

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



Caracterização do Desempenho das Linhas Aéreas da RNT

José Joaquim Gonçalves Soares

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Major Energia

Orientador: Prof. Dr. Fernando Maciel Barbosa

Maio de 2008

Agradecimentos

Gostaria de expressar a minha gratidão a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Professor Doutor Fernando Maciel Barbosa, pelo apoio e por me ter permitido a oportunidade de desenvolver este trabalho.

À Rede Eléctrica Nacional, na pessoa dos seus colaboradores, que permitiram obter as informações necessárias para o desenvolvimento do trabalho:

À Engenheira Susana Almeida, pelo apoio e fornecimento dos dados que permitiram alicerçar a análise de dados apresentada. Aos Engenheiros João Lobo, José Figueiredo, Domingos Mateus e João Guincho e pelo fornecimento de dados complementares e apoio no esclarecimento de diversas dúvidas.

Um agradecimento especial à minha família, por todo o apoio e paciência.

Resumo

O objectivo desta dissertação é caracterizar o desempenho das linhas aéreas de muito alta tensão da Rede Nacional de Transporte (RNT) através da análise dos defeitos ocorridos no período entre 2001 e 2007.

A origem dos dados utilizados nas análises desenvolvidas neste trabalho é a base de dados de Gestão dos Incidentes da RNT, GestInc, desenvolvida e mantida pela Rede Eléctrica Nacional, empresa concessionária da RNT.

Foi também realizado o levantamento das acções levadas a cabo pela REN que induzem uma melhoria no desempenho das linhas e constatação da sua eficácia, e uma análise da evolução dos factores de agressão externa que afectam este desempenho.

A caracterização realizada, para além da descrição do desempenho verificado, pretende fornecer bases para a definição de indicadores probabilísticos de falha que possam ser utilizados pelo operador da RNT para uma análise em tempo real do risco de certas contingências.

A informação produzida deverá também servir para apoio à decisão de novas intervenções com vista à melhoria do desempenho e como ferramenta de verificação da sua eficácia.

Abstract

The purpose of this dissertation is to characterize the performance of overhead transmission lines of the Portuguese transmission network through the analysis of the faults occurred in the period between 2001 and 2007.

The source of the data used in the analyses carried out in this work is the “incidents management database - GestInc”, developed and maintained by *Rede Eléctrica Nacional* (REN), company responsible for the operation of the transmission power grid.

It was also included an analysis of the actions carried out by REN aiming to induce an improvement of the performance of overhead power lines and observation of its effectiveness, and an analysis of the evolution of external aggression factors that affect this performance.

The characterization done, beyond the description of the performance recorded, to provide bases for the definition of probabilistic indicators of failure that can be used by the System Operator at REN for a real-time analysis of the risk of certain contingencies.

The information produced should also support the decision process for new investments to improve the performance and as a tool to verify their effectiveness.

Índice

Capítulo 1 Introdução.....	1
1.1. Objectivo e âmbito.....	1
1.2. Estrutura do documento	2
Capítulo 2 Caracterização das Linhas da Rede Nacional de Transporte.	5
2.1. Caracterização Geral das Linhas.....	5
2.2. Componentes de linhas aéreas de MAT.....	7
2.2.1. Apoios	7
2.2.1.1. Fundações	10
2.2.1.2. Circuito de terra dos apoios	10
2.2.2. Cabos condutores.....	11
2.2.3. Cabos de guarda	11
2.2.4. Acessórios de cabos condutores e cabos de guarda.....	13
2.2.4.1. Uniões dos cabos condutores e cabos de guarda	13
2.2.4.2. Amortecedores de vibrações.....	14
2.2.5. Isoladores.....	14
2.2.5.1. Função e tipos de isoladores	14
2.2.5.2. Critérios de selecção de isoladores	15
2.2.5.3. Tipos de cadeias de isoladores.....	16
2.2.5.4. Dispositivos de protecção das cadeias de isoladores	17
2.3. Conclusões	18
Capítulo 3 Qualidade de Serviço da RNT.	19
3.1. Relatórios de qualidade de serviço da RNT.....	19
3.1.1. Origem de dados de comportamento em serviço de LMAT.....	20
3.1.2. Incidentes na RNT.....	20
3.1.3. Comportamento em serviço - interrupções.....	22
3.1.4. Comportamento em serviço - disponibilidade.....	26
3.1.5. Indicadores gerais de continuidade de serviço	27
3.2. Conclusões	29
Capítulo 4 Análise de Dados.....	31
4.1. Recolha e preparação dos dados para análise	31
4.1.1. Constituição da base de dados de defeitos com origem nas linhas da RNT	31
4.1.2. Afectação geográfica	33
4.2. Definição dos indicadores para a caracterização do desempenho das linhas da RNT.....	33
4.2.1. Incidentes com origem nas linhas da RNT	33

4.2.2.	Interrupções forçadas com origem nas linhas da RNT	34
4.3.	Análises gerais do nº de defeitos com origem nas linhas da RNT	35
4.3.1.	Principais causas de defeitos com origem nas linhas da RNT.....	36
4.4.	Indicadores quilométricos de defeitos	39
4.4.1.	Indicadores quilométricos por nível de tensão	39
4.4.2.	Indicadores quilométricos por causa	42
4.4.2.1.	Cegonhas.....	42
4.4.2.2.	Descargas atmosféricas.....	44
4.4.2.3.	Incêndios.....	46
4.4.2.4.	Nevoeiro ou neblina e poluição	48
4.4.3.	Análise dos indicadores quilométricos determinados.....	49
4.5.	Análise do desempenho sazonal e horário	50
4.5.1.1.	Incêndios.....	51
4.5.1.2.	Descargas atmosféricas.....	53
4.5.1.3.	Cegonhas.....	53
4.5.1.4.	Nevoeiro ou neblina e poluição	55
4.6.	Análise incidência geográfica.....	56
4.7.	Análise das temperaturas	58
4.7.1.	Origem e preparação dos dados para análise de temperaturas	58
4.7.2.	Incêndios	60
4.7.2.1.	Histograma.....	60
4.7.2.2.	Coeficiente de correlação.....	60
4.7.2.3.	Regressão linear	61
4.8.	Conclusões	62
Capítulo 5 Análise da Alteração de Isoladores nas Linhas da RNT.....		65
5.1.	Tipos de isoladores utilizados nas linhas MAT da RNT	65
5.2.	Aplicação dos isoladores compósitos	65
5.3.	Propriedades dos isoladores compósitos.....	68
5.4.	Impacto da instalação de isoladores compósitos no desempenho das linhas.....	68
5.5.	Conclusões	71
Capítulo 6 Medidas de Controlo da Nidificação e Pouso de Cegonhas.		73
6.1.	Efeito da nidificação das cegonhas no desempenho das linhas	73
6.2.	Medidas preventivas e correctivas.....	74
6.3.	Conclusões	76
Capítulo 7 Conclusões.....		79
7.1.	Trabalho desenvolvido.....	79
7.2.	Perspectivas de desenvolvimentos futuros.....	80
Referências e Bibliografia.....		81
 Anexos		
ANEXO A.		83
ANEXO B.....		87
ANEXO C.		95

Lista de Figuras

Figura 2.1 Evolução comprimento Linhas RNT [fonte: REN]	6
Figura 2.2 Apoios de linha em esteira horizontal, de amarração (fonte: REN).	8
Figura 2.3 Poste linha dupla em esteira vertical, de amarração (fonte: www.ree.es).....	8
Figura 2.4 Montagem de módulo prismático em apoio de suspensão (fonte: REN).....	9
Figura 2.5 Apoio tipo tubular “TBA” (fonte: REN).	10
Figura 2.6 Pormenor de ligação à terra de um apoio (fonte: REN).....	11
Figura 2.7 Cabos condutores e cabos de guarda.	12
Figura 2.8 Apoio de amarração	13
Figura 2.9 Pinça de suspensão tipo AGS – “Armour Grip Suspension” (fonte: www.preformed.com).	13
Figura 2.10 Amortecedores de vibrações em cabos condutores – tipo “stockbridge” (fonte: REN).....	14
Figura 2.11 Isoladores do tipo campânula e espigão em vidro e cerâmica (fonte: REN).	15
Figura 2.12 Conjunto de isoladores de compósito (fonte: REN).	15
Figura 2.13 Isolador de vidro normal.....	16
Figura 2.14 Isolador de vidro antipoluição.	16
Figura 2.15 Cadeia de isoladores de suspensão dupla (fonte: REN).....	17
Figura 3.1 Exemplo de estrutura de registo de incidentes na base de dados Gestinc [8].	20
Figura 3.2 Principais causas dos incidentes ocorridos em Linhas 2001 – 2005 (fonte: [1]).....	21
Figura 3.3 Causa dos incidentes com repercussão na RNT em 2007 (fonte: [3]).	21
Figura 3.4 Evolução do nº de interrupções permanentes (fonte [3]).	22
Figura 3.5 Evolução da duração das interrupções permanentes (fonte [3]).....	22
Figura 3.6 Evolução do nº de defeitos com origem em linhas da RNT por 100 km de circuito (fonte: [3])......	23
Figura 3.7 Nº de ninhos de cegonha em apoios de linha – Evolução 1997 – 2005 (fonte [1]).....	24

Figura 3.8 N° de incidentes e interrupções permanentes devidos a cegonhas em 2007 (fonte: [3]).	24
Figura 3.9 N° de incêndios, área ardida (milhares de hectares) e n° de defeitos nas linhas da RNT devidos a incêndios (fonte [3]).	25
Figura 3.10	26
Figura 3.11 Taxa de disponibilidade média global 2003-2007 (fonte [3]).	26
Figura 3.12 Taxa de disponibilidade associada à manutenção 2003-2007 (fonte [3]).	27
Figura 3.13 Evolução dos indicadores gerais de continuidade de serviço do n° de defeitos por 100 km de circuito da RNT no período 2001 a 2007.	28
Figura 3.14 Efeito “Incidente 9 de Maio” ocorrido em 2000 (fonte [1]).	29
Figura 4.1 Tabela de registo de defeitos no período 2001-2007 (fonte: REN).	31
Figura 4.2 N° de Incidentes com origem nas linhas da RNT no período 2001 a 2007.	34
Figura 4.3 N° de defeitos com origem nas linhas da RNT, por nível de tensão, para o período 2001 a 2007.	36
Figura 4.4 Evolução do N° de defeitos com origem nas linhas da RNT, por nível de tensão, para o período 2001 a 2007.	36
Figura 4.5 Distribuição do n° total acumulado de defeitos verificados no período 2001 a 2007 por causa.	37
Figura 4.6 Peso anual das principais causas na frequência de defeitos anual no período de 2001 a 2007.	39
Figura 4.7 Indicadores quilométricos de defeitos com origem em linhas da RNT – média anual ponderada para o período de 2001a 2007.	41
Figura 4.8 Análise da evolução do n° anual de defeitos em Linhas, por 100 km de circuito.	42
Figura 4.9 Evolução do indicador quilométrico de defeitos com origem nas linhas, com causa ‘cegonhas’ no período 2001 a 2007.	44
Figura 4.10 Evolução do indicador quilométrico de defeitos com origem nas linhas, com causa ‘descargas atmosféricas’ no período 2001 a 2007.	45
Figura 4.11 Evolução do indicador quilométrico de defeitos com origem nas linhas, com causa ‘incêndios’ no período 2001 a 2007.	47
Figura 4.12 Evolução do indicador quilométrico de defeitos com origem nas linhas, com causa ‘incêndios’ no período 2001 a 2007, excepto 2005.	48
Figura 4.13 Evolução do indicador quilométrico de defeitos com origem nas linhas, com causa ‘nevoeiro ou neblina e poluição’ no período 2001 a 2007.	49
Figura 4.14 Indicadores quilométricos de defeitos com origem nas linhas da RNT e sua decomposição por causas – média anual ponderada para o período de 2001 a 2007.	50
Figura 4.15 Defeitos com origem nas linhas da RNT ocorridos no período 2001-2007.	50

