do Objecto	Característica	Texto	Data
031	LTC.VG	Equipamento Cadeias de Isoladores	Acessórios	Corrosão no acessórios cadeia CC2	26/07/2017
208	LBL.RJ	Equipamento Cadeias de Isoladores	Acessórios	Todos os acessórios com corrosão	12/04/2017
041	LPG.RM	Equipamento Cadeias de Isoladores	Acessórios	Acessorios CC1, CC2 e CC3 ton. Laranj	21/06/2017
042	LPG.RM	Equipamento Cadeias de Isoladores	Cadeia de Isoladores	Acessorios CC1, CC2 e CC3 ton. Laranj	21/06/2017
043	LPG.RM	Equipamento Cadeias de Isoladores	Acessórios	Acessorios CC1, CC2 e CC3 ton. Laranj	22/06/2017
045	LPG.RM	Equipamento Cadeias de Isoladores	Acessórios	Acessorios CC1, CC2 e CC3 ton. Laranj	22/06/2017
052	LPG.RM	Equipamento Cadeias de Isoladores	Cadeia de Isoladores	Acessorios CC1, CC2 e CC3 ton. Laranj	22/06/2017
053	LPG.RM	Equipamento Cadeias de Isoladores	Cadeia de Isoladores	Acessorios CC1, CC2 e CC3 ton. Laranj	22/06/2017
056	LPG.RM	Equipamento Cadeias de Isoladores	Cadeia de Isoladores	Acessorios CC1, CC2 e CC3 ton. Laranj	22/06/2017
071	LPG.RM	Equipamento Cadeias de Isoladores	Cadeia de Isoladores	Acessorios CC1, CC2 e CC3 ton. Laranj	26/06/2017
079	LPG.RM	Equipamento Cadeias de Isoladores	Cadeia de Isoladores	Acessorios CC1, CC2 e CC3 ton. Laranj	26/06/2017
081	LPG.RM	Equipamento Cadeias de Isoladores	Cadeia de Isoladores	Acessorios CC1, CC2 e CC3 ton. Laranj	26/06/2017
082	LPG.RM	Equipamento Cadeias de Isoladores	Cadeia de Isoladores	Acessorios CC1, CC2 e CC3 ton. Laranj	27/06/2017
083	LPG.RM	Equipamento Cadeias de Isoladores	Cadeia de Isoladores	Acessorios CC1, CC2 e CC3 ton. Laranj	27/06/2017
084	LPG.RM	Equipamento Cadeias de Isoladores	Cadeia de Isoladores	Acessorios CC1, CC2 e CC3 ton. Laranj	27/06/2017
086	LPG.RM	Equipamento Cadeias de Isoladores	Cadeia de Isoladores	Acessorios CC1, CC2 e CC3 ton. Laranj	27/06/2017
013	LPM.SN2	Equipamento Cadeias de Isoladores	Acessórios	Corrosão acessórios de cadeia CC1	03/05/2017
015	LPM.SN2	Equipamento Cadeias de Isoladores	Acessórios	Corrosão acessórios de cadeia CC3	03/05/2017
023	LPM.SN2	Equipamento Cadeias de Isoladores	Acessórios	Corrosão acessórios de cadeia CC3	04/05/2017

**Figura 32** – Notas de avaria mal caracterizadas.

Este mesmo problema foi identificado também em avarias da “Estrutura Metálica dos Apoios” caracterizadas como “Sinalizador para aeronave” e “Balizagem noturna”. Assim, ficou um pouco evidente que deveria ser feita uma proposta de alteração ao modelo de classificação das avarias, de forma a clarificar o processo e a melhorar a integridade dos dados que chegam à REN.

Como no *Template* MS Excel o campo de texto para descrever as avarias é livre, e existem diversas formas de enunciar uma avaria, por vezes torna-se impossível utilizar filtros de pesquisa para encontrar todas as notas de avaria do mesmo género. Por exemplo foi verificado que as diferentes equipas de inspeção, para descrever o estado dos diversos elementos metálicos com “oxidação” utilizavam os termos como: “oxidação”, “corrosão”, “tonalidade laranja”, “tonalidade escura”, “tonalidade laranja escura”. A este problema acrescem ainda as notas de avaria com erros ortográficos que tornam ainda menos viável a utilização de filtros de pesquisa.

Foram identificadas também diversas notas de avaria em que a descrição da avaria não corresponde à parte de objeto e característica, pelo que foi necessário reclassificar estas avarias no sentido de ter dados fiáveis.

#### **4.1.2.1 SUGESTÕES PARA RESOLUÇÃO DOS ERROS DE INTEGRIDADE**

Com o objetivo de resolver os problemas de integridade de dados, foram propostas algumas alterações que envolvem o processo de classificação das notas de avaria das IVTA e o *Template* MS Excel entregue aos prestadores de serviço para realização do relatório.

Alterações propostas no documento *Template* Excel:

- Com o objetivo de acabar com as notas de avaria com partes de objeto não suportadas pelo sistema SAP, propõe-se restringir a escolha das partes de objeto apenas para aquelas que se admitem, e o mesmo se aplica às características de dados do MS Excel.
- Alterações ao Modelo criado para classificação das avarias

## **4.2 2.<sup>a</sup> E 3.<sup>a</sup> ANÁLISES DE DADOS**

A partir do ficheiro onde foram compiladas todas as notas de avaria dos diversos relatórios num único documento, foi realizado posteriormente um tratamento de dados e uma segunda análise motivada por dois objetivos: acabar com os campos “Geral” de forma a tornar os dados mais precisos e compreender quais as alterações que deviam ser feitas ao modelo de classificação das avarias de forma a melhorar a integridade dos dados.

Foram alteradas de diversas notas de avaria, as partes de objeto e características que não suportadas, pelas corretas. E foram também alteradas notas de avaria identificadas como estando mal caracterizadas, pelo que foi necessário realizar algum tratamento de dados para ter dados rigorosos e padronizados.

É de realçar que a maioria das alterações nas notas de avaria foram feitas nas características “Geral” das diferentes partes de objeto para as características corretas dessas mesmas partes de objeto. Após esta análise ficou claro que o campo “Geral” foi utilizado excessivamente, provavelmente devido à inexperiência das equipas de inspeção

que não levaram em conta a importância da correta classificação das avarias. Ficou claro com esta análise que é um campo que confere muita imprecisão aos dados.

Ainda assim, diversas notas de avaria permaneceram caracterizadas como “Geral”, devido à falta de características adequadas, pelo que não foi possível reclassificar estas avarias. Foram sugeridas alterações ao modelo das IVTA, para suprimir estas necessidades e resolver outros problemas identificados e relatados neste capítulo. É possível verificar as notas de avaria foram alteradas nesta 2ª análise na Tabela 4.

**Tabela 4** – Notas de avaria alteradas numa 2.ª Análise.

Parte de Objeto	Análise 1	Análise 2	
	Notas de Avaria	Notas de Avaria	Notas de avaria alteradas
Equipamento Cabo de Guarda	800	812	112
Faixa de Protecção de Linha	2243	2261	36
Equipamento Cabo condutor	463	323	20
Ligações à terra	114	112	42
Estrutura metálica dos apoios	9252	9228	1677
Fundações de apoios	3065	3053	164
Equipamento Cadeia de Isoladores	1506	1654	445
“Em branco”	22	22	0
<b>Total</b>	17465	17465	2518

#### 4.2.1 SUGESTÃO DE ALTERAÇÃO AO MODELO DAS IVTA

Após os estudos desenvolvidos concluiu-se que era necessário criar algumas características e suprimir outras para caracterizar corretamente todas as notas de avaria. Para cumprir o objetivo deste trabalho foram criadas 6 características nomeadamente: “Balizagem diurna”, “Plataformas de nidificação”, “Sem Acesso”, “Plataforma”, “Rede de Terras” e “Movimentação de Terras”, para dar resposta a um elevado número de notas de avaria que não tinham uma característica adequada que as classificasse. E foram eliminadas 10 características, nomeadamente: as 4 características “Geral”, “Sinalizador para aeronave”, “Vias de comunicação”, “Eléctros”, “Ligadores de Terra”, “Balizagem” e “Cadeia de Isoladores”.

No entender do autor deste trabalho é possível, com um menor número de características, classificar as notas de avaria conferindo mais precisão aos dados e criando menos confusão às equipas de inspeção.

Na Tabela 5 estão identificadas a cor verde as novas características nas respetivas partes de objeto.

**Tabela 5** – Alterações ao Modelo das IVTA.

Partes de Objeto	Equipamento Cabo Condutor	Estrutura Metálica dos Apoios	Equipamento Cabo de Guarda	Equipamento Cadeias de Isoladores	Faixa de Protecção da Linha	Ligações à Terra	Fundação de Apoios
<b>Características</b>	Amortecedores	Balizagem diurna	Acessórios	Acessórios	Árvores	Cabo de ligação à estrutura	Betonagem
	Balisores	Balizagem noturna	Balizagem columbófila	Isoladores	Construções	Rede de Terras	Estrutura metálica
	Cabo Condutor	Cantoneiras	Cabo de guarda	Patilha - Fiador	Outras linhas	Resistência de Terra	Movimentação De Terras
	Fiadores	Chapas sinaléticas	Esferas Balizagem	Pinça de Suspensão	Sem Acesso	Valor da Resistência de Terra	
	Ligador	Inibidores de Poiso	Ligador	Pinça de Amarração	Plataforma		
	Manga de Reparação	Parafusos	Pinça				
	Separadores	Plataformas de nidificação	União				

As justificações para as alterações propostas ao modelo de classificação das avarias são as seguintes:

**Balizagem diurna** – não existia nenhuma característica que permitisse classificar as notas de avarias referentes ao estado da pintura de balizagem diurna dos apoios;

**Plataforma** – A característica “Geral” da parte de objeto “Faixa de Protecção da Linha” tinha, após uma segunda análise, 820 notas de avaria com o texto “Plataforma com vegetação” o que justificou a criação desta característica. A característica “Plataforma” foi criada para classificar todas as anomalias identificadas zona da plataforma do apoio.

**Plataformas de nidificação** – Devido à necessidade de criar a característica “Plataforma” referente à plataforma do apoio, esta característica que anteriormente era “Plataforma” teve de ser renomeada. A alteração do nome torna a característica também mais objetiva.

**Sem acesso** – Por vezes, o acesso aos apoios é negado pelos proprietários dos terrenos ou então a vegetação é de tal ordem que a equipa de inspeção não consegue ter acesso ao apoio para realizar a inspeção. Por isso, verificaram-se nestas análises diversas notas de avaria que pretendiam relatar esta situação, algumas sem parte de objeto (“Em branco”) e outras em diversas partes de objeto e características diferentes. Ficou assim evidente a necessidade de criar uma característica que solucionasse este problema.

**Rede de Terras** – Verificou-se que existiam 39 notas de avaria que relatam problemas com a rede de terras como, por exemplo, “rede de terras à vista” ou “rede de terras danificadas”. Como não havia nenhuma característica para identificar corretamente a avaria, os inspetores identificavam a anomalia em “Cabo de ligação à estrutura”, o que não é correto.

**Movimentação de Terras** – Foram identificadas 542 notas de avaria que referem avarias como “aluição de terras” ou “maciços soterrados”. Estas avarias estavam caracterizadas como sendo avarias das partes de objeto “Betoneamento” ou “Estrutura Metálica dos Apoios” o que não corresponde à realidade, mas é justificável pois não existia nenhuma característica adequada para o problema.

Após adotada esta nova abordagem ao modelo das IVTA neste projeto, tendo sido criadas características que permitissem identificar correta e concretamente aonde foram detetadas todas as avarias e anomalias, foram alteradas ou reclassificadas as notas de avaria que faltavam dos campos “Geral” para as novas criadas para o efeito.

Tiveram de ser excluídas 6 notas de avaria que estavam mal classificadas com a parte de objeto “Em Branco”, sem característica e que, devido à pouca informação que continham e à falta de registo fotográfico das mesmas, não permitiam tirar nenhuma conclusão.

Após este tratamento de dados e uma última análise verificou-se que não existiam problemas com a qualidade de dados, e foi reconhecida a integridade dos mesmos para elaboração dos indicadores de performance das linhas. Na Tabela 6 é possível consultar um resumo da 1.<sup>a</sup> e da última análise de dados realizada por Parte de Objeto, onde se pode ver as notas de avaria que tiveram de ser corrigidas por estarem mal caracterizadas ou com erros de formato.

**Tabela 6** – Resumo da 1.<sup>a</sup> e última análise dos dados das IVTA.

Parte de Objeto	Análise 1	Análise 3	
	Notas de Avaria	Notas de Avaria	Notas de avaria alteradas
Equipamento Cabo de Guarda	800	824	128
Faixa de Protecção de Linha	2243	2332	1265
Equipamento Cabo Condutor	463	316	13
Ligações à Terra	114	112	62
Estrutura Metálica dos apoios	9252	9205	1745
Fundações de Apoios	3065	3022	635
Equipamento Cadeia de Isoladores	1506	1654	445
“Em branco”	22	0	16
<b>Total</b>	<b>17465</b>	<b>17459</b>	<b>4309</b>

### 4.3 CRITÉRIO DE CRITICIDADE UTILIZANDO CARACTERÍSTICAS

Visto não ser possível nem viável realizar ações de manutenção para todas as avarias ou anomalias identificadas durante as inspeções, é importante haver uma diferenciação entre as avarias que se apresentam como uma ameaça à qualidade de serviço e as demais. Para que o foco da manutenção seja nas avarias que possam causar incidentes à linha, foram estabelecidos critérios de criticidade.

Inicialmente foram definidas as diferentes características que classificam as notas de avaria como sendo críticas ou não críticas. Foi assumido que todas as notas de avaria classificadas com características definidas como críticas representam uma ameaça à continuidade de serviço da linha, podendo causar incidentes. E avarias classificadas com características não críticas não apresentam risco.

Este critério foi aplicado mediante conhecimentos que foram transmitidos por profissionais experientes na área das linhas de transporte de energia, baseados em acontecimentos históricos.

Na Figura 33 é possível consultar como foram classificadas quanto à sua criticidade as diferentes características.

Criticidade	
Crítico	C
Não crítico	NC

Faixa de Protecção da Linha	Criticidade
Árvores	C
Construções	NC
Outras linhas	NC
Sem acesso	NC
Plataforma	NC

Ligações à Terra	Criticidade
Cabo de ligação à estrutura	NC
Rede de Terras	C
Resistência de Terra	NC
Valor da Resistência de Terra	NC

Equipamento Cabo Condutor	Criticidade
Amortecedores	NC
Balises	NC
Cabo Condutor	C
Fiadores	NC
Ligador	NC
Manga de Reparação	C
Separadores	C

Equipamento Cabo de Guarda	Criticidade
Acessórios	NC
Esferas Balizagem	NC
Balizagem columbófila	NC
Cabo de guarda	C
Ligador	NC
Pinça	NC
União	NC

Estrutura Metálica dos Apoios	Criticidade
Balizagem diurna	NC
Balizagem nocturna	NC
Cantoneiras	C
Chapas sinaléticas	NC
Inibidores de Poiso	NC
Parafusos	NC
Plataformas de nidificação	NC

Fundações de Apoios	Criticidade
Betonagem	NC
Estrutura metálica	NC
Movimentação de Terras	NC

Equipamento Cadeias de Isoladores	Criticidade
Acessórios	NC
Isoladores	C
Pinça de Amarração	NC
Pinça de Suspensão	NC
Patilha - Fiador	NC

**Figura 33** – Características críticas.

Após estar consolidada a base de dados e depois de assumido um critério de criticidade que possibilitasse diferenciar as avarias, foi realizada uma macro utilizando o *Visual Basic for Application* no MS Excel que é na sua generalidade um “contador”. Esta macro permitiu contabilizar as diferentes notas de avaria por parte de objeto, e identificando-as como sendo críticas ou não críticas mediante o critério apresentado em 4.3. Apresentam-se na Tabela 7, os resultados obtidos pela implementação deste critério de criticidade nas notas de avaria em análise.