Figura 4.16 Distribuição mensal da ocorrência de defeitos – valores mensais acumulados para o período 2001 a 2007.....	51
Figura 4.17 Defeitos provocados por incêndios – distribuição mensal acumulada para o período 2001 a 2007.....	52
Figura 4.18 Ocorrência de defeitos devidos a ‘incêndios’ ao longo do período de análise 2001-2007.	52
Figura 4.19 Defeitos provocados por descargas atmosféricas – distribuição mensal acumulada para o período 2001 a 2007.....	53
Figura 4.20 Defeitos provocados por cegonhas – distribuição mensal acumulada para o período 2001 a 2007.....	54
Figura 4.21 Ocorrência de defeitos devidos a ‘cegonhas’ ao longo do período de análise 2001-2007.	54
Figura 4.22 Defeitos provocados por ‘nevoeiro ou neblina e poluição’ – distribuição mensal acumulada para o período 2001 a 2007.	55
Figura 4.23 Ocorrência de defeitos devidos a ‘nevoeiro ou neblina e poluição’ ao longo do período de análise 2001-2007.	56
Figura 4.25 Nº de defeitos por zona geográfica, por causa, no período 2001-2007.....	57
Figura 4.26 Exemplo de ficheiro de registo de temperaturas.....	58
Figura 4.27 Histograma de defeitos ocorridos em função da temperatura e diagrama de frequência acumulada.....	60
Figura 4.28 Diagrama de dispersão e recta de regressão.	61
Figura 5.1 Isolador de vidro afectado por poluição salina muito forte.	66
Figura 5.2 Lavagem de isoladores a alta pressão com meios aéreos.....	67
Figura 5.3 Substituição de isoladores de vidro por compósitos (fonte: REN).	67
Figura 5.4 Hidrofobicidade de isoladores compósitos de borracha de silicone: isolador novo (direita) e isolador com camada significativa de poluição (esquerda) [11].....	68
Figura 5.5 Lavagens de isoladores e instalação de compósitos vs desempenho face a poluição.	69
Figura 5.6 Cadeia de amarração dupla com isoladores compósitos em serviço (fonte: REN).	71
Figura 6.1 Apoio de linha de 400 kV em zona de forte nidificação da cegonha branca.	74
Figura 6.2 Dispositivos dissuasores de pouso e de nidificação de cegonhas e plataformas para protecção dos ninhos.	75
Figura 6.3 Evolução da nidificação e das medidas de controlo implementadas para controlo do impacto das cegonhas vs desempenho face a cegonhas.	76

Figura C.1 Mapa de zonas de nidificação de cegonhas (fonte: REN).....	95
Figura C.2 Mapa divisão RNT Áreas Geográficas (fonte: [5])......	96
Figura C.3 Mapa da Rede Nacional de Transporte de Electricidade em 2008-01-01 (fonte: REN).....	97

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 Evolução do comprimento (km) das linhas da RNT no período 2001 a 2007	6
Tabela 2.2 Evolução do número de linhas da RNT no período 2001 a 2007.....	7
Tabela 3.1 Relação dos incêndios florestais em Portugal com o nº defeitos ocorridos.....	25
Tabela 4.1 Campos das tabelas de registo de defeitos fornecidas pela REN.	32
Tabela 4.2 Nº de defeitos com origem em linhas da RNT, por nível de tensão agrupados por causa e por ano.....	38
Tabela 4.3 Indicadores quilométricos de defeitos em Linhas, por 100 km de linha, globais e por nível de tensão, por ano, para o período de 2001 a 2007.....	40
Tabela 4.4 Valores do desvio padrão e coeficiente de variação Cv dos indicadores quilométricos de defeitos em linhas no período de 2001 a 2007.	41
Tabela 4.5 Indicadores quilométricos de defeitos em linhas da RNT, por causa ‘cegonhas’, por 100km de linha, para o período 2001 a 2007.	43
Tabela 4.6 Indicadores quilométricos de defeitos corrigidos, em linhas da RNT, por causa ‘cegonhas’, por 100km de linha, para o período 2001 a 2007 após correcção no nível 150 kV.....	44
Tabela 4.7 Indicadores quilométricos de defeitos em linhas da RNT, por causa ‘descargas atmosféricas’, (por 100km de linha), para o período 2001 a 2007.....	45
Tabela 4.8 Indicadores quilométricos de defeitos em linhas da RNT, por causa ‘incêndios’, por 100km de linha, para o período 2001 a 2007.....	46
Tabela 4.9 Indicadores quilométricos de defeitos em linhas da RNT, por causa ‘incêndios’, por 100km de linha, para o período 2001 a 2007, excluindo o ano de 2005.....	47
Tabela 4.10 Indicadores quilométricos de defeitos em linhas da RNT, por causa ‘Nevoeiro ou neblina e poluição’, por 100km de linha, para o período 2001 a 2007	48
Tabela 4.11 Indicadores quilométricos de defeitos determinados para os dois períodos que reflectem o efeito sazonal da causa incêndios.	53
Tabela 4.12 Indicadores quilométricos de defeitos determinados para os dois períodos que reflectem o efeito horário da causa cegonhas.....	55

Tabela 4.13 Indicadores quilométricos de defeitos determinados para os dois períodos que reflectem o efeito sazonal da causa poluição.....	56
Tabela 4.14 Pontos de amostragem de temperatura.	59
Tabela 4.15 Tabela de frequência de defeitos por incêndios para classes de temperatura.....	61
Tabela 5.1 Evolução do nº de postes com lavagem de isoladores e do nº de postes com isoladores compósitos instalados nas linhas aéreas da RNT.	69
Tabela 5.2 Defeitos causados por poluição por linha e indicação da instalação de isoladores compósitos.	70
Tabela 6.1 Análise das medidas preventivas adoptadas pela REN para controlo do impacto das cegonhas e sua relação com a evolução do desempenho das linhas face à causa ‘cegonhas’ no período de 2001 a 2007.....	75
Tabela A.1 Linhas a 400 kV.....	83
Tabela A.2 Linhas a 220 kV.....	83
Tabela A.3 Linhas a 150 kV.....	85
Tabela B.1 Causa: Cegonhas.....	87
Tabela B.2 Causa: Descargas Atmosféricas.....	88
Tabela B.3 Causa: Incêndios.....	91
Tabela B.4 Causa: Nevoeiro ou Neblina e Poluição	93

Lista de Siglas e Abreviaturas

REN – Rede Eléctrica Nacional

RNT – Rede Nacional de Transporte de Energia

MAT – Muito Alta Tensão

AT – Alta Tensão

MT – Média Tensão

LMAT – Linhas de Muito Alta Tensão

ACSR – *Aluminum Conductor Steel Reinforced*

AAAC – *All Aluminum Alloy Conductor*

SiR – *Silicone Rubber*

RQS – Regulamento de Qualidade de Serviço

ENF – Energia não fornecida

TIE – Tempo de interrupção equivalente (minutos)

SAIFI – Frequência média de interrupções longas do sistema

MAIFI – Frequência média de interrupções curtas do sistema

SAIDI – Duração média das interrupções do sistema

SARI – Tempo médio de reposição de serviço do sistema

OPGW – *Optical Ground Wire*

AGS – *Armour Grip Suspension*

CEI - *Commission Electrotechnique Internationale*

Capítulo 1.

Introdução

A análise dos indicadores de desempenho de linhas aéreas de sistemas eléctricos de energia pode ser utilizada para avaliação de desempenho passado bem como para previsão de desempenhos futuros.

A determinação destes indicadores de uma forma sistemática, e definição de uma relação dos valores obtidos com condicionantes ambientais, técnicas e atmosféricas, permite:

- Estabelecer índices que constituam valores de referência para o desempenho esperado, metas de melhoria e valores mínimos admissíveis;
- Identificar alterações cronológicas no desempenho ajudando a identificar pontos frágeis;
- Comparação dos valores previstos com os verificados na exploração do sistema;
- Rever especificações de projecto em função do desempenho;
- Avaliar efeitos das acções de manutenção da fiabilidade;
- Identificar fragilidades justificando investimentos em modificações.

A definição destes indicadores em função das condicionantes referidas, pode ser utilizada pelo operador do sistema eléctrico de energia para uma análise em tempo real do risco de certas contingências que resultam da interrupção de linhas.

1.1. Objectivo e âmbito

Os objectivos inicialmente propostos para este trabalho foram:

- Levantamento das linhas RNT e dos incidentes nessas linhas;
- Análise das alterações realizadas nas linhas relativas às modificação do material dos isoladores de cerâmica ou vidro para compósito e instalação de equipamentos relacionados com a nidificação e pouso de cegonhas;

- Relação das alterações nas linhas com o número e causa dos incidentes;
- Definição de indicador quilométrico que relacionasse os incidentes com a causa da sua ocorrência;
- Análise crítica dos indicadores.

Os dados analisados correspondem ao período de 2001 a 2007 para a totalidade de linhas de muito alta tensão que constituem a Rede Nacional de Transporte, com os níveis de 150, 220 e 400 kV.

O desempenho das linhas da RNT será avaliado por nível de tensão, por causa, por ano e por 100 km de linha.

Foram também identificadas algumas variáveis que condicionam o desempenho das linhas aéreas da RNT contribuindo, eventualmente, para o aumento da probabilidade de falha das linhas, nomeadamente:

- Temperatura ambiente;
- Mês ou estação do ano;
- Período horário;
- Região geográfica.

Será analisada a contribuição destes factores para os indicadores de desempenho das linhas, com vista à definição de um modelo que os relacione.

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 principais componentes;
- No capítulo 3, apresenta-se uma análise do desempenho das linhas da RNT com base na abordagem da REN, de acordo com o publicado nos seus relatórios de qualidade de serviço;
- No capítulo 4, relata-se a análise de dados efectuada com base nas informações disponibilizadas pela REN relativamente aos incidentes ocorridos nas linhas da RNT no período de 2001 a 2007;
- No capítulo 5, analisam-se as alterações introduzidas pela REN nos isoladores das linhas da RNT, relacionando essas alterações com a ocorrência e a causa dos incidentes verificados;
- No capítulo 6, analisam-se as medidas aplicadas pela REN para controlo da nidificação e pouso de cegonhas e o seu efeito no desempenho ao nível dos defeitos verificados causados por cegonhas;

- No capítulo 7, apresentam-se as conclusões finais da dissertação e perspectivas de trabalho futuro.

Capítulo 2.

Caracterização das Linhas da Rede Nacional de Transporte

2.1. Caracterização Geral das Linhas

O Transporte de Energia Eléctrica em Muito Alta Tensão em Portugal é assegurado pelo conjunto de infra-estruturas que constituem a Rede Nacional de Transporte (RNT). Os circuitos que asseguram as interligações entre os diversos pontos da rede são estabelecidos essencialmente em Linhas Aéreas de Muito Alta Tensão (LMAT). Uma parte com pouca expressão relativa é constituída por cabos subterrâneos enterrados ou em galeria de cabos (cerca de 16 km).

Na figura 2.1 apresenta-se a evolução histórica do comprimento das linhas da RNT.

O conceito de linha utilizado neste trabalho estará de acordo com a perspectiva de operação do sistema, ou seja, cada linha corresponde a um circuito eléctrico: *sistema de três condutores através dos quais flui um sistema trifásico de correntes eléctricas* [1]. Do ponto de vista de construção e manutenção, o conceito “linha” poderá abranger mais do que um circuito, quando suportados nos mesmos apoios.

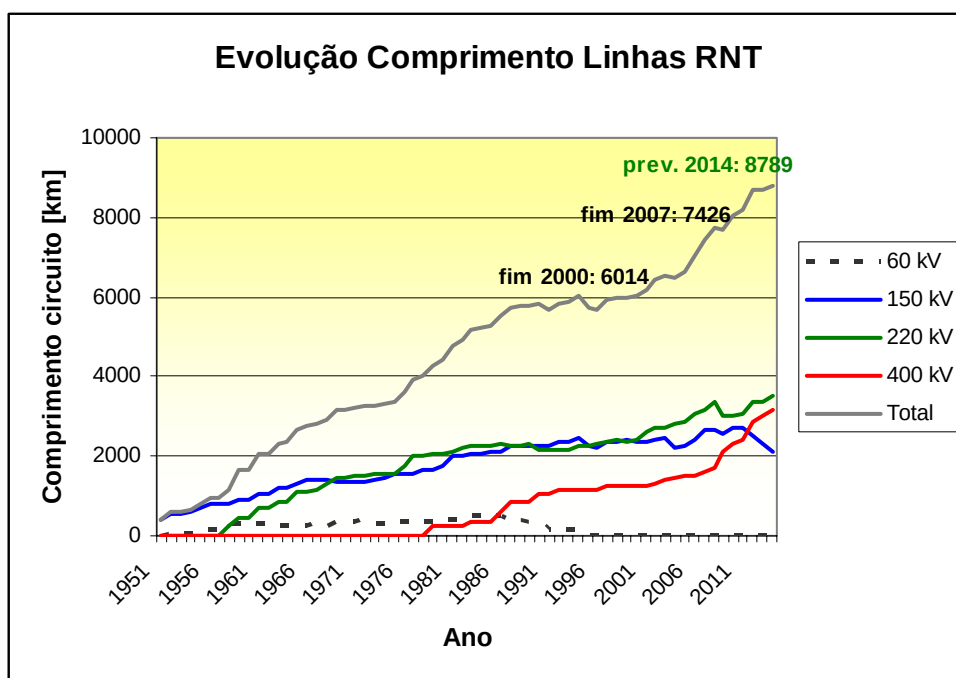


Figura 2.1 Evolução comprimento Linhas RNT [fonte: REN]

Notas:

O comprimento das linhas (circuitos eléctricos) inclui os troços em cabo subterrâneo e é contabilizado segundo a tensão MAT a que são exploradas, com excepção das linhas exploradas a 60 kV, que são contabilizadas na respectiva tensão de construção e da linha Lindoso – Conchas, explorada a 130 kV, mas incluída no escalão '150 kV'.