**Tabela 7** – Análise ao Critério de Criticidade.

Partes de Objeto	Avarias Críticas	Avarias Não Críticas
Avarias no Cabo Condutor	108	207
Avarias no Equipamento Cadeia de Isoladores	928	715
Avarias na Faixa de Protecção da Linha	1073	1259
Avarias nas Fundações de Apoios	-	3022
Avarias no Cabo de Guarda	153	664
Avarias nas Ligações à Terra	39	73
Avarias na Estrutura Metálica dos Apoios	1920	7270
<b>Total</b>	<b>4221</b>	<b>13210</b>

Ao analisar os resultados totais, verificou-se existirem 4221 notas de avarias de cariz crítico e 13 210 notas de avaria não críticas. O número de avarias críticas verificadas é alto em comparação com o número de notas de avarias não críticas e não permite a diferenciação que se pretendia.

É que, embora as características definidas como críticas, possuam efetivamente avarias que historicamente já causaram incidentes em linhas, há também um grande número de avarias nestas características que não apresentam qualquer risco. Por exemplo, a característica “Cantoneiras” foi definida como sendo crítica devido a possuir notas de avarias como “cantoneiras em falta” o que, mediante algumas condições, pode levar a um incidente na linha. Mas esta característica também engloba as restantes notas de avaria como “corrosão nas cantoneiras”, “cantoneira empenada”, “cantoneiras queimadas” entre outras, e estas avarias não são críticas para a linha, contaminando os dados e tornando-os imprecisos.

**Assim, chegou-se à seguinte conclusão:**

O modelo de classificação das avarias utilizado pela REN não permite avaliar qualitativamente as avarias quanto à sua criticidade, devido às características que permitem a classificação das notas de avaria englobarem avarias de cariz crítico e não crítico para a linha.

Pelo que se concluiu, que para cumprir na totalidade o objetivo proposto inicialmente, o critério de criticidade a aplicar teria de ser outro.

#### **4.4 LISTA DE CÓDIGOS DE AVARIAS DE LINHAS MAT**

Visto que o método estabelecido no capítulo 4.3 não permite definir concretamente as notas de avaria quanto à sua criticidade, decidiu-se criar uma lista de códigos de avaria. A partir da base dados em que constam todas as notas de avaria das inspeções em análise, foram identificadas as diferentes avarias registadas, e foi associado um código e definida a criticidade de cada uma das diferentes avarias. É possível ver a Lista de Códigos de Avaria das Linhas MAT desenvolvida no *Anexo C*.

Este método permite identificar rapidamente quais são as avarias críticas de uma linha, o que é uma mais-valia a nível de Avaliação de prioridades de Manutenção e para o processo de Orçamentação para reparação de Linhas.

É de salientar que esta solução potencializa também a correta classificação das avarias, visto que a lista define as partes de objeto e as características corretas para assinalar cada uma das avarias. Na Figura 34 vemos um excerto da Lista de Códigos de Avaria de Linhas MAT elaborada.

**Lista de Códigos de Avaria**

Parte de Objeto da avaria	Característica	Código	Criticidade	Avaria
Equipamento Cabo de Guarda	Acessórios	1	Não Crítico	Caixa de junção OPGW removida
				Caixa de junção OPGW queimada
				OPGW enrolado no fuste
				Baixada OPGW sem caixa de junção
Equipamento Cabo de Guarda	Acessórios	2	Não Crítico	Sup. da caixa OPGW c/ corrosão ligeira
				Corrosão suporte caixa OPGW
				Corrosão fixação caixa OPGW
				Avaria no suporte da caixa OPGW
Equipamento Cabo de Guarda	Acessórios	3	Não Crítico	Amortecedor deslocado
				Amortecedor de lado
				Amortecedor desapertado
Equipamento Cabo de Guarda	Acessórios	4	Não Crítico	Amortecedor danificado
				Amortecedor torcido
				Amortecedor partido
				Amortecedor empenado

**Figura 34** – Lista de Códigos de Avaria das Linhas MAT.

As descrições das avarias da Lista de Códigos de Avarias de Linhas MAT foram retiradas integralmente das notas de avaria dos diferentes relatórios analisados.

Na Lista de Códigos de Avaria desenvolvida em MS Excel constam 91 avarias diferentes, sendo que 13 foram avaliadas como sendo críticas e as restantes 78 não críticas. Foram definidas como críticas avarias que possam causar incidentes na linha, ou anomalias que possam evoluir para avarias e causar incidentes na linha.

Este critério foi estabelecido com o contributo de conhecimentos de profissionais experientes na área das linhas de transporte de energia. Na Figura 35 estão as 13 avarias que foram definidas como sendo possivelmente críticas para a linha, sendo as restantes caracterizadas como não críticas.

Após concluída a Lista de Códigos de Avaria procedeu-se à codificação das 17 459 notas de avaria em estudo, provenientes dos dados recolhidos nas Inspeções Visuais Terrestres a Linhas Aéreas.

**Lista de Códigos de Avaria**

Parte de Objeto da avaria	Característica	Código	Criticidade	Avaria
Equipamento Cabo de Guarda	Cabo de Guarda	14	Crítico	Cabo OPGW fios partidos
Equipamento Cabo de Guarda	Cabo de Guarda	19	Crítico	Feixe de reparação danificado
Equipamento Cabo de Guarda	Manga de Reparação	25	Crítico	Avaria na Manga de Reparação
Equipamento Cabo de Guarda	União	27	Crítico	Avaria na União
Equipamento Cadeia de Isoladores	Isoladores	39	Crítico	Isolador partido
Equipamento Cadeia de Isoladores	Isoladores	40	Crítico	Isoladores muito sujos
Equipamento Cabo Condutor	Cabo condutor	47	Crítico	Fios partidos
Equipamento Cabo Condutor	Cabo condutor	48	Crítico	Cabo empolado
Equipamento Cabo Condutor	Manga de reparação	52	Crítico	Avaria na manga de reparação
Equipamento Cabo Condutor	Separadores	54	Crítico	Separador partido
Estrutura Metálica dos Apoios	Cantoneiras	58	Crítico	Corrosão profunda
Estrutura Metálica dos Apoios	Cantoneiras	59	Crítico	Cantoneiras em falta
Faixa de Protecção da Linha	Árvores	74	Crítico	Árvores na faixa

**Figura 35** – Avarias definidas como críticas na Lista de Códigos de Avaria.

Foram verificadas as diversas vantagens que este método apresenta e que já foram enunciadas. É de realçar principalmente a facilidade com que se consegue identificar as avarias críticas de uma linha, com a simples utilização de filtros de pesquisa rapidamente se consegue chegar a uma conclusão, o que anteriormente era demorado e difícil de fazer devido à utilização de diferentes termos para enunciar a mesma avaria.

Já com todas as notas de avarias codificadas, foi concebida outra macro a partir *do Visual Basic for Application* no MS Excel que possibilitasse a contagem das avarias por linha, e por parte de objeto, separando as avarias críticas das não críticas a partir da lista de códigos de avaria. O resumo dos resultados obtidos pode ser consultado na Tabela 8.

**Tabela 8** – Análise ao critério estabelecido na Lista de Códigos de Avaria.

Partes de Objeto	Avarias Críticas	Avarias Não Críticas
Avarias no Cabo Condutor	58	237
Avarias no Equipamento Cadeia de Isoladores	477	764
Avarias na Faixa de Protecção da Linha	688	1656
Avarias nas Fundações de Apoios	-	3007
Avarias no Cabo de Guarda	24	1243
Avarias nas Ligações à Terra	-	112
Avarias na Estrutura Metálica dos Apoios	162	9031
<b>Total</b>	<b>1409</b>	<b>16050</b>

Ao analisar-se os resultados obtidos concluiu-se que este método cumpre o objetivo para que foi desenvolvido, pois permite apurar apenas quais as avarias e anomalias identificadas nas inspeções que são uma prioridade para a manutenção. Foi com base no critério de criticidade estabelecido, utilizando uma Lista de Códigos de Avaria, que foram desenvolvidos os Indicadores de Estado das Linhas MAT apresentados no próximo capítulo.

#### **4.5 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO**

No Capítulo 4 do presente trabalho caracteriza-se a informação dos relatórios das Inspeções Visuais Terrestres a Linhas Aéreas que chegam à REN.

Apresentam-se as análises de dados efetuadas, os erros encontrados e o tratamento a que os dados foram sujeitos. Estabeleceram-se critérios para classificar as notas de avaria quanto à sua criticidade. Propuseram-se alterações ao atual processo de classificação das notas de avaria e ao *Template* em MS Excel entregue às equipas de inspeção.

Todas as sugestões e alterações realizadas neste capítulo tiveram o intuito de criar uma base dados fiável, para construção de rigorosos indicadores de estado e também para potencializar a robustez de todo o processo das IVTA. Este esforço foi reconhecido pois os erros de dados detetados e as sugestões apresentadas neste capítulo motivaram alterações na empresa, no que respeita ao processo das Inspeções Visuais Terrestres a Linhas Aéreas.



## 5. ÍNDICES DE ESTADO UTILIZANDO DADOS DAS IVTA

Após estabelecida uma base de dados, com todas as avarias das inspeções corretamente identificadas e definida a sua criticidade, foram desenvolvidos indicadores ou índices de estado que visam facilitar e apoiar as decisões de gestão de ativos. Os índices de estado desenvolvidos pretendem representar de forma aritmética e gráfica o desempenho das linhas enquanto ativo, baseando a sua performance nas avarias identificadas nas inspeções realizadas às linhas de transporte. É importante realçar que estes indicadores são um novo conceito e foram desenvolvidos para serem uma ferramenta para a gestão das linhas da RNT, para que as decisões referentes à gestão das linhas aéreas de transporte de energia não sejam baseadas apenas no conhecimento e na experiência humana, mas também em dados recolhidos no terreno. Esta ferramenta segue uma estratégia definida pelos *TSOs* de manter os seus ativos nas melhores condições eficientemente, visando uma otimização da manutenção, mantendo a qualidade e a segurança da rede.

## 5.1 INDICADORES DE ESTADO

Durante o desenvolvimento dos Indicadores de Estado tiveram-se em conta quatro importantes considerações: têm de ser objetivos, de fácil compreensão, refletir uma estratégia da empresa, e serem relevantes para a atividade. Os Indicadores de Estado foram desenvolvidos no *software* MS Excel a partir dos dados dos relatórios das IVTA previamente apresentados. A tabela desenvolvida com Índices de Estado de Linhas MAT pode ser consultada no *Anexo D*.

A Tabela de Indicadores de Estado das Linhas MAT pode ser compreendida em 4 partes:

- Identificação da Linha;
- Indicadores Gerais;
- Indicadores por Parte de Objeto;
- Informação sobre a Linha.

### 5.1.1 IDENTIFICAÇÃO DA LINHA

Na tabela onde constam os indicadores desenvolvidos, existem duas colunas que identificam a linha que foi alvo de análise. A coluna “Linha” identifica a linha ou segmento de linha a que correspondem os indicadores, através da denominação utilizada pela REN. A coluna “Plano IVT” (Plano da Inspeção Visual Terrestre) indica o plano a que a linha está abrangida. Nos planos de inspeção é possível encontrar toda a informação recolhida pelas equipas de inspeção, onde consta o registo fotográfico ou vídeo das avarias e anomalias identificadas e os relatórios. Os indicadores pretendem ser um reflexo da informação contida nos planos, mas caso seja necessário consultar a informação recolhida no terreno, está identificado o Plano que abrangeu os indicadores desenvolvidos, permitindo assim uma consulta rápida.

Identificação da Linha	
Linha	Plano IVT
LCG.FN2	2480

**Figura 36** – Identificação da Linha.

## 5.1.2 INDICADORES GERAIS

Os indicadores gerais desenvolvidos, tal como o nome indica, pretendem criar uma visão geral do estado do ativo. O critério de criticidade utilizado em todos os indicadores é o definido a partir da Lista de códigos de Avaria desenvolvida.

Indicam o valor total de avarias e anomalias identificadas na inspeção realizada à linha, bem como o valor de avarias identificadas como sendo críticas, e não críticas.

Para poder comparar a performance das diferentes linhas como ativo, independentemente do número de apoios ou quilómetros de linha que tenham, foram criados dois indicadores. O indicador de Avarias por Apoio (Avarias/Apoio) é uma relação das avarias identificadas na linha com o seu número de apoios. O Indicador de Avarias por Quilómetro de linha (Avarias/Km de linha), onde é apresentada a relação das avarias detetadas nas inspeções e a distância em quilómetros da linha. As colunas com os indicadores “Avarias/Apoio” e “Avarias/Km de linha” possuem uma formatação condicionada utilizando uma escala de cores. Esta formatação condicional aplica uma paleta de cores às células consoante o valor de “Avarias/Apoio” e “Avarias/Km de linha” das mesmas, em que os valores mais altos encontrados na tabela são identificados na cor vermelha, e os mais baixos a verde.

Na Figura 37 seguinte está um excerto da Tabela dos Índices de Estado, aonde estão os Indicadores Gerais.

Indicadores gerais				
Total de Avarias	Avarias Críticas	Avarias não Críticas	Avarias /Apoio	Avarias/Km de linha
405	24	381	6,328	15,959

Figura 37 – Indicadores gerais.

## 5.1.3 INDICADORES POR PARTE DE OBJETO

Os Indicadores por Parte de Objeto apresentam o número de avarias críticas e não críticas identificadas em cada uma das partes de objeto, para cada uma das linhas inspeccionadas. Estes indicadores pretendem transmitir em que partes de objeto da linha é que foram

verificadas as avarias e anomalias, e discrimina quais dessas avarias são críticas e não críticas.

Na Figura 38 é possível ver parte da Tabela dos Índices onde estão os Indicadores por Parte de Objeto.

Indicadores por parte de objeto													
Avarias no Cabo Condutor		Avarias no Equipamento Cadeia de Isoladores		Avarias Faixa de Proteção da Linha		Avarias nas Fundações de Apoios		Avarias no Cabo de Guarda		Avaria nas Ligações à Terra		Avarias na Estrutura Metálica dos Apoios	
Crítica	Não Crítica	Crítica	Não Crítica	Crítica	Não Crítica	Crítica	Não Crítica	Crítica	Não Crítica	Crítica	Não Crítica	Crítica	Não Crítica
1	16	9	42	13	6	0	136	0	22	0	25	1	134

**Figura 38** – Indicadores por Parte de Objeto.

#### 5.1.4 INFORMAÇÕES DA LINHA

Para poder retirar mais algumas conclusões sobre o estado da linha sem ter de consultar outros ficheiros em paralelo, inclui-se na Tabela de Índices de Estado uma zona dedicada às informações da linha, como se pode ver na Figura 39. Nesta secção é disponibilizado o nível de tensão da linha, o ano ou os anos de construção dos diferentes segmentos da linha, o comprimento da linha em quilómetros, a data em que esta entrou em serviço e o número de apoios da linha. Estas informações foram incluídas, por terem influência no número de avarias registado. Pois, além de toda a informação ser pertinente para uma análise rápida, verificou-se que o número de avarias é superior nas linhas que apresentam segmentos de linha mais antigos. Este tema será abordado no capítulo 5.3.

Informações da linha				
Nível de tensão (kV)	Ano(s) de construção dos segmentos	Comprimento dos segmentos (Km)	Em serviço desde	Apoios
220 kV	1976-2009	25,378	01/01/1976	64

**Figura 39** – Informações sobre a linha.

## 5.2 DASHBOARD

Para que a informação dos indicadores desenvolvidos possa ser consultada de uma forma visualmente apelativa, facilitando a compreensão da informação, concebeu-se um *dashboard* utilizando o software *Power BI*. Esta ferramenta de análise permite a criação de relatórios dinâmicos, impulsionando a análise de dados e permitindo a consulta dos mesmos através da internet e de diversos dispositivos móveis. É possível consultar detalhadamente o *dashboard* desenvolvido com os Indicadores de Performance das linhas MAT, no Anexo E. Este painel dinâmico permite a compreensão gráfica da performance de cada uma das linhas analisadas. É possível visualizar o *dashboard* na Figura 40.

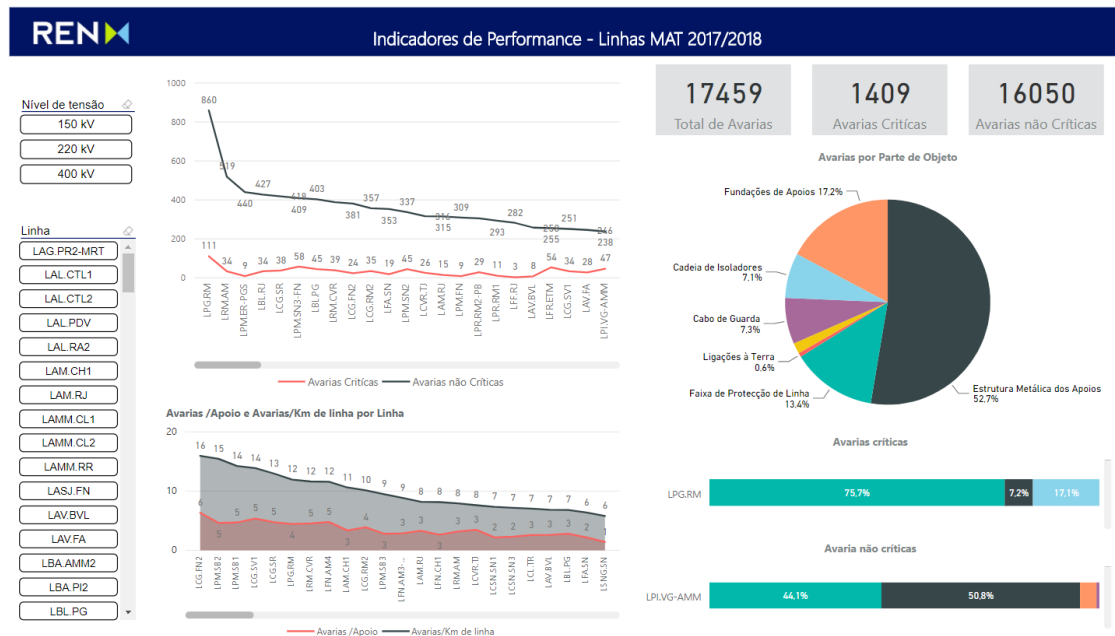
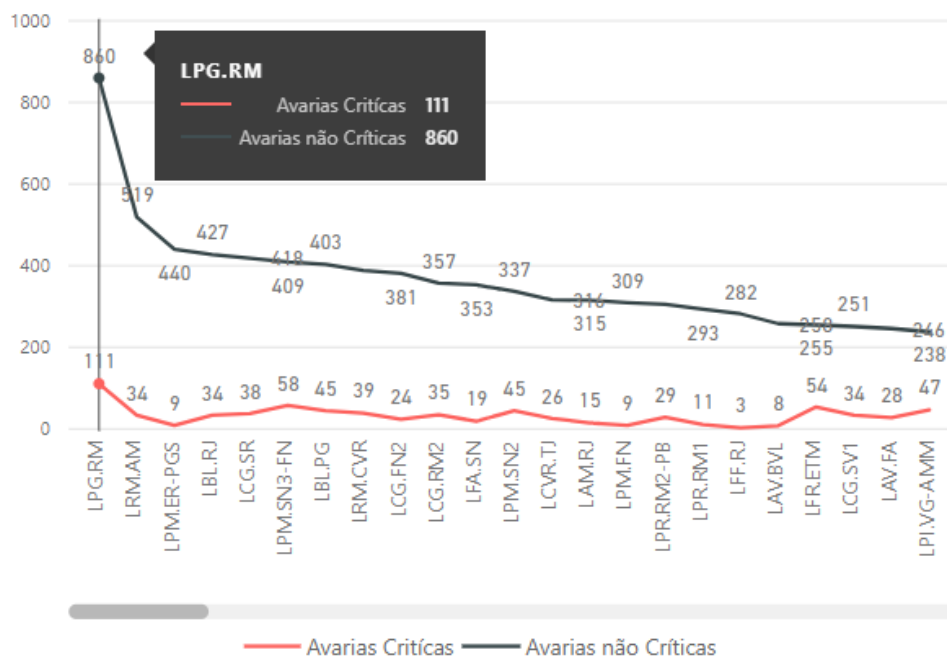


Figura 40 – Dashboard com os Indicadores de Performance das Linha MAT.

A informação relativa à performance pode ser consultada por linha ou por nível de tensão, e os diversos elementos gráficos pretendem traduzir visualmente a seguinte informação:

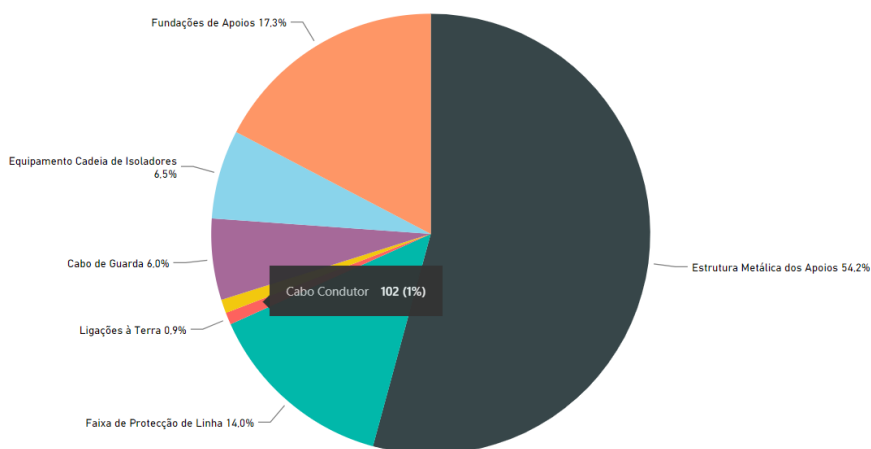
- **Gráfico de linhas** – avarias críticas e não críticas de cada uma das linhas;
- **Gráfico de área** – avarias/apoio e avarias/Km de linha de cada uma das linhas;
- **Gráfico circular** – avarias por parte de objeto das linhas;
- **Gráficos de barras empilhadas** – avarias críticas e não críticas por parte de objeto.
- **Cartões** – total de avarias, avarias críticas e avarias não críticas.

Um dos elementos do *dashboard*, é um gráfico de linhas que possibilita a visualização gráfica do número de avarias críticas e não críticas das diversas linhas analisadas. Ao passar o cursor por cima da informação de uma linha, surge uma caixa a informar o número de avarias críticas e não críticas, como se pode ver na Figura 41.



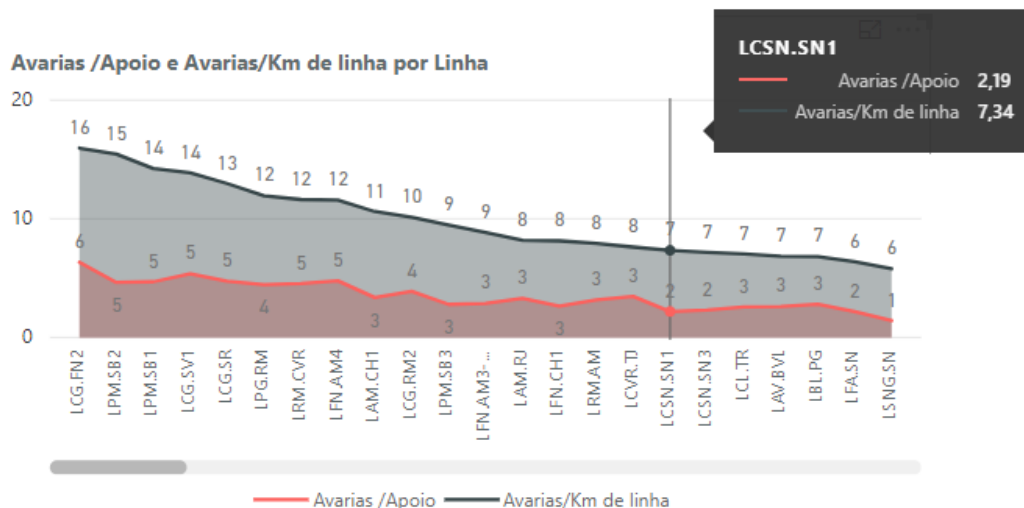
**Figura 41** – Gráfico com as avarias críticas e não críticas de cada uma das linhas.

Foi desenvolvido um gráfico circular dinâmico que permite observar o valor em percentagem das avarias por parte de objeto das diversas linhas. Ao passar o cursor por cima de uma área do gráfico, ele indica o número de avarias identificadas nessa parte de objeto, como se pode verificar na Figura 42.



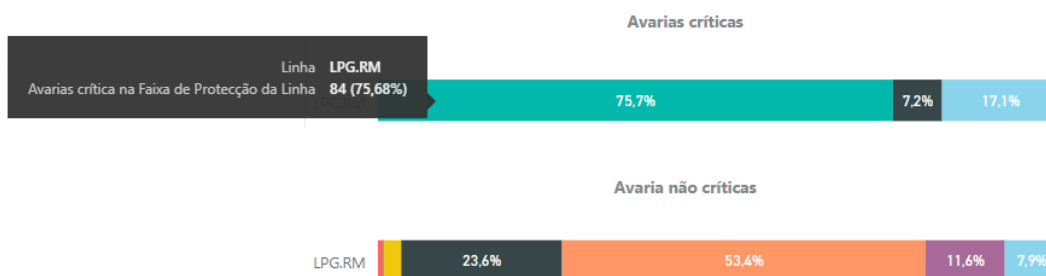
**Figura 42** – Gráfico circular com os Indicadores de Avarias por Parte de Objeto.

Para comparar a performance dos diferentes ativos, inclui-se um gráfico de área dinâmico com os valores de avarias/apoio e avarias/km de linha das diferentes linhas em estudo. Este gráfico, ao passar o cursor por cima de uma linha, discrimina os valores da linha em causa de avarias/apoio e avarias/km de linha, como se pode ver na Figura 43.



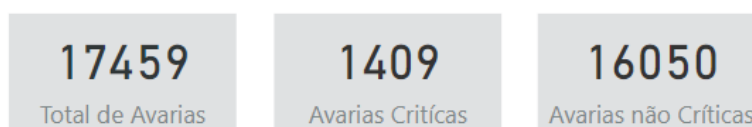
**Figura 43** – Gráfico de área com os Índices de Avarias/Apoio e Avarias/Km de linha.

Foram implementados dois gráficos de barras empilhadas que permitem conhecer as avarias da linha, isto é, qual o valor em percentagem das avarias críticas e não críticas. Ao passar o cursor, surge a indicação em número das avarias da parte de objeto em causa, como se pode ver na Figura 44.



**Figura 44** – Gráficos de barras empilhadas de avarias críticas e não críticas.

Por último, incluem-se no *Dashboard* cartões dinâmicos, que discriminam o valor de total de avarias, avarias críticas e avarias não críticas das diferentes linhas analisadas. Na Figura 45 é possível ver estes elementos.



**Figura 45** – Cartões com Total de Avarias, Avarias Críticas e Avarias não Críticas.

### 5.3 ANÁLISE DOS ÍNDICES DE ESTADO

Ao analisar-se os Índices desenvolvidos para as 146 linhas da RNT na sua generalidade é possível verificar que as linhas cujo estado apresenta a pior performance são as mais antigas, e que há um expectável maior número de avarias e anomalias nas linhas com maior número de apoios e quilómetros de linha. As linhas analisadas apresentam um valor médio de 1,25 Avarias/Apoio, e de 3,442 avarias/km de linha.

A linha com o maior número de avarias registada foi a linha Pego-Rio Maior (LPG-RM) que apresenta 971 anomalias identificadas, tendo também o maior número de avarias e anomalias críticas 111. A linha com a pior performance analisada foi a linha Carregado-Fanhões 2 (LCG.FN2), em que se verificou a existência de 6,3 avarias/apoio, e 15,9 avarias/km de linha. Na Figura 46 é possível constatar os valores destas duas linhas e das linhas com os valores mais altos de Avarias/Km de linha analisadas.

Identificação da Linha		Indicadores gerais					Informações da linha		
Linha	Plano IVT	Total de Avarias	Avarias Críticas	Avarias não Críticas	Avarias /Apoio	Avarias/Km de linha	Ano(s) de construção dos segmentos	Comprimento dos segmentos (Km)	Apoios
LCG.FN2	2480	405	24	381	6,328	15,959	1976-2009	25,378	64
LPM.SB2	2250	65	8	57	4,643	15,458	1952	4,205	14
LPM.SB1	2250	61	8	53	4,692	14,242	1960	4,283	13
LCG.SV1	2510	285	34	251	5,377	13,880	1967	20,533	53
LCG.SR	2120	456	38	418	4,750	12,974	2002	35,148	96
LPG.RM	2220	971	111	860	4,434	11,937	1979	81,343	219

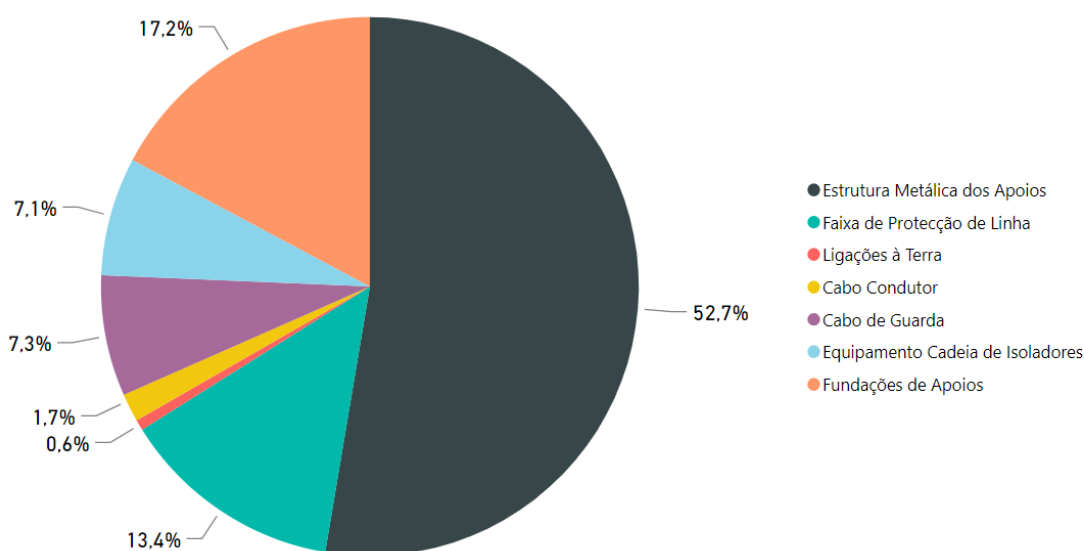
Figura 46 – Linhas com valores mais altos de Avarias/Km de linha.