A partir de 31-12-2004, a REN, S.A. deixou de possuir linhas de 60 kV.

Verifica-se que para o período reportado para a análise estatística desenvolvida, 2001 a 2007, existe um aumento significativo do comprimento das linhas da RNT, superior a 20 %. Assim, verifica-se a necessidade de normalizar os índices de desempenho apurados de forma a compensar as variações da dimensão da população.

É ainda possível verificar que até 2014 se prevê [5] a continuação da evolução do aumento do comprimento das linhas da RNT a uma taxa semelhante à verificada no período 2001-2007.

Tabela 2.1 Evolução do comprimento (km) das linhas da RNT no período 2001 a 2007

ANO	150 kV	220 kV	400 kV	Total
2001	2361	2599	1235	6195
2002	2420	2717	1301	6438
2003	2438	2704	1403	6545
2004	2198	2838	1454	6490
2005	2282	2875	1500	6657
2006	2431	3080	1507	7018
2007	2661	3177	1588	7426

O alargamento da rede pode ainda ser observado através da evolução do nº de linhas por nível de tensão, conforme se apresenta na tabela 2.2.

Tabela 2.2 Evolução do número de linhas da RNT no período 2001 a 2007

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
150 kV	63	67	70	65	67	71	75
220 kV	73	76	76	82	83	88	90
400 kV	25	27	30	34	36	38	40
Total RNT	161	170	176	181	186	197	205

No Anexo A, apresenta-se a listagem completa das linhas MAT de 400, 220 e 150 kV que constituem a Rede Nacional de Transporte, reportada à data de 1 de Janeiro de 2008.

2.2. Componentes de linhas aéreas de MAT

As linhas aéreas de muito alta tensão são essencialmente constituídas pelos seguintes componentes:

- Apoios (ou Postes);
- Cabos Condutores e Cabos de Guarda;
- Isoladores.

Estes componentes serão apresentados em traços gerais de acordo com as características técnicas verificadas nas linhas aéreas da RNT.

2.2.1. Apoios

Os apoios, em geral, são constituídos por estruturas reticuladas em aço, construídas com cantoneiras de abas iguais e chapas ligadas entre si por parafusos. Os apoios são concebidos de modo a prever a optimização e simplicidade de fabrico e montagem e a introdução de características adicionais que facilitem e aumentem a segurança de execução das operações de montagem e de exploração.

Os apoios de uma linha podem ser:

- para linha simples (1 circuito) – em triângulo e em esteira horizontal;
- para linhas duplas (2 circuitos) – em triângulo e em esteira vertical.

Quanto ao tipo de cadeias de isoladores instaladas, os postes classificam-se em postes de amarração ou de suspensão.

Nas figuras 2.2 e 2.3 apresentam-se exemplos de tipos de apoio de linha.



Figura 2.2 Apoios de linha em esteira horizontal, de amarração (fonte: REN).

Utilizam-se necessariamente apoios de amarração em todos os vértices da linha, ou seja, pontos de inflexão do traçado com determinado ângulo (designados também apoios de ângulo). Em geral, nos apoios de alinhamento (situados em troços rectilíneos da linha), utilizam-se cadeias de suspensão.



Figura 2.3 Poste linha dupla em esteira vertical, de amarração (fonte: www.ree.es).

Os apoios em estrutura reticulada permitem em determinados casos, a introdução de módulos prismáticos adicionais para aumentar a distância dos cabos a eventuais obstáculos. Esta operação, ilustrada na figura 2.4, é especialmente importante quando se pretende aumentar a capacidade de transporte de uma linha, o que irá corresponder a um aumento da temperatura de exploração, que resulta numa maior flecha dos cabos condutores, havendo a necessidade de revisão de todas as distâncias aos obstáculos mais próximos da linha para manter as condições regulamentares com os novos valores de exploração.



Figura 2.4 Montagem de módulo prismático em apoio de suspensão (fonte: REN).

Recentemente foi introduzido novo modelo de apoio metálico do tipo tubular, ilustrado na figura 2.5. A sua aplicação resulta de condicionalismos de ordem espacial na zona da base dos apoios, proporcionando uma economia de área de implantação em relação à solução convencional em estruturas reticuladas.

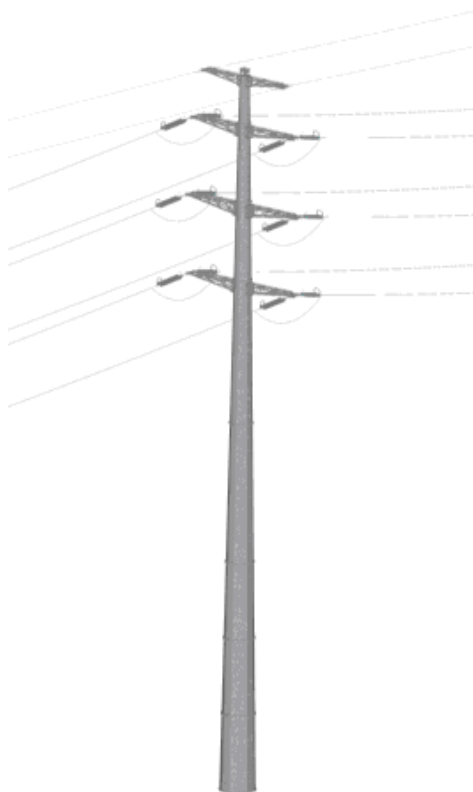


Figura 2.5 Apoio tipo tubular “TBA” (fonte: REN).

2.2.1.1. Fundações

As fundações dos diversos tipos de apoios são projectadas tendo em conta as características previsíveis dos terrenos onde irão ser implantados os apoios. Em condições normais, as fundações previstas são constituídas por quatro maciços de betão independentes, com sapata em degraus, chaminé prismática e armação.

2.2.1.2. Circuito de terra dos apoios

Os apoios metálicos são ligados individualmente à terra por intermédio de eléctrodos de terra, constituídos por fitas ou estacas. Um pormenor da ligação do apoio à terra pode ser observado na figura 2.6.

O dimensionamento dos circuitos de terra dos apoios deverá, por um lado, garantir as condições de segurança de pessoas e bens, através da limitação dos valores de tensões de toque e de passo esperados, e também prevenir a ocorrência de eventuais contornamentos por arco de retorno, assegurando um valor da resistência de terra suficientemente baixo para cumprir esses requisitos.



Figura 2.6 Pormenor de ligação à terra de um apoio (fonte: REN).

2.2.2. Cabos condutores

Os cabos condutores são seleccionados de forma a terem as características mecânicas e eléctricas adequadas e a poderem suportar quer as correntes de defeito quer a capacidade de transporte de energia especificadas para a linha sem diminuição das suas características.

A maioria dos cabos condutores utilizados na REN são do tipo alumínio-aço (ACSR – Aluminum Conductor Steel Reinforced). Existem também algumas (poucas) linhas equipadas com cabos de liga de alumínio (AAAC – All Aluminum Alloy Conductor).

Nos cabos condutores de alumínio-aço, o alumínio (camadas exteriores) serve para condução da corrente eléctrica; o aço (camadas interiores) é o suporte mecânico.

Nos cabos AAAC, os fios de liga de alumínio asseguram esta dupla função.

Para os níveis de tensão mais elevados, é usual utilizar mais do que um condutor por fase para limitação das perdas por efeito coroa, uma vez que permite a redução do campo eléctrico à superfície dos condutores. Na RNT, todas as linhas de 400 kV têm dois condutores por fase (feixe duplo).

2.2.3. Cabos de guarda

Os cabos de guarda têm como função proteger as linhas contra descargas atmosféricas directas e interligar as terras dos diversos apoios da linha e das subestações terminais. Estes cabos são ligados electricamente à terra através da estrutura metálica do apoio, por onde se dá o escoamento das correntes de descarga.

A interligação das terras dos diversos apoios resulta numa redução da resistência de terra equivalente “vista” pelo ponto onde ocorre a descarga.

Os cabos de guarda são instalados numa cota superior à dos condutores e de forma a garantir um adequado ângulo de blindagem.

Poderá optar-se pela instalação de dois cabos de guarda, se a geometria do apoio o permitir, favorecendo as condições de blindagem dos condutores face a descargas directas e aumentando a capacidade de distribuição das correntes de defeito, reduzindo-se a corrente que é escoada para o solo via apoio.

A maioria dos cabos de guarda convencionais utilizado na REN são do tipo alumínio-aço (ACSR – Aluminum Conductor Steel Reinforced). Existem ainda cabos de guarda constituídos apenas por fios de aço zincado, solução já abandonada e em fase de substituição ou desclassificação.

São também utilizados cabos de guarda incorporando fibras ópticas (OPGW – Optical Ground Wire) que devem assegurar características mecânicas e eléctricas adequadas às da linha e compatíveis com as do cabo de guarda convencional. A utilização de cabos OPGW permite estabelecer uma rede de telecomunicações de alta capacidade suportada nas infra-estruturas da RNT.

A figura 2.7 permite identificar a localização das fixações dos cabos condutores e cabos de guarda num apoio de linha.

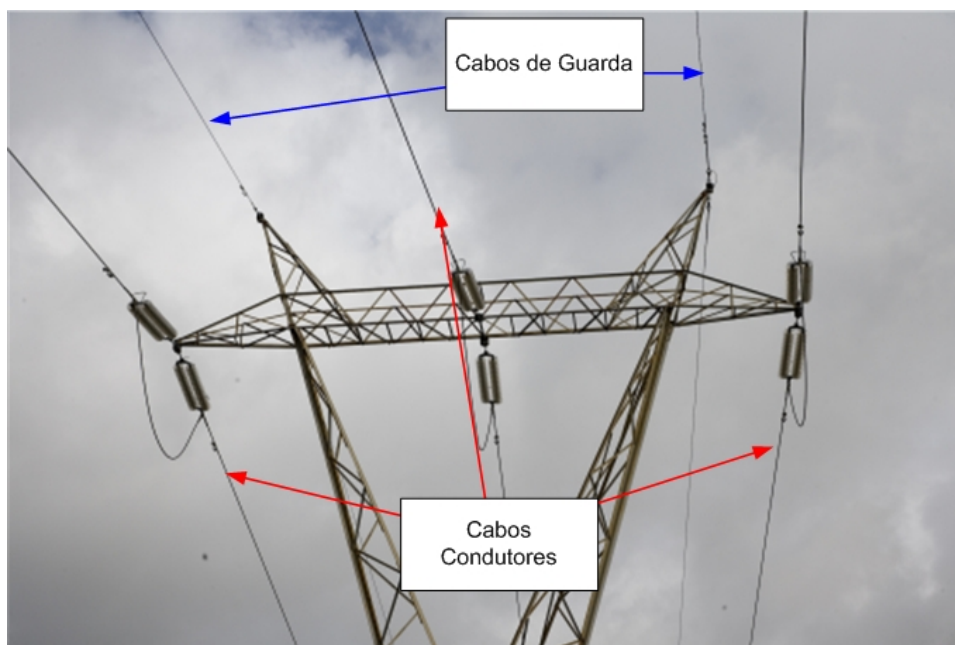


Figura 2.7 Cabos condutores e cabos de guarda.

2.2.4. Acessórios de cabos condutores e cabos de guarda

Para fixação dos cabos condutores e cabos de guarda aos postes de amarração e de suspensão são utilizadas pinças de apoio.

No caso dos postes de amarração são utilizadas pinças de amarração do tipo de compressão. A figura 2.8 apresenta um apoio de amarração onde se destacam as pinças de amarração.