É possível notar a partir dos Indicadores de Estado desenvolvidos, que a performance das linhas mais antigas é inferior ao das linhas mais recentes, pois estas apresentam os valores mais altos de “Avarias/Apoio” e “Avarias/Km de linha”. A média de idades das 20 linhas analisadas com a pior performance é de 19,3 anos, enquanto que as 20 linhas com a melhor performance têm uma média de idades de 12,35 anos. Estes valores são justificáveis pelo facto de que as linhas mais antigas estão expostas há mais tempo a ambientes adversos, pelo que é expectável identificar-se um maior número de elementos degradados nestas linhas.

A linha com a melhor performance é a linha Castelo Branco-Ferro 2/Fatela (LCC.FE2/FTL) que apresenta 0,019 Avarias/Apoio e 0,053 Avarias/Km de linha. Esta linha de transporte foi instalada em 2006 e na última IVTA verificaram-se apenas 3 avarias nesta linha, embora sejam críticas, pois foram registados 3 isoladores partidos.

Embora a Tabela de Índices de Performance apresente a linha Batalha-Paraimo (LBL.PI) com 0,011 Avarias/Apoio e 0,030 Avarias/Km de linha, que são os valores mais baixos registados. Verificou-se que esta linha de transporte não tinha sido totalmente inspecionada, pelo que houve relatórios com avarias e anomalias desta linha que não foram fornecidos nem analisados.

A Parte de Objeto da linha onde foram verificadas mais avarias foi na Estrutura Metálica dos Apoios, com 9193 avarias identificadas nas diferentes linhas inspecionadas, e a parte de objeto com menos avarias registadas foi a “Ligações à Terra” com 112. Na Figura 47 é possível verificar em que Partes de Objeto das linhas foram verificadas mais avarias e anomalias a partir das IVTA.



**Figura 47** – Avarias por Parte de Objeto.

A característica com maior número de avarias identificadas foi “Chapas Sinaléticas” da Parte de Objeto Estrutura Metálica dos Apoios, com 5802 avarias. E a avaria mais registada das IVTA analisadas foi “Logotipo REN – rasgado ou ilegível” que foi verificado em 1294 notas de avaria.

## 5.4 UTILIDADE DOS ÍNDICES DE ESTADO E DAS NOTAS DE AVARIA CODIFICADAS

Os Índices de Estado desenvolvidos e a utilização de uma Lista de Códigos de Avarias das Linhas MAT apresentam diversas utilidades como:

- **Definição do Estado do Ativo:** os índices permitem ter uma perspetiva do estado de degradação de cada uma das linhas, permitindo fazer uma gestão mais assertiva destes ativos baseada em dados concretos obtidos no terreno.
- **Avaliação de prioridades de Manutenção** – os indicadores permitem a definição das prioridades de manutenção das linhas, possibilitando a hierarquização da manutenção dos ativos consoante o risco identificado.
- **Orçamentação para reparação de Linhas** – a codificação das avarias permite uma rápida avaliação do tipo de avarias existentes em todas as linhas e orçamentação futura do plano de manutenção.
- **Definição de programas de Investimento baseado no estado do ativo** – os índices permitem manter a integridade e operacionalidade dos ativos da RNT, através de um processo seletivo de remodelação, recondicionamento, substituição e reconstrução, baseado no estado dos ativos.
- **Avaliação da metodologia de manutenção** – os indicadores de performance das linhas vêm permitir que, no futuro, seja possível avaliar e se necessário alterar as metodologias de manutenção de linhas, de forma a otimizar este processo.

## 5.5 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

Apresenta-se no Capítulo 5 desta tese os Índices de Estado das Linhas MAT desenvolvidos, e a sua apresentação gráfica através de um *Dashboard*.

Apresentam-se os diferentes elementos que compõem a Tabela de Índices de Estado, desenvolvida a partir de dados de Inspeções Visuais Terrestres a Linhas Aéreas previamente tratados. Desenvolveu-se um *Dashboard* utilizando o software *Power BI*, que facilita a compreensão da informação, permitindo ter uma perspetiva do estado das linhas de transporte.

Os Índices desenvolvidos são uma ferramenta útil para o departamento de gestão de ativos, tendo sido reconhecida a sua utilidade e interesse em implementar esta análise aos dados das IVTA.



## 6. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Esta tese teve como objetivo principal o desenvolvimento de índices que possibilitem uma avaliação ao estado dos ativos linhas aéreas de muito alta tensão a partir de dados recolhidos em inspeções. Enquanto, é necessário avaliar a integridade/qualidade dos dados recolhidos nas Inspeções Visuais Terrestres a Linhas Aéreas, e apresentar uma metodologia que permita analisar os dados das Inspeções Visuais Terrestres.

Durante o desenvolvimento desta tese, foram realizadas diversas análises de dados para verificar o estado dos dados, desenvolver um critério de criticidade e criar indicadores de performance das linhas MAT.

As principais conclusões e trabalhos futuros, baseados no trabalho desenvolvido, são apresentados nos pontos seguintes.

## 6.1 CONCLUSÕES

A elaboração desta tese permitiu o desenvolvimento de Índices de Estado de Linhas de Muito Alta Tensão a partir de dados recolhidos em Inspeções Visuais Terrestres a Linhas Aéreas. Foi avaliada a integridade e qualidade dos dados das IVTA, tendo sido sugeridas alterações ao *Template* MS Excel, que a REN fornece às equipas de inspeções, e ao modelo de caracterização das avarias utilizado, dado terem sido identificados diversos problemas com os dados fornecidos. Foi também desenvolvida uma Lista de Códigos de Avaria de Linhas MAT que permite analisar os dados quanto à sua criticidade, apresentando também outras vantagens.

Numa primeira análise aos dados das IVTA, foram detetados diversos erros de qualidade e de integridade de dados. São várias as causas para estes erros. Por um lado, o *Template* MS Excel fornecido às equipas de inspeção não possui critérios de validação de dados. Por outro lado, a falta de experiência das equipas responsáveis pelas inspeções visuais terrestres às linhas, e o Modelo utilizado pelas equipas de inspeção para a caracterização das avarias não permitem identificar corretamente todas as avarias registadas nas inspeções. Sugeriram-se, assim, alterações ao *Template* MS Excel fornecido às equipas de inspeção e também ao modelo utilizado para caracterizar as avarias. Torna-se também necessário reforçar, junto das equipas de inspeção, a importância do correto preenchimento dos relatórios das inspeções.

Realizaram-se três análises de dados que se revelaram importantes para tornar os dados inequívocos e rigorosos, e para sugerir alterações a todo o processo das IVTA, de forma a conceder-lhe mais precisão e robustez. É importante referir que todo o processo que envolve as IVTA é recente, dado que só começou a ser realizado por empresas externas à REN em 2017. Este tema é abordado no Capítulo 4.

Desenvolveu-se uma metodologia que permite analisar as avarias registadas nas inspeções às linhas MAT, quanto à sua criticidade, para permitir uma avaliação de prioridades de manutenção e também para possibilitar a definição do estado do ativo. Conseguiu-se apurar que o Modelo de caracterização das notas de avaria, utilizado atualmente pela REN, não permite avaliar qualitativamente as notas de avaria quanto à sua criticidade. Por isso, desenvolveu-se uma Lista de Códigos de Avaria das Linhas MAT com base nas 17 465 notas de avaria analisadas, em que foi associado um código a

cada uma das diferentes avarias, e definida a sua criticidade. Esta lista possibilita avaliar quais as avarias e anomalias registadas podem causar incidentes nas linhas e devem ser reparadas prioritariamente em relação às restantes.

O grande progresso proporcionado por esta tese é o conceito apresentado no Capítulo 5, Índices de Estado das Linhas MAT e a sua apresentação gráfica através de um *Dashboard* desenvolvido no software *Power BI*. Os índices foram elaborados a partir de dados recolhidos e previamente tratados, de inspeções visuais terrestres a linhas aéreas, com o objetivo de criar uma perspetiva do estado destes ativos.

Estes índices apresentam-se como uma ferramenta útil para a gestão das linhas da RNT, tornando possível que, futuramente, as diversas decisões relativas à gestão dos ativos linhas aéreas de transporte de energia possam ser baseadas em dados concretos recolhidos no terreno e não apenas na experiência humana como no passado. Estes Indicadores cumprem uma estratégia de otimização da manutenção, mantendo a qualidade e segurança da rede.

Em suma, desenvolve-se e propõe-se nesta tese um método inovador de Indicadores de Estado de linhas MAT, a partir de dados de inspeções visuais terrestres a linhas aéreas. As sugestões de alteração ao *Template MS Excel*, ao Modelo de caracterização das avarias, e a utilização de uma Lista de Códigos de Avaria das Linhas MAT apresentaram diversas vantagens que foram reconhecidas por membros dos departamentos de Programação e Otimização de Ativos, e Dados e Modelos da REN, tendo motivado alterações na organização.

## **6.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS**

Para desenvolver este conceito de indicadores de estado, foram analisados 84 Planos de inspeções realizadas em 2017 e 2018, o que pode de alguma forma significar uma limitação para algumas das metodologias desenvolvidas.

Assim, como proposta para trabalho futuro, sugere-se a validação do Modelo de caracterização das avarias apresentado para as Inspeções Visuais Terrestres a Linhas Aéreas no Capítulo 4.2, assim que implementado e logo que os relatórios das IVTA estejam disponíveis para análise. E também se sugere um estudo à Lista de Códigos de

Avaria das linhas MAT desenvolvida, a fim de se otimizar esta ferramenta e viabilizar a sua implementação.

## *REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS*

- [1] CIGRE WG 22.13, “Management of existing Transmission Lines,” 2000.
- [2] REN - Rede Eléctrica Nacional, “Caracterização da rede nacional de transporte para efeitos de acesso à rede em 31 de Dezembro de 2017,” p. 92, 2018.
- [3] REN - Rede Eléctrica Nacional, “Especificação Técnica - Estruturas Metálicas para Linhas e Subestações,” p. 27, 2007.
- [4] REN - Rede Eléctrica Nacional, “Especificação Técnica - Execução de projectos de Linhas Aéreas de M.A.T.,” p. 41, 2008.
- [5] REN - Rede Eléctrica Nacional, “Condições Técnicas Gerais - Empreitadas respeitantes a Linhas de Muito Alta Tensão.” p. 43, 2015.
- [6] REN - Rede Eléctrica Nacional, “Especificação Técnica - Acessórios da Malha de Terra dos Apoios,” p. 12, 2007.
- [7] Solidal - Condutores Eléctricos; Quintas & Quintas - Condutores Eléctricos, “Guia Técnico Solidal,” p. 406, 2007.
- [8] J. N. dos Santos, “Condutores E Cabos De Energia,” 2005.
- [9] REN - Rede Eléctrica Nacional, “Especificação Técnica - Cabos nus para Linhas Aéreas de M.A.T.,” p. 18, 2007.
- [10] 3M, “3M ACCR - Condutor de Alumínio Reforçado por Compósito Metálico,” p. 26, 2014.
- [11] REN - Rede Eléctrica Nacional, “Especificação Técnica - Generic specification for optical ground wires to be applied in high voltage overhead lines,” p. 41, 2007.
- [12] REN - Rede Eléctrica Nacional, “Especificação Técnica - Isoladores de cadeia para Linhas Eléctricas de M.A.T.,” p. 13, 2007.
- [13] LaGranja, “Isoladores de Vidro - Especificações Técnicas,” p. 15.
- [14] REN - Rede Eléctrica Nacional, “Especificação Técnica - Isoladores de

Compósito,” p. 13, 2007.

- [15] REN - Rede Eléctrica Nacional, “Especificação Técnica - Acessórios de fixação de cadeias de isoladores e cabos,” p. 33, 2007.
- [16] REN - Rede Eléctrica Nacional, “Especificação Técnica - Conjuntos Sinaléticos dos Apoios,” p. 8, 2007.
- [17] REN - Rede Eléctrica Nacional, “Especificação Técnica - Balizagem Aérea por pintura de torres Metálicas,” p. 16, 2007.
- [18] REN - Rede Eléctrica Nacional, “Especificação Técnica - Dispositivo de balizagem aérea de linhas eléctricas de M.A.T.,” p. 9, 2007.
- [19] Carmanah, “OL10A Solar LED Obstruction Light,” p. 2, 2009.
- [20] REN - Rede Eléctrica Nacional, “Especificação Técnica - Inspeção de Linhas M.A.T. por Via Terrestre.” p. 21, 2015.

# Anexo A

Template Word preenchido no terreno no âmbito das Inspeções Visuais Terrestres a Linhas Aéreas (Fonte: REN)

<b>INSPECÇÃO E ENSAIO</b>	
Inspeção de Linhas MAT	

LINHA	REN, Rede Electrica Nacional, SA	PLANO:
		SEGMENTO:

COORDENADA (CENTRO DO POSTE)

LAT: N \_\_\_\_\_ °

LONG: W \_\_\_\_\_ °

RESISTÊNCIA DE TERRAS: \_\_\_\_\_ Ω

ESTADO DO TERRENO: SECO  HÚMIDO

METODOLOGIA: QUEDAS DE TENSÃO  SELECTIVA

ZONA DE IMPLANTAÇÃO:

ZONA PUBLICA	
ZONA FREQUENTADA	
ZONA POUCO FREQUENTADA	
ZONA NÃO FREQUENTADA	

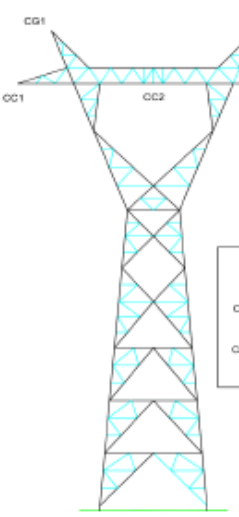
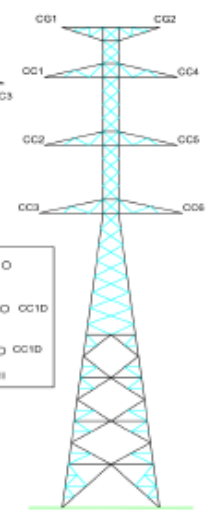
VERIFICAÇÕES	SIM	NÃO
PERNAS DESNIVELADAS		
MÓDULO		
PINTURA/BALIZAGEM		
DESCIDA DE CABO OPGW		
UNIÕES A MEIO VÃO		

TIPO DE APOIO: \_\_\_\_\_ Nº DE APOIO: \_\_\_\_\_

FIXAÇÃO: C.C.  C.G.

VÃO \_\_\_\_\_ FOTO \_\_\_\_\_

CC1 ○

CC1E ○ CC1D

CC1E ○ CC1D

CC1E ○ CC1D

CC1E ○ CC1D

CC1E ○ CC1D

TIPO DE ISOLADORES: VIDRO  COMPÓSITO  CERAMICA

Nº DE BALIZORES: CABOS  POSTE  CG1  CG2

	AMORTECEDORES																
	TERNO ESQUERDO								TERNO DIREITO								
	CC1	CC2	CC3	CC4	CC5	CC6	CG1	CG2	CC1	CC2	CC3	CC4	CC5	CC6	CG1	CG2	
ATRÁS																	
FRENTE																	

	Nº DE NINHOS / PLATAFORMAS OU OUTROS SISTEMAS INIBIDORES														
	TERNO ESQUERDO								TERNO DIREITO						
	CC1	CC2	CC3	CC4	CC5	CC6	CG1	CG2	CC1	CC2	CC3	CC4	CC5	CC6	FUSTE
NINHOS															
PLAT.															
VENT.															

Anexo A. 1 – Template Word para preenchimento no terreno (Frente).

OCORRÊNCIAS / ANOMALIAS NO APOIO		
TIPO	DESCRIÇÃO	FOTO
MACIÇOS DE FUNDAÇÃO (volume de terra estabilizantes/ligações terra)		
CANTONEIRAS/PARAFUSOS EM FALTA (nº de cantoneiras em falta, nº diagonais, nº de escoras)		
CANTONEIRAS BLOQUEADAS		
CORROSÃO NO APOIO (generalizada / pontual)		
CONJ. SINALETICOS (chapa e logotipo de nº e perigo/ nome e símbolo/ aérea)		
ISOLADORES (partidos/rachados/sujos/corrosão)		
CADEIAS E ACESSÓRIOS (corrosão/despertados/falta/contaminamentos)		
FIADORES DE CC E CG (danificados/despertados)		
BAIXADA E CX. DE JUNÇÃO OPGW		

OCORRÊNCIAS / ANOMALIAS NO VÃO				
TIPO	DESCRIÇÃO	COORDENADAS		FOTO
		LAT.	LONG.	
LIMPEZA DE FAIXA (limpeza da plataforma/ arvores críticas)				
CABOS (fios, separadores, amortecedores partidos/soltos)				
BALIZAGEM E BFD'S (esferas partidas danificadas)				
OBSTACULOS (construções/gruas críticas, pedreiras)				
UNIÕES A MEIO VÃO				

MEDIÇÃO	EMM'S	Nº

OBSERVAÇÕES

RESPONSÁVEL	DATA	VISTO	DATA

Anexo A. 2 – Template Word para preenchimento no terreno (Verso).

## Anexo B

### Linhas da RNT analisadas (Fonte: REN)

Neste anexo são apresentadas as 146 linhas que foram objeto de estudo da presente dissertação. As linhas são apresentadas por nível de tensão, e é possível ver o número de cabos condutores, o tipo de cabo e o comprimento da linha.

Anexo B. 1 – Linhas de 400 kV analisadas.

Linha	Barramento Inicial – Barramento Final	Feixe	Tipo de Cabo	Comprimento* (Km)
LAL.CTL1	ALTO LINDOSO-CARTELLE 1	2x	Rail	1,1
LAL.CTL2	ALTO LINDOSO-CARTELLE 2	2x	Rail	1,1
LAL.PDV	ALTO LINDOSO-PEDRALVA	2x	Zambeze	39,6
LAL.RA2	ALTO LINDOSO-RIBA D'AVE 2	2x	Zambeze	59,6
LAM.RJ	ALTO MIRA-RIBATEJO	2x	Zambeze	40,2
LAMM.RR	ARMAMAR-RECAREI	2x	Zambeze	74,2
LAV.BVL	ALQUEVA-BROVALES	2x	Zambeze	38,9
LAV.FA	ALQUEVA-FERREIRA DO ALENTEJO	2x	Zambeze	64,1
LBA.AMM2	BODIOSA-ARMAMAR 1	2x	Zambeze	61,2
LBA.PI2	BODIOSA-ARMAMAR 2	2x	Zambeze	59,7
LBL.PG	BATALHA-PEGO	2x	Zambeze	65,6
LBL.PI	BATALHA-PARAIMO 1	2x	Zambeze	101,5
LBL.RJ	BATALHA-RIBATEJO	2x	Zambeze	80,9
LBT.LGC3	BEMPOSTA-LAGOAÇA 3	2x	Zambeze	29,4
LCAL.AL2	CENTRAL A.LINDOSO-A.LINDOSO	2x	Aster 1144	0,4
LCAV.AV1	CENTRAL ALQUEVA-ALQUEVA 1	2x	Zambeze	1,2
LCAV.AV2	CENTRAL ALQUEVA-ALQUEVA 2	2x	Zambeze	0,8
LCSN.SN2	CENTRAL DE SINES-SINES 2	2x	Zambeze	12,2
LCSN.SN3	CENTRAL DE SINES-SINES 3	2x	Zambeze	12,0
LFA.SN	FERREIRA DO ALENTEJO-SINES	2x	Zambeze	58,4
LFF.RJ	FERNÃO FERRO-RIBATEJO	2x	Zambeze	83,9
LFN.AM4	FANHÕES-ALTO DE MIRA 4	2x	Zambeze	18,1
LFN.RJ	FANHÕES-RIBATEJO	2x	Zambeze	24,4
LFN.TJ	FANHÕES-TRAJOUCE	2x	Zambeze	27,6
LFR.ETM	FALAGUEIRA-ESTREMOZ	2x	Zambeze	89,7
LLGC.AAV1	LAGOAÇA-ALDEA D'AVILLA 1	2x	Zambeze	4,7
LLRS.LV2	LARES-LAVOS 2	2x	Zambeze	9,7
LLV.PI	LAVOS-PARAIMO	2x	Zambeze	63,7
LPDV.RA	PEDRALVA-RIBA D'AVE	2x	Zambeze	20,8
LPG.RM	PEGO-RIO MAIOR	2x	Zambeze	81,3
LPI.VG-AMM	PARAIMO-VALDIGEM/ARMAMAR	2x	Zambeze	130,4
LPM.FF5	PALMELA-FERNÃO FERRO 5	2x	Zambeze	28,8

LPM.FN	PALMELA-FANHÕES	2x	Zambeze	68,1
LPM.SN2	PALMELA-SINES 2	2x	Zambeze	96,0
LPM.SN3-FN	PALMELA-SINES 3/FANHÕES	2x	Zambeze	191,3
LPO.TVR	PORTIMÃO-TAVIRA	2x	Zambeze	81,3
LRM.AM	RIO MAIOR-ALTO MIRA	2x	Zambeze	69,7
LRR.VM3	RECAREI-VERMOIM 3	2x	Zambeze	18,8
LRR.VNF	RECAREI-VILA NOVA FAMALICÃO	2x	Zambeze	45,0
LSN.PO3	SINES-PORTIMÃO 3	2x	Zambeze	99,4
LTVR.PGN	TAVIRA-PUEBLA DE GÚZMAN	2x	Zambeze	33,3
LVM.VNF	VERMOIM-VILA NOVA FAMALICÃO	2x	Zambeze	37,0
LVPC.VPA	VALPAÇOS-VILA P.AGUIAR	2x	Zambeze	34,2
<b>Total</b>				2159,4

\*O comprimento de algumas linhas inclui também o dos respetivos ramais.

#### Anexo B. 2 – Linhas de 220 kV analisadas.

Linha	Barramento Inicial – Barramento Final	Feixe	Tipo de Cabo	Comprimento* (Km)
LCG.SR	CARREGADO-SANTARÉM	1x	Zebra	35,1
LFN.SV3	FANHÕES - SACAIVÉM 3	1x	Zebra	17,6
LPT.LGC2	PICOTE-LAGOAÇA 2	1x	Zebra	46,2
LAG.PR2-MRT	AGUIEIRA-PEREIROS2/MORTÁGUA	1x	Zebra	37,9
LAM.CH1	ALTO MIRA-CARRICHE1/TRAJOU.	1x	Zebra	16,5
LASJ.FN	ALTO S.JOÃO-FANHÕES	1x	Zebra	11,6
LAMM.CL1	ARMAMAR-CARRAPATELO 1	1x	Zebra	45,9
LAMM.CL2	ARMAMAR-CARRAPATELO 2	1x	Zebra	46,3
LBXS.PN	BAIXO SABOR-POCINHO	1x	Zebra	19,6
LBL.RM2	BATALHA-RIO MAIOR 2	1x	Zebra	7,5
LBT.LGC1	BEMPOSTA-LAGOAÇA 1	1x	Zebra	26,1
LBT.LGC2	BEMPOSTA-LAGOAÇA 2	1x	Zebra	26,2
LCL.EJ2	CARRAPATELO-ESTARREJA 2	1x	Zebra	51,1
LCL.MC	CARRAPATELO-MOURISCA	1x	Zebra	69,2
LCL.TR	CARRAPATELO-TORRÃO	1x	Zebra	12,8
LCG.FN2	CARREGADO-FANHÕES 2	1x	Zebra	25,4
LCG.RM2	CARREGADO-RIO MAIOR2	1x	Zebra	38,7
LCG.RM3	CARREGADO-RIO MAIOR3	1x	Zebra	39,1
LCG.SV1	CARREGADO-SACAIVÉM 1	1x	Zebra	20,5
LCG.SV2	CARREGADO-SACAIVÉM 2	1x	Zebra	28,9
LCG.SXL	CARREGADO-SEIXAL	1x	Zebra	56,8
LCVR.TJ	CARVOEIRA-TRAJOUCE	1x	Zebra	44,9
LCC.FE2-FTL	CAST. BRANCO-FERRO 2/FATELA	1x	Zebra	57,0
LCC.FE1-FTL	CAST.BRANCO-FERRO 1/FATELA	1x	Zebra	57,0
LCAG.AG	CENTRAL AGUIEIRA-AGUIEIRA	1x	Zebra	0,2
LCTR.TR1	CENTRAL DO TORRÃO-TORRÃO 1	1x	Zebra	0,2
LCF.FE1-SSE	CHAFARIZ-FERRO 1/SOBRAL	1x	Aster 1144	73,8
LCF.FE2-SSE	CHAFARIZ-FERRO 2/SOBRAL	1x	Aster 1144	73,8

LCF.VC1-GVA	CHAFARIZ-VILA CHÃ 1/GOUVEIA	1x	Zebra	40,4
LCF.VC2-GVA	CHAFARIZ-VILA CHÃ 2/GOUVEIA	1x	Zebra	40,5
LEJ.MC	ESTARREJA-MOURISCA	1x	Zebra	24,9
LFN.AM3-CH	FANHÕES-ALTO MIRA3/CARRICHE	1x	Zebra	20,8
LFN.CH1	FANHÕES-CARRICHE 1	1x	Zebra	19,5
LFN.CH2	FANHÕES-CARRICHE 2	1x	Zebra	13,6
LFN.SV2	FANHÕES-SACAVÉM 2	1x	Zebra	13,2
LMD.PT1	MIRANDA-PICOTE 1	1x	Zebra	15,1
LMD.PT2	MIRANDA-PICOTE 2	1x	Zebra	15,5
LMG.VR	MOGADOURO-VALEIRA	1x	Zebra	74,2
LMMT.AMM	MOIMENTA-ARMAMAR	1x	Zebra	15,4
LMC.PI1	MOURISCA-PARAIMO 1	1x	Zebra	22,6
LMC.PI2	MOURISCA-PARAIMO 2	1x	Zebra	22,5
LPP.TBA-FLQ	PAMPILHOSA-TÁBUA/FOLQUES	1x	Zebra	26,4
LPI.PR1	PARAIMO-PEREIROS 1	1x	Zebra	38,2
LPI.PR2	PARAIMO-PEREIROS 2	1x	Zebra	42,9
LNC.FE-SPV	PENAMACOR-FERRO/SRA PÓVOA	1x	Zebra	24,9
LPNL.TBA1	PENELA-TÁBUA 1	1x	Zebra	66,3
LPNL.TBA2	PENELA-TÁBUA 2	1x	Zebra	66,3
LPR.BL2	PEREIROS-BATALHA2	1x	Zebra	7,5
LPR.PNL	PEREIROS-PENELA	1x	Zebra	22,3
LPR.RM1	PEREIROS-RIO MAIOR 1	1x	Zebra	106,8
LPR.RM2-PB	PEREIROS-RIO MAIOR 2/POMBAL	1x	Zebra	113,0
LPR.TBA1-MRT	PEREIROS-TÁBUA 1/MORTÁGUA	1x	Zebra	58,9
LPR.TBA2	PEREIROS-TÁBUA 2	1x	Zebra	40,3
LPT.BT	PICOTE-BEMPOSTA	1x	Zebra	19,2
LPT.LGC1	PICOTE-LAGOAÇA 1	1x	Zebra	39,5
LPT.MG	PICOTE-MOGADOURO	1x	Zebra	25,7
LPN.AMM1	POCINHO-ARMAMAR 1	1x	Zambeze	54,7
LPN.CF1	POCINHO-CHAFARIZ 1	1x	Zebra	61,9
LPN.CF2	POCINHO-CHAFARIZ 2	1x	Zebra	61,8
LPN.SLL	POCINHO-SAUCELLE	1x	Zebra	30,2
LRR.CN1	RECAREI-CANELAS 1	1x	Zebra	21,4
LRR.CN3-TG	RECAREI-CANELAS 3/TURBO GÁS	3x	Zambeze	27,1
LRR.UR	RECAREI-URRÔ	1x	Zebra	15,7
LRR.VM2-ED	RECAREI-VERMOIM 2/ERMESINDE	2x	Zambeze	21,3
LRG.VG	RÉGUA-VALDIGEM	1x	Zebra	2,1
LRM.CVR	RIO MAIOR-CARVOEIRA	1x	Zebra	36,7
LTG.RR	TAPADA OUTEIRO(GÁS)-RECAREI	3x	Zambeze	10,4
LTR.RR	TORRÃO-RECAREI	1x	Zebra	20,8
LTG.CN-EJ	TURBO GÁS-CANELAS/ESTARREJA	1x	Zebra	49,2
LVG.CL1	VALDIGEM-CARRAPATELO 1	1x	Zebra	33,4
LVG.RR1	VALDIGEM-RECAREI 1	1x	Zebra	65,0
LVG.UR	VALDIGEM-URRÔ	1x	Zebra	50,0
LVG.VM4-ED	VALDIGEM-VERMOIM4/ERMESIN.	1x	Zebra	75,1

LVR.AMM1	VALEIRA-ARMAMAR 1	1x	Zebra	15,7
LVR.AMM2	VALEIRA-ARMAMAR 2	1x	Zebra	15,7
LVC.TBA1	VILA CHÃ-TÁBUA 1	1x	Zebra	28,2
LVC.TBA2	VILA CHÃ-TÁBUA 2	1x	Zebra	28,0
<b>Total</b>				2746,9

\*O comprimento de algumas linhas inclui também o dos respetivos ramais.

### Anexo B. 3 – Linhas de 150 kV analisadas.

Linha	Barramento Inicial – Barramento Final	Feixe	Tipo de Cabo	Comprimento* (Km)
LCD.PDV3	CANIÇADA-PEDRALVA 3	1x	Bear	16,1
LCSN.SN1	CENTRAL DE SINES-SINES 1	2x	Zambeze	12,8
LES.FA	ERM.SADO-FERREIRA ALENTEJO	1x	Aster 1144	26,0
LFA.ER	FERREIRA DO ALENTEJO-ÉVORA	1x	Zebra	61,6
LFA.OQ	FERREIRA DO ALENT-OURIQUE	1x	Bear	44,5
LGU.CC	GARDUNHA-CASTELO BRANCO	1x	Zebra	31,9
LLDS.CCH	LINDOSO-CONCHAS	1x	Bear	9,0
LMP.SN	MONTE DA PEDRA-SINES	1x	Bear	50,5
LOQ.ET1	OURIQUE-ESTÓI 1	1x	Bear	21,7
LOQ.NVC	OURIQUE-NEVES CORVO	1x	Bear	22,0
LOQ.TN	OURIQUE-TUNES	1x	Bear	61,6
LOQ.TVR	OURIQUE-TAVIRA	1x	Bear	57,9
LOR.VI1-LOR.VI2	OLEIROS-VILA FRIA 1,2	1x	Bear	23,6
LPDV.VI2	PEDRALVA-VILA FRIA 2	1x	Bear	42,4
LPM.ER-PGS	PALMELA-ÉVORA/PEGÕES	1x	Bear	103,6
LPM.MP-PGS	PALMELA-MONTE PEDRA/PEGÕES	1x	Bear	39,6
LPM.SB1	PALMELA-SETÚBAL 1	1x	Bear	4,3
LPM.SB2	PALMELA-SETÚBAL 2	1x	Bear	4,2
LPM.SB3	PALMELA-SETÚBAL 3	1x	Bear	4,1
LPO.TN3	PORTIMAO-TUNES 3	1x	Bear	42,8
LSN.ATS1	SINES-ARTLANT 1	1x	Zebra	5,4
LSN.ATS2	SINES-ARTLANT 2	1x	Zebra	5,5
LSN.ES	SINES-ERMIDAS SADO	1x	Bear	32,6
LSNG.SN	CENTRAL SINES GALP-SINES	2x	Zambeze	5,9
LTC.RG	TABUAÇO-RÉGUA	1x	Bear	7,8
LTC.VG	TABUAÇO-VALDIGEM	1x	Bear	19,1
<b>Total</b>				756,3

\*O comprimento de algumas linhas inclui também o dos respetivos ramais.