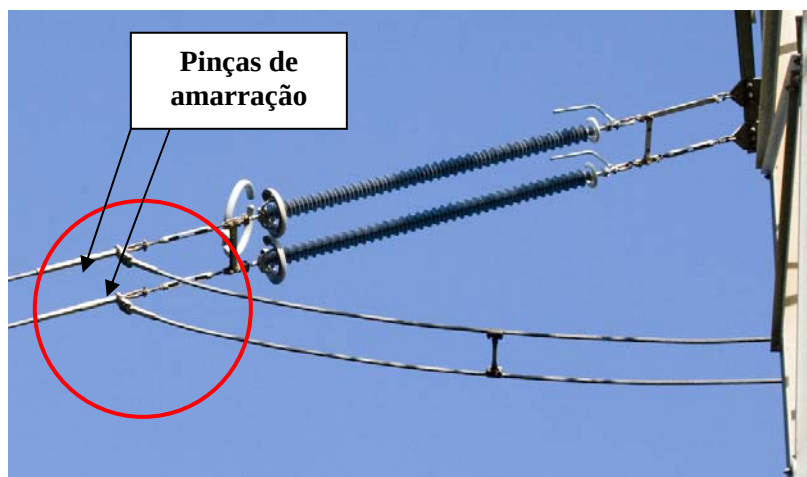


Figura 2.8 Apoio de amarração

As pinças utilizadas para fixação dos condutores e cabos de guarda nos apoios de suspensão são do tipo AGS – “Armour Grip Suspension”, apresentando-se um exemplo na figura 2.9 deste tipo de acessório.



Figura 2.9 Pinça de suspensão tipo AGS – “Armour Grip Suspension” (fonte: www.preformed.com).

2.2.4.1. Uniões dos cabos condutores e cabos de guarda

Para efectuar a junção entre cabos utilizam-se uniões de compressão.

Para cobrir pequenos defeitos nos cabos condutores, tais como fios de alumínio partidos, utilizam-se mangas de reparação.

As mangas de reparação são constituídas por varetas helicoidais pré-formadas em aço e destinam-se à reparação de danos nos fios das camadas exteriores.

As uniões têm aplicação em casos de fios danificados nas camadas interiores incluindo os fios de aço.

2.2.4.2. Amortecedores de vibrações

Certas condições de ambiente associadas ao vento provocam nos cabos vibrações prejudiciais que os podem danificar.

A montagem de amortecedores, conforme ilustrado na figura 2.10. elimina ou amortece essas vibrações.

Alguns factores determinam o comportamento dos cabos nestas circunstâncias:

- Características de inércia (massa) e de elasticidade;
- Tensão mecânica de esticamento;
- Geometria dos vãos;
- Regime dos ventos.

De acordo com a análise das vibrações efectuada nos condutores, são elaborados mapas de montagem dos amortecedores de vibrações eólicas.



Figura 2.10 Amortecedores de vibrações em cabos condutores – tipo “stockbridge” (fonte: REN)

2.2.5. Isoladores

2.2.5.1. Função e tipos de isoladores

Nas linhas de muito alta tensão os isoladores têm a função de suporte mecânico para os condutores eléctricos e de garantir o seu isolamento eléctrico entre os condutores e os elementos metálicos dos apoios, que se encontram ligados à terra.

Nas linhas da RNT são utilizadas cadeias de isoladores, do tipo campânula e espigão, com dieléctrico em vidro temperado ou em cerâmica, como se pode observar na figura 2.11.



Figura 2.11 Isoladores do tipo campânula e espigão em vidro e cerâmica (fonte: REN).

A partir de 2004, foram também introduzidos nas especificações da REN para isoladores de linhas MAT, os isoladores de material compósito, com revestimento constituído por borracha siliconada vulcanizada a alta temperatura, ilustrados na figura 2.12.



Figura 2.12 Conjunto de isoladores de compósito (fonte: REN).

2.2.5.2. Critérios de selecção de isoladores

Uma das principais características dos isoladores a especificar é a sua linha de fuga. Trata-se da distância mais curta, ao longo da superfície do material de isolamento entre as duas partes a isolar.

Deve ser seleccionada a linha de fuga específica dos isoladores de acordo com a classificação do nível de poluição das zonas por onde a linha vai passar, com base nas classes definidas na publicação CEI 815 [10]:

- Zonas de nível de poluição ligeira / média - linha de fuga específica de 20 mm/kV;
- Zonas de poluição forte - linha de fuga específica de 25 mm/kV.

Nas figuras 2.13 e 2.14 podem observar-se as diferenças entre o isolador de vidro normal, para zonas de poluição ligeira / média, e o isolador de vidro antipoluição, para zonas de poluição forte.



Figura 2.13 Isolador de vidro normal.



Figura 2.14 Isolador de vidro antipoluição.

Os valores da linha de fuga específica referem-se ao valor eficaz da tensão composta mais elevada, ou seja, para as linhas da RNT, 170, 245 e 420 kV.

Os isoladores com linha de fuga específica de 25 mm/kV são vulgarmente designados “isoladores anti-poluição”.

Outra característica fundamental na selecção do isolador e seus acessórios está relacionada com as correntes de defeito máximas (I_{cc}) previstas para a linha, de acordo com as seguintes alternativas:

- para $I_{cc} \geq 20$ kA utilizam-se cadeias de isoladores de espigão de 20 mm, segundo norma CEI 60120; Correspondem a uma carga de rotura mínima garantida de 160 kN;
- para $I_{cc} < 20$ kA utilizam-se cadeias de isoladores de espigão de 16 mm, segundo norma CEI 60120. Correspondem a uma carga de rotura mínima garantida de 70 kN ou 100 kN no caso dos isoladores antipoluição.

2.2.5.3. Tipos de cadeias de isoladores

Consoante o tipo de apoio, também as cadeias se classificam em cadeias de suspensão e de amarração.

De acordo com os critérios adoptados para as linhas da Rede de Transporte, nas travessias de estradas nacionais e auto-estradas, de vias férreas, de cursos de água navegáveis ou ainda de zonas habitadas, os cruzamentos com outras linhas aéreas de MT, AT e MAT, as cadeias de suspensão são duplas (duas fiadas de isoladores).

As cadeias de amarração devem possuir as fiadas de isoladores necessárias para garantir um coeficiente de segurança pelo menos igual a 1,5 relativamente à tracção máxima dos condutores do feixe. Em quaisquer circunstâncias não possuirão menos de duas fiadas.

2.2.5.4. Dispositivos de protecção das cadeias de isoladores

As cadeias são equipadas com anéis de guarda nas extremidades das cadeias do lado dos condutores e hastes de guarda do lado da estrutura. Estes dispositivos destinam-se a estabelecer um percurso ao arco de potência, subsequente a um eventual contornamento. Permitem também regular o nível de isolamento da linha através do ajuste da distância entre estes elementos.

Os anéis de guarda permitem ainda regularizar a distribuição do campo eléctrico reduzindo o nível das interferências radioeléctricas por efeito coroa.

A montagem destes dispositivos numa cadeia de isoladores pode ser observada na figura 2.15.

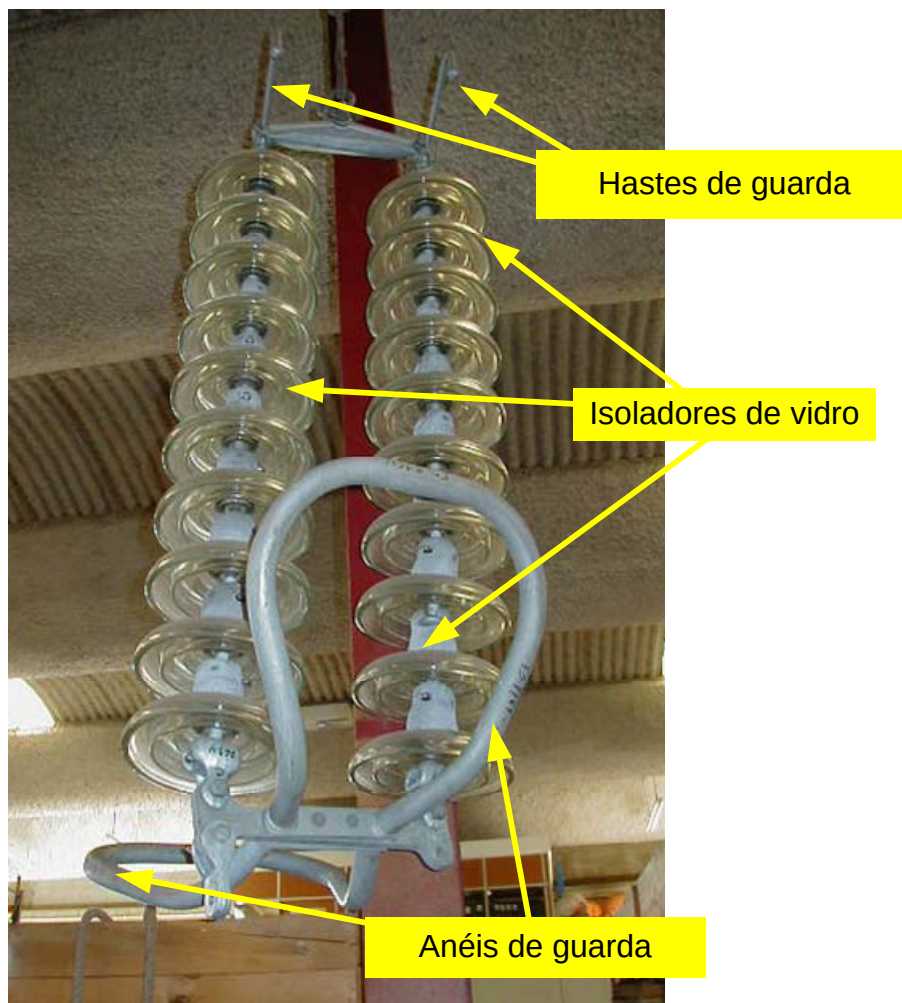


Figura 2.15 Cadeia de isoladores de suspensão dupla (fonte: REN).

2.3. Conclusões

Neste capítulo apresentou-se a caracterização geral das linhas da RNT que serão objecto de estudo da presente dissertação. A evolução da rede no período em análise é significativa, quer em comprimento (crescimento de cerca de 20%), quer em número de linhas (crescimento de cerca de 30 %). A análise comparativa do desempenho anual neste período não deve por isso ter como base os valores absolutos de defeitos ocorridos, dado o crescente nível de exposição aos agentes que condicionam o seu desempenho.

Os principais componentes das linhas foram descritos, tendo-se destacado alguns aspectos construtivos que poderão condicionar o desempenho em serviço das linhas, nomeadamente, o dimensionamento do isolamento da linha, essencial no desempenho geral da linha, o circuito de ligação à terra e os cabos de guarda, com especial importância para o desempenho face a descargas atmosféricas.

Capítulo 3.

Qualidade de Serviço da RNT

3.1. Relatórios de qualidade de serviço da RNT

O Regulamento da Qualidade de Serviço (RQS) estabelece que a REN – Rede Eléctrica Nacional S.A., na sua qualidade de operador da rede de transporte de energia eléctrica no território do continente, deve elaborar anualmente um relatório com informação sobre a qualidade do serviço prestado [1]. Foram analisados os relatórios da qualidade de serviço publicados pela REN como primeira abordagem à caracterização do desempenho das linhas aéreas da RNT. Estes relatórios encontram-se disponíveis no sítio *web* da empresa.

A REN, além de apresentar informação detalhada sobre continuidade de serviço e qualidade da tensão, bem como a que se refere aos demais requisitos do RQS que lhe são aplicáveis, fornece dados informativos complementares relativos ao comportamento em serviço dos diversos elementos de rede e principais equipamentos que os constituem.

Na abordagem seguida na elaboração do relatório, é caracterizado o desempenho global da RNT, prestando particular atenção aos incidentes que ocorreram, à disponibilidade dos elementos da rede e ao funcionamento dos principais equipamentos e sistemas;

São também indicadas as principais acções desenvolvidas pela empresa tendentes a melhorar a qualidade de serviço prestada pela rede de transporte de energia eléctrica.

3.1.1. Origem de dados de comportamento em serviço de LMAT

Os indicadores e estatísticas de continuidade de serviço apresentados no relatório de qualidade de serviço são obtidos através da aplicação GestInc [8]. O registo de dados das ocorrências baseia-se na entidade “Incidente”.

O incidente é um acontecimento que origina a desconexão (não programada) de um ou mais elementos da rede – elementos do incidente, podendo originar uma interrupção de serviço. Estes elementos subdividem-se em “Elemento Origem” (elemento da rede sede de defeito) e “Elemento Afectados” (elemento da rede, que não sendo sede de defeito, é retirado de serviço na sequência do defeito associado ao Elemento Origem). A figura 3.1 ilustra um exemplo de estrutura de registos de um incidente.