## Anexo C

### Lista de Códigos de Avaria das Linhas MAT

O presente anexo apresenta a Lista de Códigos de Avaria das Linhas MAT desenvolvida e apresentada no capítulo 4.4. O critério de criticidade apresentado na seguinte lista, foi o utilizado nos Índices de Estado das Linhas MAT desenvolvidos.

**Anexo C. 1** – Lista de Códigos de Avaria das Linhas MAT.

Parte de Objeto	Característica	Cód.	Criticidade	Descrição da Avaria
Equipamento Cabo de Guarda	Acessórios	1	Não Crítico	Caixa de junção OPGW removida
				Caixa de junção OPGW queimada
				OPGW enrolado no fuste
				Baixada OPGW sem caixa de junção
Equipamento Cabo de Guarda	Acessórios	2	Não Crítico	Sup. da caixa OPGW c/ corrosão ligeira
				Corrosão suporte caixa OPGW
				Corrosão fixação caixa OPGW
				Avaria no suporte da caixa OPGW
Equipamento Cabo de Guarda	Acessórios	3	Não Crítico	Amortecedor deslocado
				Amortecedor de lado
				Amortecedor desapertado
Equipamento Cabo de Guarda	Acessórios	4	Não Crítico	Amortecedor danificado
				Amortecedor torcido
				Amortecedor partido
				Amortecedor empenado
Equipamento Cabo de Guarda	Acessórios	5	Não Crítico	Manilha com corrosão
Equipamento Cabo de Guarda	Acessórios	6	Não Crítico	Brinco com corrosão
Equipamento Cabo de Guarda	Acessórios	7	Não Crítico	Prolongo com corrosão
				Prolongo com tonalidade laranja
				Prolongo com corrosão ligeira
Equipamento Cabo de Guarda	Acessórios	8	Não Crítico	Caixa de Charneira com corrosão no CG
				Caixa de charneira com inicio corrosão no CG
				Parafusos da caixa de charneira com corrosão
				Avárias na caixa de charneira

Equipamento Cabo de Guarda	Acessórios	9	Não Crítico	Cabo OPGW solto na baixada CG
				Fixadores de descida OPGW danificados
				Fixador soltou-se na descida
				Baixada OPGW solta em todos os fixadores
				Má fixação baixada Cabo OPGW
Cabo OPGW com anomalia no poste				
Equipamento Cabo de Guarda	Acessórios	10	Não Crítico	Ligador com tonalidade laranja
				Ligador com tonalidade escura
				Ligador com corrosão
				Ligador pinça com corrosão
				Ligador da pinça corrosão ligeira
Equipamento Cabo de Guarda	Balizagem Columbófila	11	Não Crítico	BFD'S sem cor
				BFD's descoloridos
Equipamento Cabo de Guarda	Balizagem Columbófila	12	Não Crítico	BFD danificado
				BFD deformado
				BFD queimado
				BFD partido
				BFD pendurados
BFD com mau enrolamento				
Equipamento Cabo de Guarda	Balizagem Columbófila	13	Não Crítico	BFD deslocado
				BFD solto
Equipamento Cabo de Guarda	Cabo de Guarda	14	Crítico	Cabo OPGW fios partidos
				Cabo OPGW fios cortados
				Cabo Guarda com fios partidos
				Fios abertos no CG
				Fios traçados no CG
				Fios partidos no CG
				Enrolamento anormal
Equipamento Cabo de Guarda	Cabo de Guarda	15	Não Crítico	Cabo OPGW deformado no arco de passagem
				Cabo OPGW empolado no arco de passagem
				Arco do OPGW enfolado
				OPGW enfolado na descida
				Enrolamento anormal no arco
				Fios traçados junto à fixação
Equipamento Cabo de Guarda	Cabo de Guarda	16	Não Crítico	Objeto/algo pendurado no CG
				Objeto não identificado no CG
				Objeto colado no CG
Equipamento Cabo de Guarda	Cabo de Guarda	17	Não Crítico	Cordas Sinalização provisória
				Corda fixa na cabeça do apoio

Equipamento Cabo de Guarda	Cabo de Guarda	18	Não Crítico	Cabo OPGW danificado na baixada
				Baixada OPGW com fios traçados
				OPGW deformado na baixada
Equipamento Cabo de Guarda	Cabo de Guarda	19	Crítico	Feixe de reparação danificado
Equipamento Cabo de Guarda	Cabo de Guarda	20	Não Crítico	Ninho muito próximo do Cabo de Guarda
Equipamento Cabo de Guarda	Cabo de Guarda	21	Não Crítico	Situação anómala e especial no Cabo de Guarda
				Terra manual ligada ao posta
				Cinta e mosquetão no CG
Equipamento Cabo de Guarda	Esferas Balizagem	22	Não Crítico	Esfera deformada
				Esfera partida
				Esfera danificada
				Esfera em falta
				Esfera derretida
				Esferas queimadas
Equipamento Cabo de Guarda	Esferas Balizagem	23	Não Crítico	Esferas descoloridas
				Esferas sujas
Equipamento Cabo de Guarda	Ligador	24	Não Crítico	Ligador danificado
				Ligador OPGW aberto
				Ligador CG fios partidos
				Ligador em falta
				Chicote OPGW a desfilar
				Ligador cabo OPGW solto
				Ligador solto/quase solto
Equipamento Cabo de Guarda	Manga de Reparação	25	Crítico	Avaria na Manga de Reparação
Equipamento Cabo de Guarda	Pinça	26	Não Crítico	Pinça do CG com corrosão
				Pinça com corrosão
				Pinça alaranjada
				Fixação do CG com corrosão
Equipamento Cabo de Guarda	União	27	Crítico	Avaria na União
				Anomalia na União
Equipamento Cabo de Guarda	Acessórios	28	Não Crítico	Separador partido
				Separador danificado
				Separador solto

Equipamento Cadeia de Isoladores	Acessórios	29	Não crítico	Acessórios da Cadeia de Isoladores todos com corrosão
				Cadeia de Isoladores todos com tonalidade laranja
				Corrosão profunda na cadeia de isoladores
				Todos os acessórios com corrosão
				Cadeias no geral com corrosão
Equipamento Cadeia de Isoladores	Acessórios	30	Não crítico	Pinça e ligador com corrosão
				Ligador da pinça com corrosão
				Fixação da cadeia com corrosão
				CC pinças e ligador com corrosão
Equipamento Cadeia de Isoladores	Acessórios	31	Não crítico	Anel de protecção partido
				Anel de protecção em falta
				Anel danificado
				Anel desapertado
Equipamento Cadeia de Isoladores	Acessórios	32	Não crítico	Anel de protecção com corrosão
				Anel de protecção com ligeira corrosão
				Anel de protecção com tonalidade laranja
Equipamento Cadeia de Isoladores	Acessórios	33	Não crítico	Haste de descarga partida
				Haste de descarga em falta
				Haste de descarga desapertada
				Haste torcida
				Má fixação da haste
Equipamento Cadeia de Isoladores	Acessórios	34	Não crítico	Balanceiro com corrosão
				Balanceiro com tonalidade laranja
				Balanceiro com tonalidade escura
				Balanceiro com inicio de corrosão
Equipamento Cadeia de Isoladores	Acessórios	35	Não crítico	Prolongos com corrosão
				Prolongos com tonalidade laranja
				Prolongos com tonalidade escura
				Afinadores com corrosão
Equipamento Cadeia de Isoladores	Acessórios	36	Não crítico	Caixa charneira com corrosão
				Corrosão na caixa de charneira
				Caixa de charneira com tonalidade escura/laranja

Equipamento Cadeia de Isoladores	Acessórios	37	Não crítico	Olhal bola
				Elo-bola
				Elo de bola
Equipamento Cadeia de Isoladores	Isoladores	38	Não crítico	Isoladores sujos
				Isoladores com sujidade
				Isoladores ligeiramente sujos
				Isoladores com poeira
				Cadeia com alguma sujidade
Equipamento Cadeia de Isoladores	Isoladores	39	Crítico	Isolador partido
				Isolador em falta
				Isoladores partidos
Equipamento Cadeia de Isoladores	Isoladores	40	Crítico	Isoladores muito sujos
				Isoladores bastante sujos
Equipamento Cadeia de Isoladores	Isoladores	41	Não crítico	Corrosão nos ligadores dos da Cadeia de Isoladores
Equipamento Cabo Condutor	Amortecedores	42	Não crítico	Amortecedor torcido
				Amortecedor torto
				Amortecedor empenado
Equipamento Cabo Condutor	Amortecedores	43	Não crítico	Amortecedor deslocado
				Amortecedor desapertado
Equipamento Cabo Condutor	Amortecedores	44	Não crítico	Amortecedor partido
				Amortecedor em falta
				Amortecedor danificado
Equipamento Cabo Condutor	Amortecedores	45	Não crítico	Amortecedor com corrosão
				Corrosão ligeira no amortecedor
Equipamento Cabo Condutor	Balisores	46	Não crítico	Balisore partido
				Balisore danificado
				Balisore desativados
				Lâmpada partida
				Balisore com má fixação
				Isolador em falta
Equipamento Cabo Condutor	Cabo condutor	47	Crítico	Fios partidos
				Fios abertos
				Fios traçados
				vestígios de massa nos condutores

Equipamento Cabo Condutor	Cabo condutor	48	Crítico	Cabo empolado
				Cabo deformado
				Enrolamento danificado
Equipamento Cabo Condutor	Cabo condutor	49	Não crítico	Vibração visível do Cabo condutor
				Ressonância
Equipamento Cabo Condutor	Fiadores	50	Não crítico	Corrosão dos fiadores
				Corrosão ligeira no fiadores
				Ocorrência de corrosão
Equipamento Cabo Condutor	Ligador	51	Não crítico	Pinças e ligadores com corrosão
Equipamento Cabo Condutor	Manga de reparação	52	Crítico	Avaria na manga de reparação
Equipamento Cabo Condutor	Separadores	53	Não crítico	Separador com corrosão
				Separador com inicio de corrosão
Equipamento Cabo Condutor	Separadores	54	Crítico	Separador partido
				Separador danificado
				Separador solto
Estrutura Metálica dos Apoios	Balizagem diurna	55	Não crítico	Pintura do poste em mau estado
				Descoloração da balizagem
				Pintura desgastada
				Tinta a descascar
				Riscos na pintura
				Pintura descolorida
Estrutura Metálica dos Apoios	Balizagem nocturna	56	Não crítico	Danificado
				Partido
Estrutura Metálica dos Apoios	Cantoneiras	57	Não crítico	Corrosão nas cantoneiras
				Corrosão visível no apoio
				Peças com tonalidade laranja
				Corrosão superficial no apoio
				Corrosão pontual
				Peças com tonalidade escura
Estrutura Metálica dos Apoios	Cantoneiras	58	Crítico	Corrosão profunda
				Corrosão generalizada em todo o apoio

Estrutura Metálica dos Apoios	Cantoneiras	59	Crítico	X Cantoneiras em falta
				Faltam cantoneiras no apoio
				Faltam várias peças
				Faltam x cantoneiras nas pernas
				Cantoneira foi cortada
				Cantoneira solta
				Cantoneiras roubadas
				Faltam x diagonais nas pernas
Estrutura Metálica dos Apoios	Cantoneiras	60	Não crítico	Cantoneira empenada
				Diagonal empenada
				Cantoneira danificada
				Cantoneiras torcida/torta
				Chapa empenada
Estrutura Metálica dos Apoios	Cantoneiras	61	Não crítico	Pernas do apoio queimadas
				Pernas queimadas
				Queimado na base
Estrutura Metálica dos Apoios	Cantoneiras	62	Não crítico	Cartaz afixado
				Placa afixada no apoio
Estrutura Metálica dos Apoios	Chapas Sinaléticas	63	Não crítico	Logotipo REN rasgado
				Logotipo REN em falta
				Logotipo REN descolado
				Logotipo REN descolorido
				Logotipo REN empenado
				Logotipo REN queimado/ilegível
Estrutura Metálica dos Apoios	Chapas Sinaléticas	64	Não crítico	Logotipo Perigo de morte rasgado
				Logotipo Perigo de morte em falta
				Logotipo Perigo de morte descolado
				Logotipo Perigo de morte empenado
				Logotipo Perigo de morte descolorido
				Logotipo Perigo de morte queimado/ilegível
Estrutura Metálica dos Apoios	Chapas Sinaléticas	65	Não crítico	Chapa A/Chapa de identificação da linha rasgado
				Chapa de identificação da linha em falta
				Chapa de identificação da linha descolado
Estrutura Metálica dos Apoios	Chapas Sinaléticas	66	Não crítico	Chapa de identificação aérea em falta
				Chapa de identificação aérea rasgada
				Chapa de identificação aérea ilegível

Estrutura Metálica dos Apoios	Inibidores de poiso	67	Não crítico	Ventoinha avariada
				Ventoinha com pá em falta
				Ventoinha danificada
				Ventoinha bloqueada
				Ventoinha partida
Estrutura Metálica dos Apoios	Inibidores de poiso	68	Não crítico	Corrosão no sistema de inibidores
				Corrosão nos inibidores
				Corrosão ligeira no sistema de inibidores
				Corrosão no suporte do inibidor
				Corrosão na fixação do inibidor
Estrutura Metálica dos Apoios	Parafusos	69	Não crítico	Parafusos em falta
				Parafusos desapertado
Estrutura Metálica dos Apoios	Parafusos	70	Não crítico	Parafusos com corrosão
				Parafusos oxidados
Estrutura Metálica dos Apoios	Plataforma de nidificação	71	Não crítico	Faltam parafusos na plataforma de nidificação
Estrutura Metálica dos Apoios	Plataforma de nidificação	72	Não crítico	Avaria na plataforma de nidificação
Estrutura Metálica dos Apoios	Plataforma de nidificação	73	Não crítico	Corrosão da plataforma de nidificação
Faixa de Protecção da Linha	Árvores	74	Crítico	Árvores na faixa
				Árvores a meio do vão
				Faixa necessita de limpeza
				Limpeza de faixa
				Decotar árvores
				Pinheiros na faixa
				Eucaliptos na faixa
				Sobreiros na faixa
				Cedros na faixa
				Carvalhos na faixa
Faixa de Protecção da Linha	Construções	75	Não crítico	Construção na plataforma
				Plataforma ocupada
				Barracão na plataforma
				Muro na plataforma
				Galinheiro na plataforma