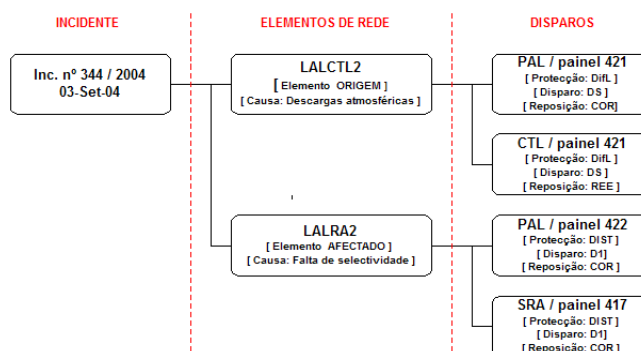


Figura 3.1 Exemplo de estrutura de registo de incidentes na base de dados Gestinc [8].

A aplicação prevê o registo e a consulta estruturada de dados detalhados de cada ocorrência, nomeadamente:

- Identificação dos elementos e instalações afectadas;
- Cronologia de eventos;
- Causas da ocorrência;
- Tipo de defeito;
- Tipo de disparo e protecção actuante;
- Tipo de reposição;
- Descrição do incidente e observações;
- Ligação a documentos complementares de análise: oscilogramas, registo cronológico de acontecimentos, relatórios.

3.1.2. Incidentes na RNT

São apresentados indicadores de frequência (absoluta) relativos ao nº de incidentes ocorridos em linhas por nível de tensão e por causa, que embora podendo ter consequências diversas

(duração, interrupção de ponto de entrega, elementos afectados), representam as situações com potencial de risco de afectação da qualidade de serviço.

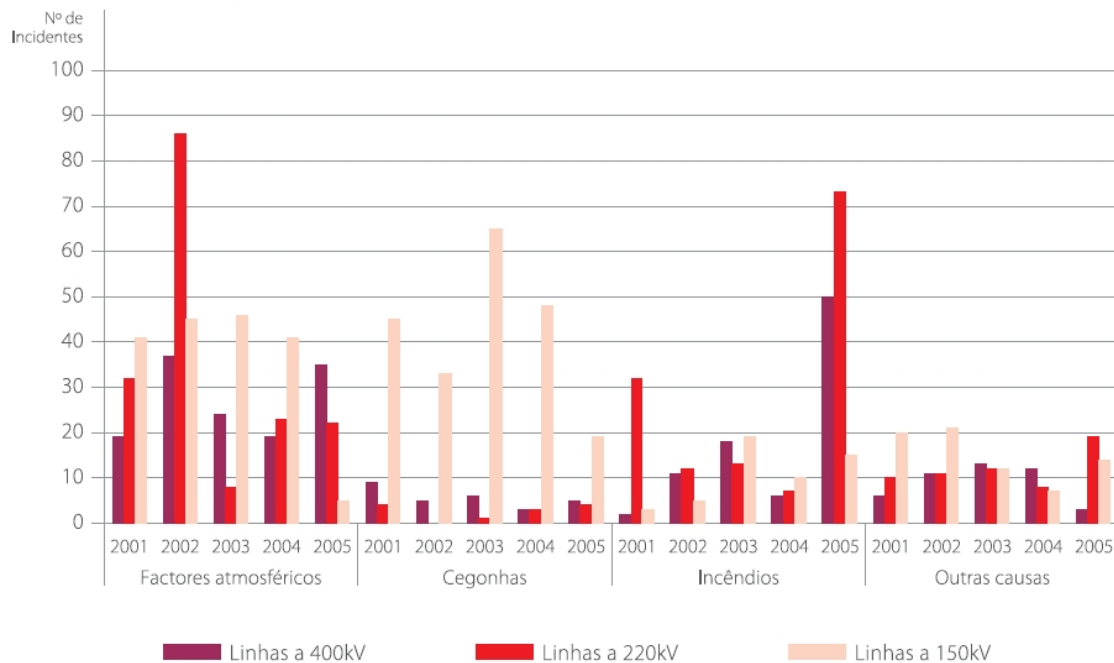


Figura 3.2 Principais causas dos incidentes ocorridos em Linhas 2001 – 2005 (fonte: [1]).

A figura 3.2 foi obtida do relatório de qualidade de serviço 2005, permitindo visualizar a evolução do nº de incidentes e o peso das principais causas em cada ano. A título de exemplo, note-se o excepcional peso da causa “incêndios” no ano de 2005, fortemente relacionado com a quantidade e gravidade dos incêndios florestais ocorridos nesse ano [1].

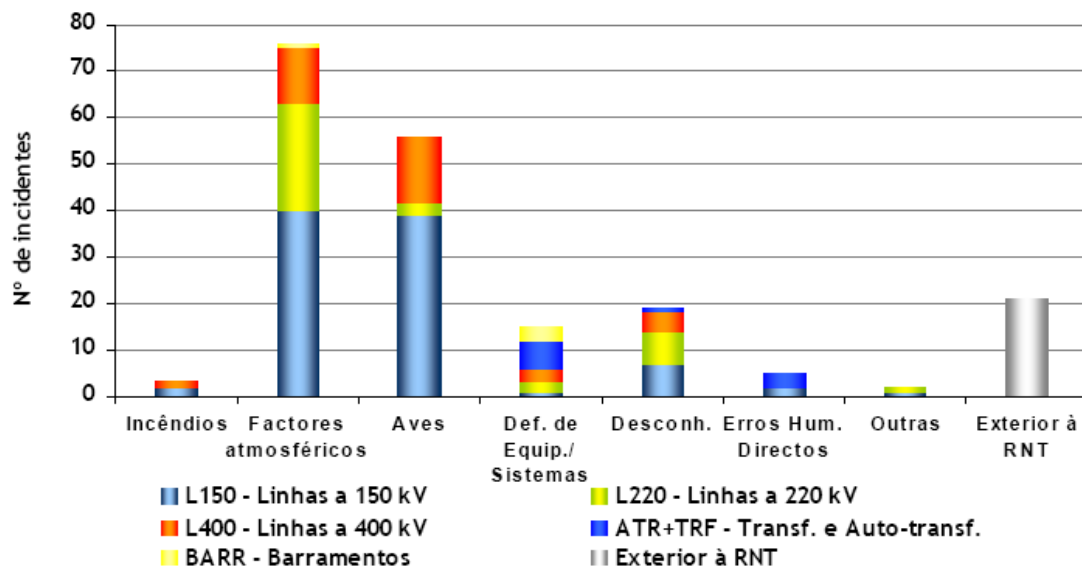


Figura 3.3 Causa dos incidentes com repercussão na RNT em 2007 (fonte: [3]).

O gráfico apresentado em 3.3, permite verificar que as linhas MAT são os elementos mais significativos na origem dos incidentes com repercussão na RNT.

3.1.3. Comportamento em serviço - interrupções

Os indicadores de comportamento em serviço de linhas apresentados, baseiam-se na definição de “interrupção permanente” - saída de serviço não planeada de um circuito, correspondente à remoção automática ou de emergência de um circuito (abertura de disjuntor) de duração superior ou igual a um minuto [3].

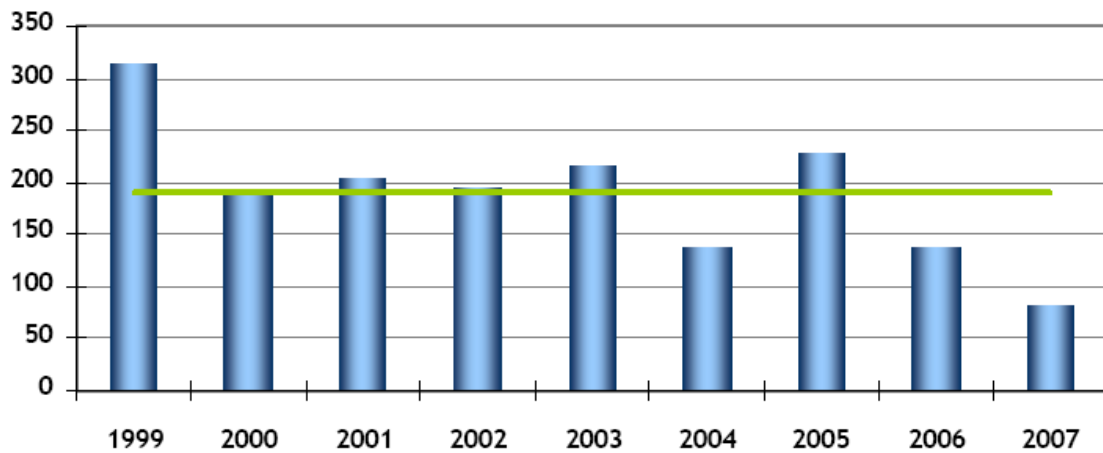


Figura 3.4 Evolução do nº de interrupções permanentes (fonte [3]).

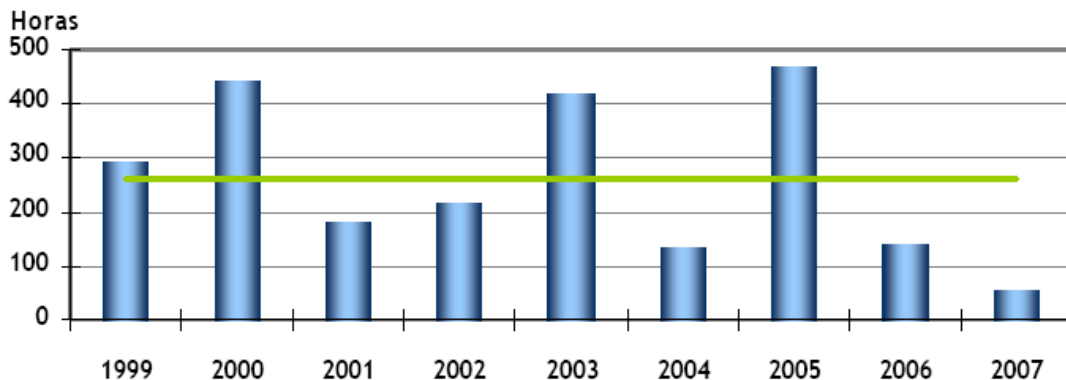


Figura 3.5 Evolução da duração das interrupções permanentes (fonte [3]).

Para estabelecer uma normalização do nº de ocorrências com a extensão da rede verificada em cada ano, o nº de defeitos e interrupções com origem em linhas da RNT é também calculado por 100 km de circuito.

O gráfico da figura 3.6 apresenta a evolução do nº de defeitos por 100 km de circuito para cada nível de tensão. Define-se ‘defeito eléctrico’, de acordo com o apresentado, como “qualquer

anomalia no sistema de potência resultante de uma perda de isolamento que requeira a abertura automática de disjuntores”.

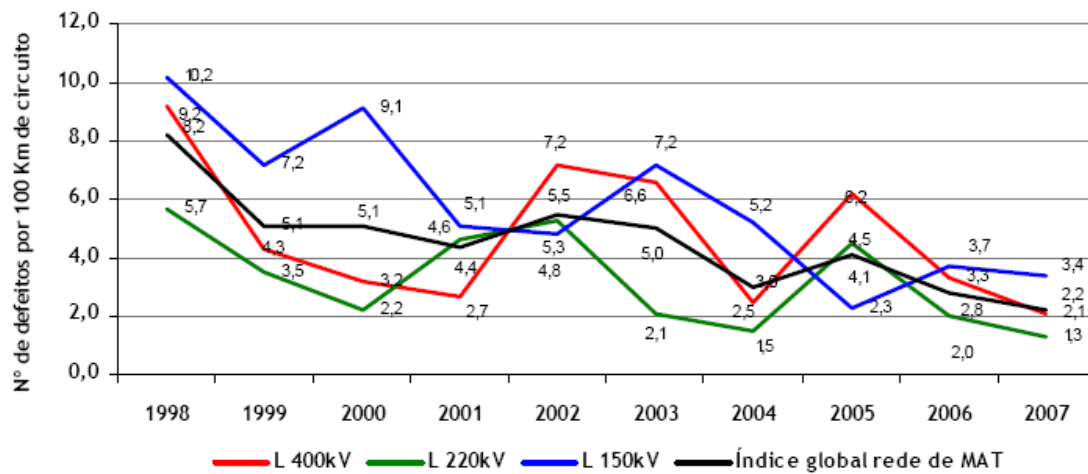


Figura 3.6 Evolução do nº de defeitos com origem em linhas da RNT por 100 km de circuito (fonte: [3]).

Algumas das causas com maior peso no desempenho são analisadas com maior detalhe pela REN nos seus relatórios de qualidade de serviço, apresentando-se dados de condicionantes externas que possam afectar o comportamento em serviço.