Faixa de Protecção da Linha	Plataforma	76	Não crítico	Plataforma com vegetação
				Plataforma suja
				Limpar Plataforma
				Vegetação junto à base do apoio
				Árvores dentro do apoio
				Árvores na plataforma
				Árvores na área do poste
				Em contacto com a estrutura do apoio
				Ramos a tocar no apoio
				Mato no poste
				Oliveiras no poste
Necessário limpar silvado				
Faixa de Protecção da Linha	Plataforma	77	Não crítico	Anomalias na plataforma do apoio
				Plataforma obstruída
				Cabos ou outros materiais amarrados ao poste
				Vinha na plataforma
				Lixo na base do apoio
				Material de construção no apoio
				Colmeias junto ao poste
				Plataforma submersa
Cultivo na plataforma do apoio				
Faixa de Protecção da Linha	Sem Acesso	78	Não crítico	Apoio em propriedade fechada
				Apoio em local privado
				Plataforma com vegetação
				Junto a autoestrada
				Impossível aceder ao apoio
				Posicionado numa ravina
				Propriedade fechada
				Acesso ao apoio negado
				Sem acesso mesmo a pé
				No meio do arroz
Faixa de Protecção da Linha	Outras Linhas	79	Não crítico	Linha MT a x metros
				Cabo de média a x metros
				Travessia linha de média a x metros
				Linha a x metros
Fundações de Apoios	Movimentação de Terras	80	Não crítico	Maciço desterrado
				Aluição de terras no maciço
				Falta terra no maciço
				Terra abateu perna faz cova

Fundações de Apoios	Movimentação de Terras	81	Não crítico	Maciço perna X enterrado
				Maciço soterrado perna X
				Maciço enterrado e com cova
				Perna maciço X enterrado
Fundações de Apoios	Betonagem	82	Não crítico	Capeamento partido
				Capeamento danificado
				Capeamento estalado
				Capeamento muito danificado
Fundações de Apoios	Betonagem	83	Não crítico	Maciço danificado
				Maciço partido
				Maciço rachado/estalado
				Perna X partido
Fundações de Apoios	Betonagem	84	Não crítico	Mastique em falta
				Saiu Mastique
				Perna X não tem mastique
				Pernas sem silicone
Fundações de Apoios	Estrutura metálica	85	Não crítico	Corrosão inicial na perna X
				Base X ligeira corrosão
				Alguma corrosão na base perna X
				Ligeira corrosão perna X
Fundações de Apoios	Estrutura metálica	86	Não Crítico	Base com corrosão profunda
				Base com oxidação avançada
				Corrosão profunda na perna X
Fundações de Apoios	Estrutura metálica	87	Não crítico	Pernas e maciços queimados
				Incêndio queimou as pernas e os maciços
Ligações à Terra	Cabo de Ligação à estrutura	88	Não crítico	Corrosão profunda dos parafusos
				Parafusos com corrosão
Ligações à Terra	Cabo de Ligação à estrutura	89	Não crítico	Cabo de ligação à estrutura com corrosão
				Ligador oxidado
				Cabo de ligação à estrutura da perna x danificado
				Cabo com corrosão
Ligações à Terra	Cabo de Ligação à estrutura	90	Não crítico	Cabo de ligação à estrutura cortado
				Cabo de ligação à estrutura cortado pela corrosão
				Cabo de ligação à estrutura cortado na perna x

Ligações à Terra	Rede de Terras	91	Não crítico	Rede de Terras à vista
				Malha de Terras visível
				Malha de Terras desterrada
				Barra de Terras saiu e está enrolada/pendurada
				Rede de Terras danificado perna x
				Fita de ligação à terra arrancada

# Anexo D

## Tabela de Índices de Estado – Linhas MAT

Anexo D. 1 – Tabela de Índices de Estado 1.

Identificação da Linha		Indicadores gerais					Indicadores por parte de objeto										Informações da linha								
Linha	Plano IVT	Total de Avarias	Avarias Críticas	Avarias não Críticas	Avarias /Apoio	Avarias/ Km de linha	Avarias no Cabo Condutor		Avarias no Equipamento Cadeia de Isoladores		Avarias Faixa de Protecção da Linha		Avarias nas Fundações de Apoios		Avarias no Cabo de Guarda		Avarias nas Ligações à Terra		Avarias na Estrutura Metálica dos Apoios		Nível de tensão (kV)	Ano(s) de construção dos segmentos	Comprimento o dos segmentos (Km)	Em serviço desde	Apoios
							Crítica	Não Crítica	Crítica	Não Crítica	Crítica	Não Crítica	Crítica	Não Crítica	Crítica	Não Crítica	Crítica	Não Crítica	Crítica	Não Crítica					
LCG.FN2	2480	405	24	381	6,328	15,959	1	16	9	42	13	6	0	136	0	22	0	25	1	134	220 kV	1976-2009	25,378	01/01/1976	64
LCG.SV1	2510	285	34	251	5,377	13,880	2	0	0	4	29	2	0	141	0	42	0	12	3	50	220 kV	1967	20,533	10/07/1998	53
LFN.AM4	2160	210	7	203	4,773	11,580	0	1	0	4	7	1	0	46	0	25	0	0	0	126	400 kV	2003	18,135	30/06/2003	44
LCG.SR	2120	456	38	418	4,750	12,974	0	1	0	33	36	28	0	96	0	36	0	0	2	224	220 kV	2002	35,148	04/09/2005	96
LPM.SB1	2250	61	8	53	4,692	14,242	0	0	0	2	8	0	0	7	0	2	0	0	0	42	150 kV	1960	4,283	01/01/2012	13
LPM.SB2	2250	65	8	57	4,643	15,458	0	0	0	4	7	1	0	7	0	0	0	1	1	44	150 kV	1952	4,205	01/01/2004	14
LRM.CVR	2210	427	39	388	4,543	11,625	0	0	10	36	28	10	0	81	0	36	0	3	1	222	220 kV	1963-2008	36,732	11/08/2008	94
LPG.RM	2220	971	111	860	4,434	11,937	0	22	19	68	84	1	0	459	0	100	0	7	8	203	400 kV	1979	81,343	01/01/1993	219
LCG.RM2	2200	392	35	357	3,881	10,142	0	0	6	31	29	7	0	56	0	24	0	2	0	237	220 kV	1977	38,65	01/01/1977	101
LCVR.TJ	2210	342	26	316	3,455	7,616	0	0	9	29	17	22	0	82	0	18	0	1	0	164	220 kV	1963	44,908	11/08/2008	99
LAM.CH1	2520	175	11	164	3,365	10,611	0	2	0	13	11	1	0	60	0	17	0	1	0	70	220 kV	1963-1967-1995	16,493	01/01/1995	52
LAM.RJ	2160	330	15	315	3,300	8,204	2	2	10	7	2	1	0	87	0	13	0	0	1	205	400 kV	2003	40,224	29/10/2005	100
LRM.AM	2500	553	34	519	3,178	7,930	1	1	25	63	5	33	0	85	0	105	0	1	3	231	400 kV	1983-2007	69,734	10/03/2007	174
LFN.AM3-CH	2530	184	4	180	2,875	8,849	0	0	0	7	4	15	0	72	0	5	0	0	0	81	220 kV	1988	20,793	01/01/1988	64
LBL.PG	2040	448	45	403	2,800	6,825	0	1	18	4	12	1	0	26	0	12	0	0	15	359	400 kV	2007	65,643	18/01/2007	160
LPM.SB3	2250	39	6	33	2,786	9,471	0	0	0	0	5	1	0	10	0	1	0	1	1	20	150 kV	1976	4,118	01/01/2011	14
LFN.CH1	2520	159	18	141	2,650	8,143	0	0	0	3	17	4	0	71	0	15	0	1	1	47	220 kV	1967-2005	19,527	01/01/1995	60
LAV.BVL	2350	266	8	258	2,608	6,838	1	87	7	0	0	20	0	28	0	20	0	0	0	103	400 kV	2004	38,899	12/12/2007	102
LCL.TR	1460	90	14	76	2,571	7,043	0	0	0	0	14	17	0	5	0	4	0	2	0	48	220 kV	1964	12,779	01/01/1988	35
LCSN.SN3	2300	86	0	86	2,324	7,187	0	0	0	0	0	4	0	35	0	0	0	0	0	47	400 kV	1987	11,966	01/01/1987	37
LFA.SN	2400	372	19	353	2,188	6,370	5	3	10	10	3	16	0	17	1	137	0	1	0	169	400 kV	2002	58,399	21/12/2004	170
LCSN.SN1	2300	94	1	93	2,186	7,344	0	0	0	0	1	3	0	42	0	0	0	2	0	46	150 kV	1984-1986	12,8	01/01/1986	43
LBL.RJ	2010	461	34	427	2,058	5,697	3	5	11	27	15	41	0	65	1	24	0	12	4	253	400 kV	1990-2004-2006	80,918	01/11/2004	224
LFN.RJ	2160	130	15	115	2,031	5,339	1	0	14	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	113	400 kV	2003	24,35	30/06/2003	64
LSN.ATS1	2340	31	0	31	1,938	5,780	0	0	0	0	0	2	0	25	0	0	0	0	0	4	150 kV	2011	5,363	24/03/2011	16
LFN.TJ	2500/2505	142	4	138	1,893	5,154	0	2	0	2	1	24	0	12	0	5	0	0	3	93	400 kV	1963-2007	27,553	01/04/2007	75
LPM.FN	2180	318	9	309	1,849	4,673	0	0	0	6	9	12	0	50	0	45	0	1	0	195	400 kV	1983	68,056	01/01/1983	172
LPM.ER-PG5	2370	449	9	440	1,782	4,333	0	2	0	4	1	21	0	52	3	22	0	1	5	338	150 kV	1985-1996	103,628	01/01/1985	252
LLDS.CCH	1040	37	3	34	1,762	4,134	0	0	0	0	3	1	0	3	0	0	0	0	0	30	150 kV	1984	8,95	01/01/1984	21
LTC.RG	1335	28	0	28	1,647	3,595	0	0	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	22	150 kV	2011	7,789	28/10/2011	17
LCG.SV2	2510	116	12	104	1,611	4,010	0	0	0	0	10	0	0	67	1	4	0	2	1	31	220 kV	1971-2005	28,929	30/08/2009	72
LES.FA	2380	106	1	105	1,606	4,077	0	2	0	0	1	13	0	33	0	0	0	0	0	57	150 kV	1984-2000	26	25/08/2002	66
LRG.VG	1340	8	0	8	1,600	3,733	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	220 kV	1973	2,143	01/01/1978	5
LVG.CL1	1213	127	3	124	1,588	3,804	1	0	0	3	1	23	0	11	0	5	0	1	1	81	220 kV	1976-1978	33,384	23/06/2008	80
LFN.SV2	2510	57	2	55	1,541	4,311	0	0	0	3	2	0	0	7	0	3	0	0	0	42	220 kV	1971-1995	13,223	09/07/1998	37
LAV.FA	2360	274	28	246	1,514	4,274	4	16	12	69	10	42	0	42	0	21	0	0	2	56	400 kV	2003	64,104	12/12/2007	181
LCAV.AV1	2350	6	0	6	1,500	4,804	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	400 kV	2003-2007	1,249	12/12/2007	4
LOQ.ET1	2425	76	8	68	1,490	3,499	6	0	2	0	0	9	0	1	0	6	0	0	0	52	150 kV	2002	21,723	13/07/2002	51
LPM.SN2	2320	382	45	337	1,486	3,978	9	3	5	1	29	42	0	38	1	51	0	0	1	202	400 kV	1986	96,035	01/01/1986	257
LEJ.MC	1502	103	3	100	1,451	4,138	0	0	0	7	3	6	0	4	0	3	0	1	0	79	220 kV	2002	24,891	11/11/2009	71
LSNG.SN	2340	34	1	33	1,417	5,781	0	1	0	0	0	2	0	25	0	0	0	0	1	5	150 kV	2007-2008	5,881	03/04/2008	24
LMC.PI1	1503	85	4	81	1,393	3,760	0	0	3	2	1	5	0	2	0	3	0	1	0	68	220 kV	2002-2007	22,607	11/11/2009	61
LPNL.TBA1	1510	231	25	206	1,343	3,483	0	1	0	0	22	56	0	0	0	58	0	0	3	91	220 kV	2010	66,323	24/03/2010	172
LRR.CN3-TG	1350	102	8	94	1,342	3,771	0	0	0	0	1	4	0	11	0	4	0	0	7	75	220 kV	1997-1998	27,052	11/03/1998	76
LPR.TBA1-MRT	1450	199	11	188	1,301	3,380	0	1	1	0	9	18	0	8	1	9	0	1	0	151	220 kV	1978-1996	58,87	29/03/2010	153
LPR.TBA2	1450	126	4	122	1,299	3,126	0	0	1	0	2	8	0	7	0	8	0	1	1	98	220 kV	1978	40,308	29/03/2010	97
LPR.PNL	1500/2140	83	14	69	1,297	3,724	0	0	0	9	0	0	0	8	0	2	0	0	5	57	220 kV	2004-2007	22,288	18/06/2007	64
LMD.PT1	1280	49	1	48	1,289	3,239	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	46	220 kV	1960-2011	15,127	01/01/1960	38
LPN.SLL	1270	85	0	85	1,288	2,813	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	84	220 kV	1961	30,222	01/01/1975	66

Anexo D. 2 – Tabela de Índices de Estado 2.

Identificação da Linha		Indicadores gerais					Indicadores por parte de objeto											Informações da linha							
Linha	Plano IVT	Total de Avarias	Avarias Críticas	Avarias não Críticas	Avarias /Apoio	Avarias/ Km de linha	Avarias no Cabo Condutor		Avarias no Equipamento Cadeia de Isoladores		Avarias Faixa de Protecção da Linha		Avarias nas Fundações de Apoios		Avarias no Cabo de Guarda		Avarias nas Ligações à Terra		Avarias na Estrutura Metálica dos Apoios		Nível de tensão (kV)	Ano(s) de construção dos segmentos	Comprimento dos segmentos (Km)	Em serviço desde	Apoios
							Crítica	Não Crítica	Crítica	Não Crítica	Crítica	Não Crítica	Crítica	Não Crítica	Crítica	Não Crítica	Crítica	Não Crítica	Crítica	Não Crítica					
LPT.LGC1	1290	128	0	128	1,267	3,244	0	0	0	0	0	2	0	4	0	0	0	0	122	220 kV	2009	39,452	04/12/2009	101	
LFR.ETM	2070	309	54	255	1,261	3,446	0	0	24	1	29	0	0	45	1	1	0	0	208	400 kV	2009	89,68	05/08/2009	245	
LCF.VC1-GVA	1400	140	3	137	1,239	3,463	1	0	1	0	1	19	0	1	0	4	0	0	113	220 kV	1957	40,423	27/02/1997	113	
LFF.RJ	2010	285	3	282	1,228	3,399	0	7	0	7	3	24	0	32	0	9	0	0	203	400 kV	2003-2004-2011	83,851	01/11/2004	232	
LPR.RM2-PB	1380/2025	334	29	305	1,215	2,956	0	9	9	56	14	65	0	59	0	17	0	7	92	220 kV	1963-1983	112,977	01/01/1979	275	
LBT.LGC1	1290	86	0	86	1,211	3,294	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	83	220 kV	1958-2010	26,111	30/01/2010	71	
LMC.PI2	1490	69	3	66	1,211	3,065	0	0	3	5	0	6	0	2	0	2	0	0	51	220 kV	1968-2015	22,512	14/05/2005	57	
LPR.BL2	1387	27	3	24	1,174	3,588	0	0	0	0	3	5	0	4	0	0	0	0	15	220 kV	2011	7,526	09/02/2011	23	
LFN.CH2	2530	56	1	55	1,167	4,128	0	0	0	2	1	7	0	22	0	2	0	1	21	220 kV	1967-1971-1993	13,567	30/08/2009	48	
LPR.RM1	1385/2020	304	11	293	1,143	2,846	0	3	3	104	7	36	0	22	1	58	0	5	65	220 kV	1968-1973	106,812	17/11/2012	266	
LCF.VC2-GVA	1400	121	7	114	1,142	2,985	0	0	6	0	1	8	0	0	10	0	1	0	95	220 kV	1964	40,533	27/02/1997	106	
LMD.PT2	1300	55	0	55	1,122	3,548	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	52	220 kV	1999-2011	15,502	30/03/1999	49	
LPN.CF2	1260	170	8	162	1,097	2,750	0	0	3	1	5	8	0	5	0	1	0	1	146	220 kV	1964	61,816	27/02/1997	155	
LMG.VR	1290	195	2	193	1,096	2,630	1	0	1	0	0	22	0	8	0	0	1	0	162	220 kV	1993-2010	74,151	01/01/1993	178	
LTR.RR	1470	61	20	41	1,089	2,926	0	0	0	0	18	17	0	2	0	7	0	1	14	220 kV	1964	20,847	01/01/1996	56	
LOQ.NVC	2410	65	0	65	1,083	2,959	0	1	0	0	0	4	0	12	0	0	0	0	48	150 kV	1986	21,966	01/01/1986	60	
LVG.RR1	1210	170	11	159	1,056	2,613	0	1	4	3	0	18	0	44	0	3	0	7	90	220 kV	1961-1991	65,047	01/01/1991	161	
LBT.LGC2	1290	76	7	69	1,056	2,905	0	0	7	0	0	0	0	4	0	1	0	0	64	220 kV	2009-2010	26,16	30/01/2010	72	
LCG.SXL	2470	166	6	160	1,044	2,921	0	1	0	2	0	20	0	63	3	3	0	3	68	220 kV	1961	56,834	31/10/2000	159	
LPM.MP-PGS	2310	161	3	158	1,013	4,068	0	2	1	6	2	41	0	30	0	5	0	1	73	150 kV	1978-1996	39,575	24/08/2002	159	
LCL.MC	1490	173	16	157	1,012	2,499	0	0	4	0	7	25	0	10	0	12	0	1	5	109	220 kV	1968-1976	69,225	01/01/1976	171
LCAG.AG	1530	1	0	1	1,000	4,762	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	220 kV	1968	0,21	01/01/1968	1	
LPNL.TBA2	1510	167	1	166	0,971	2,518	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	166	220 kV	2010	66,323	24/03/2010	172	
LGG.RM3	2200	97	5	92	0,960	2,484	2	0	3	29	0	0	0	3	0	0	0	0	60	220 kV	1977-1982	39,055	01/01/1977	101	
LCF.FE1-SSE	1390	175	3	172	0,951	2,371	0	0	0	0	2	46	0	3	1	5	0	0	118	220 kV	1997-2001	73,819	01/01/2001	184	
LAMM.RR	1234	153	9	144	0,933	2,061	1	0	2	0	2	28	0	12	0	5	0	0	4	99	400 kV	2009-2013-2014	74,225	31/03/2014	164
LTG.RR	1350	23	1	22	0,920	2,215	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	220 kV	1997	10,386	20/08/1997	25	
LSN.ES	2380	74	3	71	0,914	2,272	2	7	0	0	1	11	0	30	0	2	0	0	21	150 kV	1984-2000	32,567	25/08/2002	81	
LBL.RM2	1387	21	3	18	0,913	2,790	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	220 kV	2011	7,526	09/02/2011	23	
LPI.VG-AMM	1330	285	47	238	0,911	2,186	0	0	2	0	31	105	0	10	0	2	0	14	121	400 kV	2006-2009	130,395	27/07/2007	313	
LTC.VG	1330	39	3	36	0,907	2,042	1	0	0	0	2	18	0	2	0	3	0	0	13	150 kV	1965-2010-2011	19,103	02/11/2011	43	
LPT.BT	1290	46	0	46	0,902	2,397	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	44	220 kV	1957-2010	19,19	30/09/2011	51	
LPM.SN3-FN	2335	467	58	409	0,900	2,441	2	1	21	19	27	62	0	39	0	44	0	8	244	400 kV	1986-2012	191,32	31/01/2013	519	
LSA.PO3	2420	223	6	217	0,871	2,243	0	10	3	13	2	23	0	19	0	5	0	0	1	147	400 kV	2007-2008	99,411	23/02/2010	256
LFA.OQ	2390	131	11	120	0,845	2,944	1	11	9	2	0	10	0	40	1	21	0	0	36	150 kV	1968	44,501	01/01/1990	155	
LAL.RA2	1050	132	15	117	0,841	2,216	0	0	0	0	14	29	0	40	1	6	0	0	42	400 kV	1992	59,561	01/01/1997	157	
LOR.V11-LOR.V12	1173	44	4	40	0,815	1,867	0	0	0	0	2	10	0	23	0	3	0	0	2	4	150 kV	1985	23,573	26/01/2011	54
LAMM.CL1	1320	86	5	81	0,804	1,873	0	0	1	0	2	30	0	25	0	3	0	1	2	22	220 kV	1976-2010	45,908	24/09/2010	107
LPP.TBA-FLQ	1560	46	15	31	0,767	1,742	0	0	13	3	1	1	0	3	1	12	0	0	12	220 kV	2005-2010	26,406	20/01/2010	60	
LPDV.RA	1020	40	13	27	0,741	1,926	0	2	2	1	11	5	0	10	0	1	0	0	8	400 kV	1992	20,764	04/04/2008	54	
LVR.AMM1	1320	50	2	48	0,735	3,183	0	1	0	0	2	29	0	10	0	0	0	0	8	220 kV	1961-2010	15,706	30/06/2010	68	
LTVR.PGN	2550	60	6	54	0,732	1,799	0	0	6	6	0	4	0	0	0	2	0	0	42	400 kV	2011	33,343	31/10/2011	82	
LPDV.V12	1080	72	10	62	0,727	1,698	0	2	0	1	8	12	0	30	0	5	0	0	2	12	150 kV	2013	42,402	10/12/2013	99
LAL.CTL1	1010	2	0	2	0,667	1,789	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	400 kV	1995	1,118	01/01/1995	3	
LVC.TBA2	1410	48	2	46	0,658	1,714	0	0	0	0	2	0	0	6	0	1	0	2	0	37	220 kV	1965-2009	28,005	23/02/2010	73
LVC.TBA1	1410	47	2	45	0,635	1,667	0	0	0	0	1	3	0	3	0	1	0	0	1	38	220 kV	1958-2009	28,196	22/12/2009	74
LOQ.TN	2420	119	6	113	0,633	1,933	0	0	5	0	0	27	0	22	0	14	0	1	50	150 kV	1969	61,563	01/01/1994	188	
LMP.SN	2313	79	11	68	0,632	1,564	0	0	10	0	0	24	0	25	1	0	0	0	19	150 kV	1978-2000	50,513	24/08/2002	125	
LVG.VM4-ED	1215	105	10	95	0,607	1,397	1	0	5	0	0	3	0	2	0	0	0	4	90	220 kV	2008-2013	75,144	23/08/2008	173	
LAL.PDV	1020	60	9	51	0,577	1,515	0	0	1	1	7	22	0	11	0	7	0	1	10	400 kV	1997	39,597	04/04/2008	104	
LPN.AMM1	1330	77	3	74	0,570	1,406	1	0	0	0	2	46	0	18	0	2	0	0	8	220 kV	1959-2010	54,749	30/09/2010	135	
LCF.FE2-SSE	1390	104	0	104	0,565	1,409	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	102	220 kV	1997-2002	73,819	01/01/2001	184	
LCD.PDV3	1080	22	0	22	0,564	1,369	0	0	0	3	0	7	0	4	0	1	0	0	7	150 kV	1982-2013	16,073	01/01/1982	39	
LRR.VM2-ED	1350	35	2	33	0,538	1,644	0	2	0	1	0	9	0	10	0	1	0	0	2	10	220 kV	2000-2012	21,289	08/09/2000	65

Anexo D. 3 – Tabela de Índices de Estado 3

Identificação da Linha		Indicadores gerais					Indicadores por parte de objeto												Informações da linha						
Linha	Plano IVT	Total de Avarias	Avarias Críticas	Avarias não Críticas	Avarias /Apoio	Avarias/ Km de linha	Avarias no Cabo Condutor		Avarias no Equipamento Cadeia de Isoladores		Avarias Faixa de Protecção da Linha		Avarias nas Fundações de Apoios		Avarias no Cabo de Guarda		Avaria nas Ligações à Terra		Avarias na Estrutura Metálica dos Apoios		Nível de tensão (kV)	Ano(s) de construção dos segmentos	Comprimento dos segmentos (Km)	Em serviço desde	Apoios
							Crítica	Não Crítica	Crítica	Não Crítica	Crítica	Não Crítica	Crítica	Não Crítica	Crítica	Não Crítica	Crítica	Não Crítica	Crítica	Não Crítica					
LPI.PR1	1500	50	3	47	0,532	1,310	0	0	3	4	0	10	0	2	0	6	0	1	0	24	220 kV	2002	38,159	11/04/2012	94
LCTR.TR1	1460	1	0	1	0,500	4,292	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	220 kV	1988	0,233	01/01/1988	2
LRR.CN1	1350	25	5	20	0,490	1,171	0	0	1	0	1	7	0	6	0	2	0	0	3	5	220 kV	1964	21,353	17/03/2000	51
LGU.CC	1440	38	7	31	0,481	1,191	1	0	0	0	5	20	0	0	0	0	0	1	11	150 kV	2006	31,911	17/08/2007	79	
LTG.CN-EJ	1350	70	3	67	0,473	1,423	0	0	1	0	1	5	0	7	0	2	0	0	1	53	220 kV	1989-1998	49,209	05/12/1997	148
LPM.FF5	2010	41	1	40	0,471	1,423	0	0	0	8	0	15	0	8	0	1	0	0	1	8	400 kV	2004-2011	28,82	01/11/2004	87
LSN.ATS2	2340	8	0	8	0,471	1,465	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	1	150 kV	2011	5,462	24/03/2011	17
LAG.PR2-MRT	1530	44	8	36	0,454	1,160	1	0	0	0	6	10	0	2	0	13	0	0	1	11	220 kV	1982	37,92	01/01/1982	97
LPO.TVR	2420	90	26	64	0,446	1,107	0	0	13	1	3	0	0	5	5	1	0	0	5	57	400 kV	2007-2011	81,306	23/09/2011	202
LVPC.VPA	1225	44	8	36	0,431	1,287	0	0	8	0	0	23	0	6	0	0	0	0	7	400 kV	2013	34,187	20/12/2013	102	
LFN.SV3	2510	23	2	21	0,426	1,304	0	0	0	0	1	8	0	7	0	1	0	0	1	5	220 kV	1971-2005-2012	17,644	30/08/2009	54
LNC.FE-SPV	1420	28	3	25	0,400	1,125	0	0	0	0	3	24	0	0	0	0	0	0	1	220 kV	2006	24,998	27/07/2006	70	
LPI.PR2	1490	40	15	25	0,388	0,931	0	0	12	0	0	5	0	5	0	6	0	2	3	7	220 kV	1968-2015	42,945	14/05/2015	103
LFA.ER	2360	54	2	52	0,344	0,877	0	5	0	0	1	9	0	16	1	7	0	0	0	15	150 kV	1993	61,601	01/01/1993	157
LCAL.AL2	1030	1	0	1	0,333	2,415	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	400 kV	1992	0,414	01/01/1992	3	
LAL.CTL2	1010	1	0	1	0,333	0,905	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	400 kV	2004	1,105	26/03/2004	3	
LPN.CF1	1250	52	30	22	0,308	0,841	6	0	23	0	1	3	0	5	0	0	2	0	12	220 kV	1957	61,852	27/02/1997	169	
LCC.FE1-FTL	1430	49	7	42	0,306	0,860	0	0	3	0	3	35	0	0	0	1	0	0	1	6	220 kV	2006	57,008	16/08/2007	160
LASJ.FN	2535	9	1	8	0,300	0,779	0	0	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	1	2	220 kV	1988-2014	11,558	29/12/2014	30
LCSN.SN2	2300	10	0	10	0,263	0,819	0	0	0	0	0	1	0	5	0	0	0	0	0	4	400 kV	1986	12,209	01/01/1986	38
LOQ.TVR	2420	35	2	33	0,252	0,604	0	1	2	0	0	3	0	18	0	4	0	0	7	150 kV	1992-2011	57,911	17/11/2011	139	
LCAV.AV2	2350	1	0	1	0,250	1,186	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	400 kV	2007	0,843	19/10/2012	4
LLV.PI	1520	40	34	6	0,231	0,628	0	0	29	0	0	3	0	0	0	3	0	0	5	0	400 kV	2011	63,66	30/12/2011	173
LVM.VNF	1215	20	2	18	0,225	0,541	0	0	0	0	1	11	0	3	0	2	0	0	1	2	400 kV	2008	36,983	28/03/2014	89
LRR.VNF	1215	24	6	18	0,224	0,533	0	0	5	0	0	4	0	3	0	0	0	1	11	400 kV	2008-1014	45	28/03/2014	107	
LMMT.AMM	1236	9	1	8	0,188	0,585	0	0	1	0	0	7	0	1	0	0	0	0	0	0	220 kV	2015	15,379	20/01/2016	48
LLGC.AAV1	1295	2	2	0	0,167	0,426	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400 kV	2010	4,694	27/12/2010	12
LBA.PI2	1230	23	3	20	0,158	0,386	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	19	400 kV	2006	59,654	27/07/2007	146	
LPT.MG	1290	10	6	4	0,143	0,390	0	0	6	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	220 kV	1993-2010	25,654	01/01/2010	70	
LRR.UR	1210	6	2	4	0,128	0,383	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	220 kV	1991-1999	15,667	01/01/1991	47	
LPT.LGC2	1290	14	14	0	0,127	0,303	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	220 kV	2009-2010	46,213	01/01/2010	110
LBT.LGC3	1290	7	6	1	0,106	0,238	1	0	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	400 kV	2010	29,448	31/10/2011	66
LCL.EI2	1490	12	1	11	0,096	0,235	0	0	1	0	0	3	0	1	0	0	0	0	7	220 kV	1976-1995	51,054	01/01/1995	125	
LBXS.PN	1245	4	3	1	0,083	0,204	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	220 kV	2014	19,63	22/12/2014	48
LPO.TN3	2420	9	0	9	0,076	0,210	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	150 kV	1969-2011	42,794	01/01/1994	118	
LVG.UR	1210	7	1	6	0,058	0,140	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	2	220 kV	1961-1999	50,032	01/01/1991	120	
LBA.AMM2	1232	7	0	7	0,047	0,114	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	1	400 kV	2006-2010	61,172	24/07/2010	149	
LLRS.LV2	1520	1	0	1	0,037	0,103	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	400 kV	2009-2011	9,667	20/02/2009	27
LAMM.CL2	1320	4	1	3	0,037	0,086	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	220 kV	1976-2010	46,29	24/09/2010	108	
LRR.VM3	1350	2	0	2	0,035	0,106	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	400 kV	2000-2013	18,845	13/09/2000	57
LVR.AMM2	1320	2	0	2	0,029	0,127	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	220 kV	1961-2011	15,706	30/06/2010	68
LCC.FE2-FTL	1430	3	3	0	0,019	0,053	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	220 kV	2006	57,008	16/08/2007	160
LBL.PI	1360	3	0	3	0,011	0,030	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	400 kV	1990-2006	101,487	01/01/1990	269

# Anexo E

**Dashboard** - O Anexo E apresenta o Dashboard com os Índices de Estado desenvolvido no software *Power BI*.

## Anexo E. 1 – Dashboard Indicadores de Performance Linhas MAT