É dado um especial destaque à causa ‘**cegonhas**’, cuja nidificação tem sofrido um aumento constante em quantidade e em dispersão geográfica nos últimos anos, e para a qual a REN tem implementado medidas preventivas para minimização do impacto no comportamento das linhas. Estas medidas constam essencialmente na montagem generalizada, nas zonas de risco (de acordo com mapa apresentado no Anexo C), de dispositivos dissuasores do poiso das aves sobre as cadeias de isoladores e na montagem de plataformas especiais para promover a nidificação em locais dos apoios com menor risco de afectar o isolamento da linha.

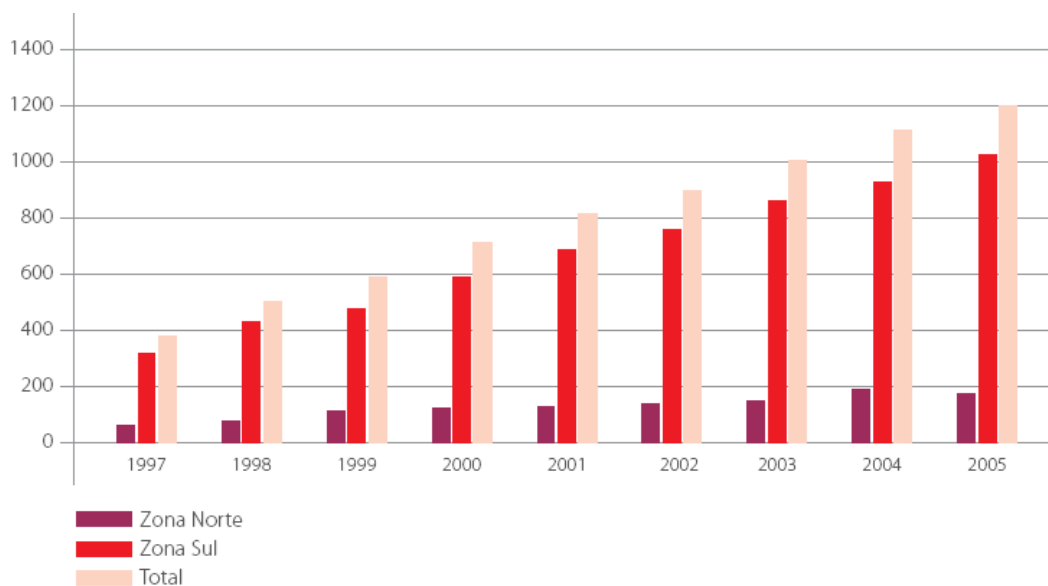


Figura 3.7 N° de ninhos de cegonha em apoios de linha – Evolução 1997 – 2005 (fonte [1]).

O gráfico apresentado na figura 3.7, ilustra uma evolução muito significativa na quantidade de ninhos em apoios de linhas MAT, o que se traduz numa maior exposição a esta ‘ameaça’ ao desempenho das linhas.

Apesar do aumento do risco que resulta da evolução crescente do n° de ninhos, as medidas preventivas de controlo têm permitido manter um bom desempenho face a ‘cegonhas’. A sua eficácia pode ser observada no gráfico da figura 3.8, onde num cenário de crescimento do n° de ninhos em apoios de linhas, e da extensão da rede (também nas zonas de risco) se verifica uma estabilidade do comportamento em serviço e até uma melhoria significativa, se se considerar um agrupamento em períodos de 4 anos 2000-2003 vs 2004-2007.

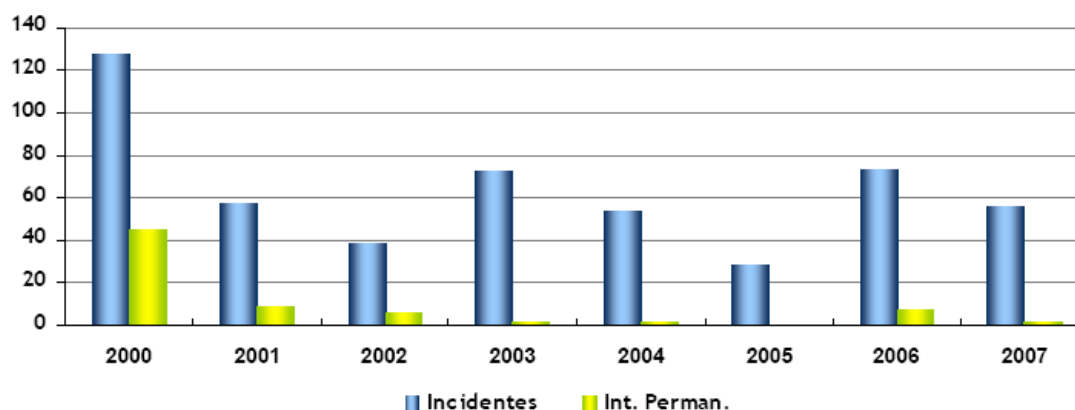


Figura 3.8 N° de incidentes e interrupções permanentes devidos a cegonhas em 2007 (fonte: [3]).

Outra das causas a merecer especial destaque é ‘**incêndios**’, dada a sua relação íntima com a problemática dos incêndios florestais que tem vindo a assolar o país.

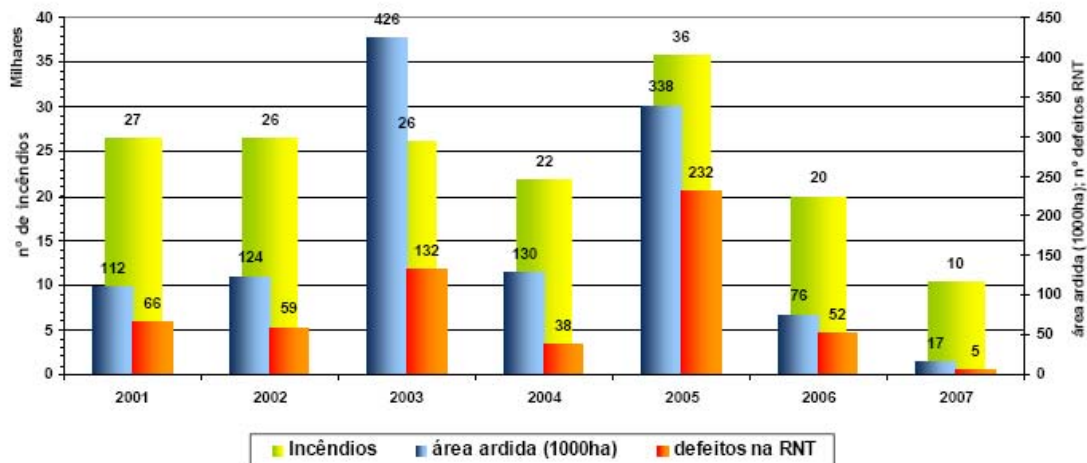


Figura 3.9 N° de incêndios, área ardida (milhares de hectares) e n° de defeitos nas linhas da RNT devidos a incêndios (fonte [3]).

A visualização do gráfico da figura 3.9, publicado em 2007, permite verificar a relação entre o n° de defeitos devidos a incêndios e gravidade do fenómeno no ano em causa em termos de n° de incêndios e área ardida. Estes valores foram utilizados para determinar a correlação entre estes factores.

Tabela 3.1 Relação dos incêndios florestais em Portugal com o n° defeitos ocorridos.

Ano	Incêndios	Área ardida (1000ha)	Nº defeitos Incendios
2001	27	112	66
2002	26	124	59
2003	26	426	132
2004	22	130	38
2005	36	338	232
2006	20	76	52
2007	10	17	5

A partir dos valores disponíveis, calcularam-se os coeficientes de correlação de Pearson do n° de defeitos devido a incêndios com o n° de incêndios, obtendo-se **0,86**, e do n° de defeitos devido a incêndios com a área ardida, obtendo-se o valor **0,83**. Concluiu-se que há uma correlação muito forte entre estes factores.

A evolução do impacto de cada causa no desempenho das linhas em termos de interrupções permanentes pode ser verificada no seguinte quadro:

Quadro 10

Evolução do Número de Interrupções Permanentes por 100 km de Circuitos - 150 kV

Ano	150 kV							Total
	Descargas Atmosféricas	Poluição	Cegonhas	Incêndios	Outras Redes (ext. RNT)	Outras Causas	Indeterminadas	
1998	2,56	2,65	3,42	0,68	*	0,56	0,73	10,60
1999	1,57	0,75	3,42	0,25	*	0,54	0,63	7,26
2000	1,23	0,04	1,06	0,64	*	1,18	0,17	4,32
2001	1,10	0,04	0,17	0,13	0,08	1,19	0,25	2,96
2002	0,83	0,12	0,25	0,17	0,00	0,45	0,25	2,07
2003	1,11	0,04	0,04	1,44	0,00	1,56	0,12	4,31
2004	0,86	0,09	0,05	0,59	0,82	0,55	0,00	2,96
2005	0,13	0,00	0,00	0,74	0,57	0,53	0,18	2,15
2006	0,86	0,00	0,16	0,25	0,45	0,63	0,00	2,35
2007	0,68	0,00	0,08	0,08	0,19	0,32	0,19	1,54
Média	1,09	0,37	0,87	0,50	0,30	0,75	0,25	4,13
Média (%)	26,45%	9,03%	20,93%	12,03%	7,29%	18,17%	6,10%	100,00%

* - Englobado nas outras causas

Figura 3.10

Conclui-se pela análise da figura 3.10 que as principais causas de interrupções em linhas são ‘descargas atmosféricas’, ‘poluição’, ‘cegonhas’ e ‘incêndios’.

3.1.4. Comportamento em serviço - disponibilidade

Uma outra vertente do desempenho de linhas é abordada no relatório de qualidade de serviço pela REN, a taxa de disponibilidade dos circuitos de linha, sendo apresentada no gráfico da figura 3.10 a sua evolução.

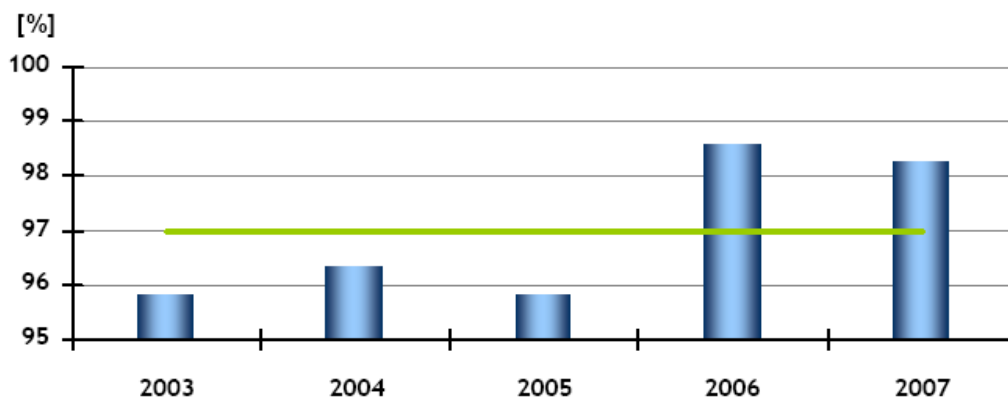


Figura 3.11 Taxa de disponibilidade média global 2003-2007 (fonte [3]).

Existe um conjunto de saídas programadas e planeadas que exige a indisponibilidade de linhas e que a REN não considera estar relacionado com o desempenho da própria linha, nomeadamente trabalhos de *uprating* (obras para aumento da capacidade de transporte da linha), alteração de

traçado, ampliações ou remodelações nas instalações terminais da linha, trabalhos por pedido de terceiros e por motivos de segurança para trabalhos na vizinhança de equipamentos em tensão.

Não contabilizando estas situações para o tempo de indisponibilidade, apura-se um indicador de disponibilidade associado à manutenção, que reflecte mais directamente o desempenho da própria linha (duração das indisponibilidades fortuitas) e do peso da manutenção (duração das indisponibilidades programadas) na sua disponibilidade.

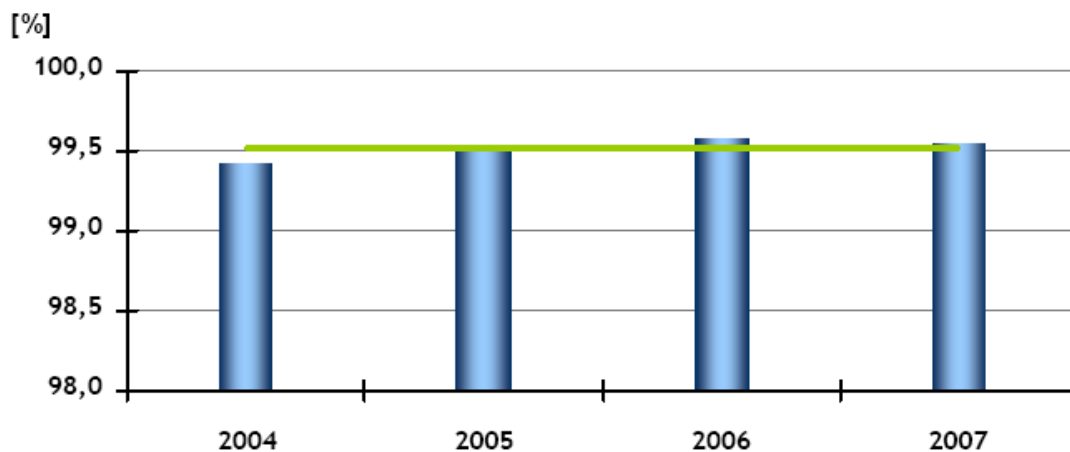


Figura 3.12 Taxa de disponibilidade associada à manutenção 2003-2007 (fonte [3]).

O valor desta forma apurado situa-se acima dos 99,5 % para os últimos 3 anos.

3.1.5. Indicadores gerais de continuidade de serviço

Os indicadores gerais de continuidade de serviço, apurados de acordo com o regulamento de qualidade de serviço, permitem avaliar de uma forma normalizada o desempenho global do sistema. No entanto, nem sempre possuem uma relação directa com o desempenho das linhas, embora venham a ser afectados por este.

Os indicadores gerais de continuidade de serviço são:

- Energia não fornecida – ENF (MWh);
- Tempo de interrupção equivalente – TIE (minutos);
- Frequência média de interrupções longas do sistema – SAIFI;
- Frequência média de interrupções curtas do sistema – MAIFI;
- Duração média das interrupções do sistema – SAIDI (minutos);
- Tempo médio de reposição de serviço do sistema – SARI (minutos).

Foi efectuado o levantamento destes indicadores para o período 2001-2007 (dados recolhidos nos relatórios de qualidade de serviço). Elaborou-se o gráfico de evolução relativa (em % do valor máximo para o período observado) incluindo também um indicador de desempenho de linhas para verificar eventual correlação. O indicador escolhido foi o nº de defeitos por 100 km de circuito.

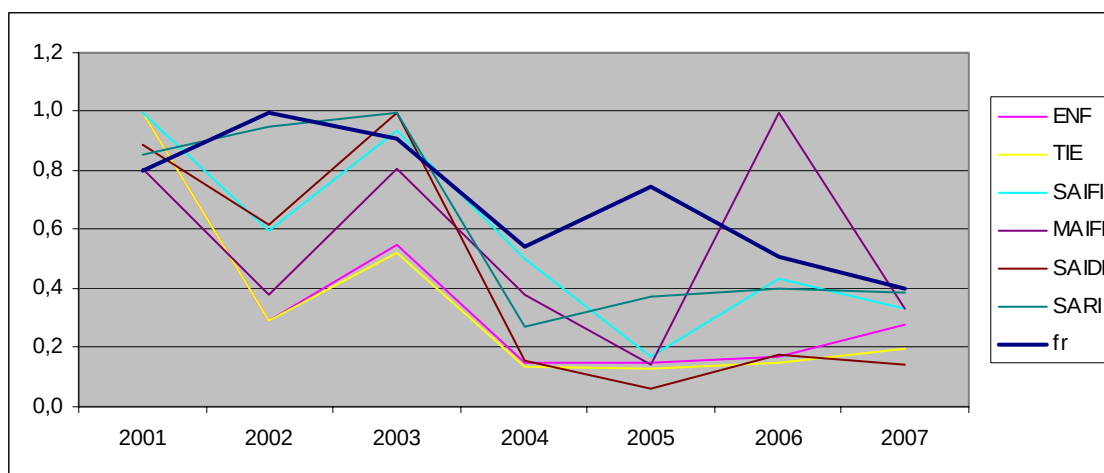


Figura 3.13 Evolução dos indicadores gerais de continuidade de serviço do nº de defeitos por 100 km de circuito da RNT no período 2001 a 2007.

Apesar duma tendência global de melhoria deste indicadores, não foi possível verificar uma correlação forte entre os indicadores gerais de continuidade de serviço e o indicador de desempenho de linhas.

Isto resulta de um só incidente com pouco peso do ponto de vista do desempenho das linhas poder traduzir-se num enorme impacto nos indicadores globais do sistema. Por outro lado, um elevado número de defeitos de características fugitivas, permitem uma reposição quase instantânea da linha em serviço, não pesando por isso nos indicadores globais do sistema.

A título de exemplo, veja-se na figura 3.14 o impacto do incidente de 9 de Maio de 2000 (“apagão” ao sul do país) em alguns indicadores de continuidade de serviço, havendo apenas um defeito com origem em linhas.

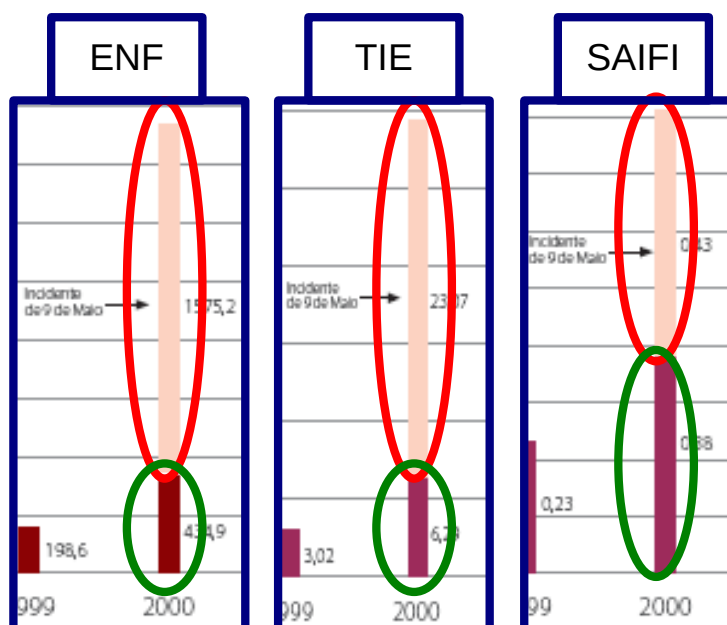


Figura 3.14 Efeito “Incidente 9 de Maio” ocorrido em 2000 (fonte [1]).

3.2. Conclusões

Através da análise dos relatórios de qualidade de serviço conclui-se que os componentes do sistema eléctrico com maior peso para os indicadores de qualidade de serviço da RNT são as linhas MAT.

Para caracterização do desempenho das linhas, é apresentado o indicador de n.º de defeitos com origem nas linhas da RNT por 100 km de circuito e por nível de tensão. Não há, no entanto, dados que permitam avaliar o contributo de cada causa para este indicador. A avaliação de um indicador quilométrico por causa, é apresentada em termos de “interrupções permanentes”, onde apenas são consideradas aquelas com duração igual ou superior a 1 minuto. Conclui-se pela análise efectuada que as principais causas dos incidentes ocorridos em linhas são ‘descargas atmosféricas’, ‘poluição’, ‘cegonhas’ e ‘incêndios’.

As causas cegonhas e incêndios são analisadas com detalhe, o que permitiu estabelecer conclusões sobre os factores externos que condicionam o desempenho das linhas face a estas causas.

Os indicadores gerais de continuidade de serviço, tal como definidos no regulamento da qualidade de serviço, tendo em conta a actual capacidade de reserva da RNT, que deve suportar a saída de serviço de qualquer elemento nas condições mais exigentes de exploração sem interrupção de serviço, poderão não reflectir o desempenho técnico das linhas da RNT. Bons indicadores gerais são possíveis mesmo havendo frequentes interrupções de linhas, assim como poucas interrupções de linhas poderão bastar para comprometer os indicadores gerais da qualidade de serviço.

Capítulo 4.

Análise de Dados

Foi realizada uma caracterização do desempenho das linhas de muito alta tensão da RNT para o período 2001-2007, com base em dados fornecidos pela REN.

Foi também feita pesquisa e tratamento de dados externos que possam ser correlacionados com o desempenho verificado, especialmente no que toca a factores ambientais e atmosféricos.

4.1. Recolha e preparação dos dados para análise

4.1.1. Constituição da base de dados de defeitos com origem nas linhas da RNT

A base desta análise foi um conjunto de tabelas disponibilizadas pela REN contendo os defeitos com origem nas linhas da RNT em cada ano para o período 2001 a 2007. As tabelas foram fornecidas em formato MS Excel. Na figura 4.1 apresenta-se o formato das tabelas analisadas.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Inc	DataOut	HoraOut	Sigla	Def	Nível	Causa	TipoElem	Origem
175	520	25-10-07	5:53:48	L1101/1612	M0	150	Cegonhas	L 150	TRUE
176	522	29-10-07	23:39:04	L1123	M4	150	G7	L 150	TRUE
177	524	01-11-07	11:59:36	L1050/1618	M4	150	G7	L 150	TRUE
178	525	02-11-07	6:25:27	L4007	M0	400	Cegonhas	L 400	TRUE
179	527	02-11-07	10:33:53	L2108	D08	220	G7	L 220	TRUE
180	531	10-11-07	4:01:35	L1067/1611	M0	150	Cegonhas	L 150	TRUE
181	533	10-11-07	21:53:37	L1104	M8	150	Cegonhas	L 150	TRUE
182	534	11-11-07	1:57:31	L1104	M8	150	Cegonhas	L 150	TRUE
183	535	12-11-07	7:16:13	L1106	M0	150	Nevoeiro ou neblina e poluição	L 150	TRUE
184	537	14-11-07	4:19:24	L1104	M4	150	Cegonhas	L 150	TRUE
185	540	17-11-07	5:04:00	L4039	M0	400	Cegonhas	L 400	TRUE
186	542	19-11-07	15:36:51	L1115/1116	M8	150	Descargas atmosféricas	L 150	TRUE
188	547	20-11-07	5:30:30	L2141	D04T	220	Descargas atmosféricas	L 220	TRUE
190	550	21-11-07	5:20:05	L1104	M4	150	Cegonhas	L 150	TRUE
191	553	23-11-07	4:04:12	L4041	M8	400	Cegonhas	L 400	TRUE
192	554	23-11-07	6:29:43	L4041	M0	400	Cegonhas	L 400	TRUE
193	557	25-11-07	23:30:09	L2149/2601	SD	220	F1	L 220	TRUE

Figura 4.1 Tabela de registo de defeitos no período 2001-2007 (fonte: REN).

Apresenta-se na tabela 4.1 a descrição de cada um dos campos disponíveis nas tabelas de registo de defeitos.

Tabela 4.1 Campos das tabelas de registo de defeitos fornecidas pela REN.

Inc	Indicação de nº do incidente associado. Trata-se de um código de identificação REN.
DataOut	Data de ocorrência.
HoraOut	Hora de ocorrência.
Sigla	Identificação do elemento de rede através do seu código.
Def	Tipo de defeito. Permite identificar o tipo de defeito ocorrido: Fase – Terra, Fase – Fase, Trifásico. Identifica também as fases do sistema afectadas, através da terminologia utilizada na REN para identificação de fases do sistema trifásico: “0”, “4” e “8”. Neste campo, surgem também registos com o valor “SD”. A REN informou tratarem-se de situações “sem defeito”, ou seja, o incidente não resulta de um defeito eléctrico, pelo que para análise do desempenho das linhas se excluíram estes registos.
Nível	Nível de tensão.
Causa	Causa do incidente que provocou o defeito.
TipoElem	Tipo de Elemento de Rede. Nas tabelas analisadas só se apresentam elementos do tipo “Linhas MAT”: 150, 220 e 400 kV.
Origem	Informa tratar-se do elemento origem do defeito. Nas tabelas analisadas, só se analisaram os defeitos nos elementos de origem do mesmo (‘Origem’ = “TRUE”). Na sequência do defeito, outros elementos de rede poderão ser afectados pela actuação dos sistemas de protecção com vista à eliminação do defeito ocorrido (‘Origem’ = “FALSE”). Estes casos não serão contabilizados.

A partir dos ficheiros fornecidos pela REN, foram compiladas as várias tabelas numa só tabela que constituiu a base de dados para análise no presente trabalho e que permitiu uma análise integrada para o período 2001 a 2007.

Após eliminação dos registos com o código “SD” acima referidos, resultou uma base de dados com 1890 registos para os defeitos com origem nas linhas da RNT no período 2001 a 2007.

4.1.2. Afectação geográfica

Para complemento dos campos disponíveis para análise, achou-se importante definir para cada registo a zona geográfica de ocorrência. Dado que alguns elementos atravessam zonas extensas, e não haver dados disponíveis para localização do ponto de defeito, adoptou-se uma divisão em zonas abrangentes do ponto de vista geográfico, mas com variação pouco significativa das suas características dentro dessa área:

- A1 FAIXA LITORAL NORTE DO GRANDE PORTO
- A2 TRÁS OS MONTES E EIXO DO DOURO
- A3 GRANDE PORTO
- A4 FAIXA LITORAL ENTRE GRANDE PORTO E GRANDE LISBOA
- A5 BEIRAS INTERIORES
- A6 GRANDE LISBOA E PENINSULA DE SETÚBAL
- A7 ALENTEJO
- A8 ALGARVE

As áreas foram escolhidas de acordo com as adoptadas no ‘Plano de Desenvolvimento e Investimento da RNT’ [5], que propõe uma divisão ditada pela estrutura da RNT, pela ligação e proximidade com as concentrações de consumos ou áreas de produção de energia eléctrica mais importantes.

Cada um dos 1890 registos foi classificado de acordo com a área onde se insere.

4.2. Definição dos indicadores para a caracterização do desempenho das linhas da RNT

4.2.1. Incidentes com origem nas linhas da RNT

Foi definido como um dos objectivos deste trabalho o levantamento dos incidentes nas linhas da RNT. A partir das tabelas fornecidas pela REN, onde estão disponíveis os campos enumerados na tabela 4.2, foi possível determinar o nº de incidentes ocorridos com origem nas linhas da RNT, eliminando os registos em que se repete o mesmo código de incidente. Na figura 4.2 apresentam-se os valores apurados desta forma para o nº de incidentes ocorridos entre 2001 e 2007 com origem nas linhas da RNT.

Ano	Incidentes
2001	223
2002	277
2003	237
2004	187
2005	264
2006	194
2007	163
Total	1545

Figura 4.2 N° de Incidentes com origem nas linhas da RNT no período 2001 a 2007.

Os valores assim obtidos para a quantificação dos incidentes estão de acordo com os valores apresentados pela REN nos relatórios de qualidade de serviço publicados neste período. A única diferença constatada verificou-se nos anos 2006 (-1 incidente) e 2007 (+1 incidente), o que pode ser justificado pela ocorrência na altura de passagem de ano.

Refira-se que um incidente pode dar origem a vários defeitos eléctricos, como é o caso de um incêndio, que pode gerar defeitos em momentos distintos, e o caso de uma descarga atmosférica, que ao atingir uma linha dupla pode gerar dois defeitos simultaneamente [1].

Assim, a entidade “incidente” não pode ser relacionada de forma unívoca com uma linha.

4.2.2. Interrupções forçadas com origem nas linhas da RNT

Os indicadores de comportamento em serviço de linhas, de acordo com metodologia CIGRE [12], baseiam-se na avaliação da frequência de interrupções forçadas e do tempo de indisponibilidade forçada associado á interrupção.

Uma ‘interrupção forçada’ é uma saída de serviço não planeada de um circuito, correspondente à remoção automática ou de emergência de um circuito (abertura de disjuntor).

Em função da duração da interrupção, podem ser “interrupções permanentes”, caso a duração seja superior ou igual a um minuto, ou “interrupções transitórias”, para os restantes casos inferiores a um minuto [12].

Define-se como ‘indisponibilidade’ a incapacidade de um determinado elemento desempenhar a função que lhe é requerida.

Os dados fornecidos pela REN para a elaboração deste trabalho não incluem a informação dos tempos de indisponibilidade associados a cada interrupção verificada nas linhas. Consta apenas a informação de data e hora da saída de serviço forçada.

Assim, a caracterização do desempenho deverá ser mais direccionada para a **frequência** de interrupções forçadas, não permitindo considerações sobre a **duração** das interrupções. Por este motivo, também não será possível distinguir as interrupções forçadas permanentes e as transitórias.

Esta análise poderá dar bases para a estimativa do nº de interrupções que podem ocorrer em determinado período.

As interrupções forçadas contabilizadas para as análises efectuadas, são as que se considera mais relevantes para a caracterização do desempenho das linhas da RNT: as que resultam de defeito eléctrico com origem na própria linha, ou seja, *qualquer anomalia no sistema de potência resultante de uma perda de isolamento que requeira a abertura automática dos disjuntores* [1].

Não foram contabilizadas as seguintes situações:

- A interrupção forçada resulta do facto da linha ser um “elemento afectado” na sequência de um incidente originado noutro elemento (identificada através do campo ‘Origem’ como “FALSE, conforme referido em 4.1.1);
- A abertura é provocada sem haver defeito eléctrico na linha (identificada através do campo ‘Def’ como “SD”, conforme referido em 4.1.1).

Podemos então definir o conjunto de interrupções forçadas assim determinadas na base de dados como **‘Defeitos com origem nas linhas da RNT’**.

4.3. Análises gerais do nº de defeitos com origem nas linhas da RNT

Neste ponto de análises gerais, procura-se definir:

- ⇒ Quais as principais causas de incidentes e do seu peso no desempenho das linhas;
- ⇒ Valores para indicadores quilométricos de defeitos em linhas da RNT, por nível de tensão, e a sua evolução anual verificada no período em análise.

Os defeitos ocorridos no período em análise, que constam na base de dados de análise referida em 4.1.1. distribuem-se ao longo do período de análise, em função do nível de tensão respectivo, de acordo com a tabela 4.3. No gráfico 4.4, está representada a distribuição anual, por nível de tensão, dos **1890** defeitos ocorridos com origem nas linhas da RNT entre 2001 e 2007, dos quais **776** ocorreram na rede de 150 kV, **628** na rede de 220 kV e **486** na rede de 400 kV.

Ano	150 kV	220 kV	400 kV	Total RNT
2001	124	111	35	270
2002	113	132	90	335
2003	175	58	92	325
2004	123	51	49	223
2005	61	172	127	360
2006	87	64	60	211
2007	93	40	33	166
Total	776	628	486	1890

Figura 4.3 Nº de defeitos com origem nas linhas da RNT, por nível de tensão, para o período 2001 a 2007.

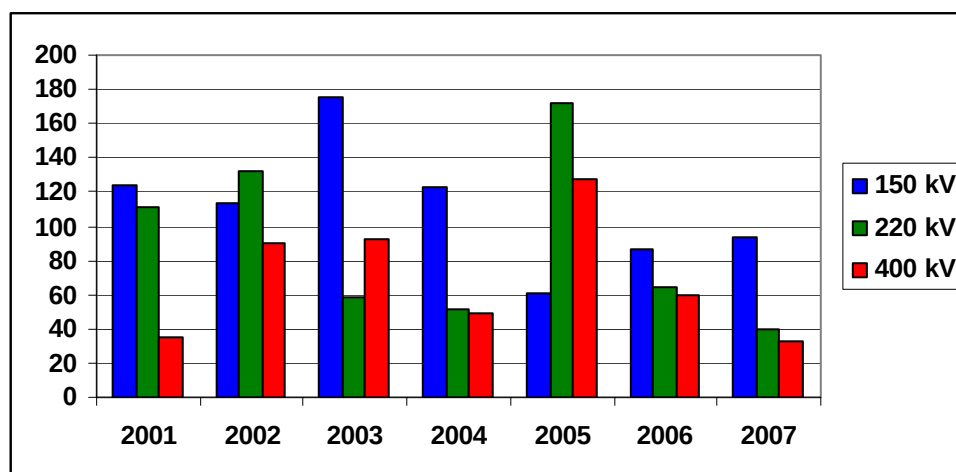


Figura 4.4 Evolução do Nº de defeitos com origem nas linhas da RNT, por nível de tensão, para o período 2001 a 2007.

4.3.1. Principais causas de defeitos com origem nas linhas da RNT

Para justificar uma caracterização do desempenho focada apenas num conjunto de causas mais significativas, determinou-se a partir da base de dados constituída pelas tabelas de defeitos fornecidas pela REN, qual a distribuição do nº de defeitos com origem nas linhas por causa, conforme se apresenta na figura 4.5.

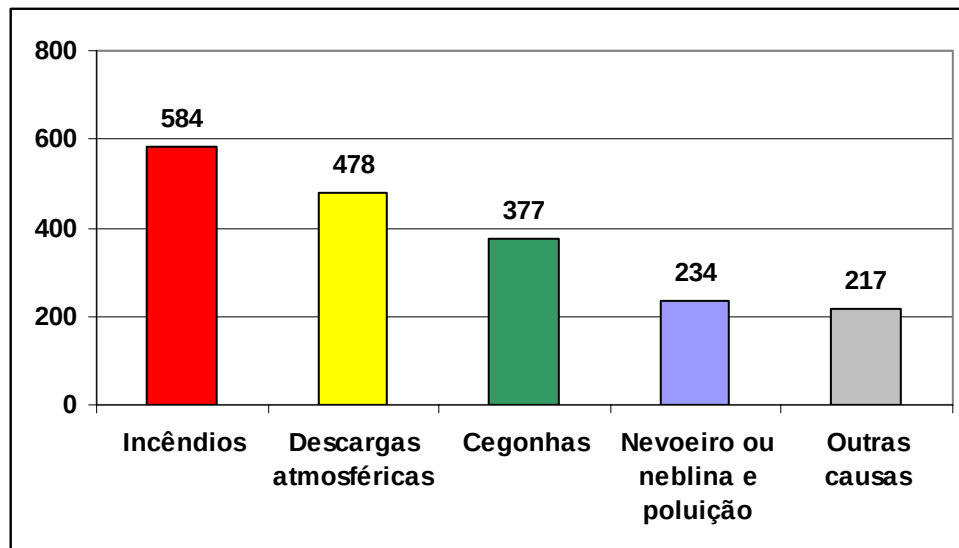


Figura 4.5 Distribuição do nº total acumulado de defeitos verificados no período 2001 a 2007 por causa.

A análise do desempenho e da influência das medidas implementadas será mais direccionada para este conjunto de 4 causas conhecidas, que tal como previsto à partida, com base na análise dos relatórios de qualidade de serviço da REN, são as que têm maior peso no desempenho verificado.

O número de defeitos com origem nas linhas da RNT, agrupado por nível de tensão e por causa, foi determinado a partir da base de dados, apresentando-se o seu valor na tabela 4.2.

Tabela 4.2 Nº de defeitos com origem em linhas da RNT, por nível de tensão agrupados por causa e por ano.

Rede	Causa	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Total
150 kV	Cegonhas	45	34	63	48	19	49	39	297
	Descargas atmosféricas	43	38	55	38	5	26	33	238
	Incêndios	4	8	46	15	25	7	4	109
	Nevoeiro ou neblina e poluição	7	11	4	11	1	0	8	42
	Total - só 4 causas principais	99	91	168	112	50	82	84	686
	Outras causas	25	22	7	11	11	5	9	90
	Total	124	113	175	123	61	87	93	776
220 kV	Cegonhas	4	0	1	3	4	14	3	29
	Descargas atmosféricas	34	58	8	20	6	22	29	177
	Incêndios	60	27	38	12	128	11	0	276
	Nevoeiro ou neblina e poluição	8	43	0	7	17	5	0	80
	Total - só 4 causas principais	106	128	47	42	155	52	32	562
	Outras causas	5	4	11	9	17	12	8	66
	Total	111	132	58	51	172	64	40	628
400 kV	Cegonhas	9	4	6	3	5	10	14	51
	Descargas atmosféricas	7	14	9	13	1	8	11	63
	Incêndios	2	24	48	11	79	34	1	199
	Nevoeiro ou neblina e poluição	12	34	9	14	39	1	3	112
	Total - só 4 causas principais	30	76	72	41	124	53	29	425
	Outras causas	5	14	20	8	3	7	4	61
	Total	35	90	92	49	127	60	33	486
RNT	Cegonhas	58	38	70	54	28	73	56	51
	Descargas atmosféricas	84	110	72	71	12	56	73	63
	Incêndios	66	59	132	38	232	52	5	199
	Nevoeiro ou neblina e poluição	27	88	13	32	57	6	11	112
	Total - só 4 causas principais	235	295	287	195	329	187	145	1673
	Outras causas	35	40	38	28	31	24	21	217
	Total	270	335	325	223	360	211	166	1890

Constata-se que o peso das 4 causas mais frequentes corresponde a cerca de 90% das ocorrências:

- Incêndios;
- Descargas Atmosféricas;
- Cegonhas;
- Nevoeiro ou neblina e poluição.

Determinou-se o peso deste grupo de 4 causas em cada ano do período analisado, verificando-se que não varia significativamente, sendo sempre aproximado de 90%, conforme ilustrado na figura 4.6.

A causa “incêndios” é a mais frequente, em termos acumulados, resultado de anos especialmente severos como 2003 e 2005.

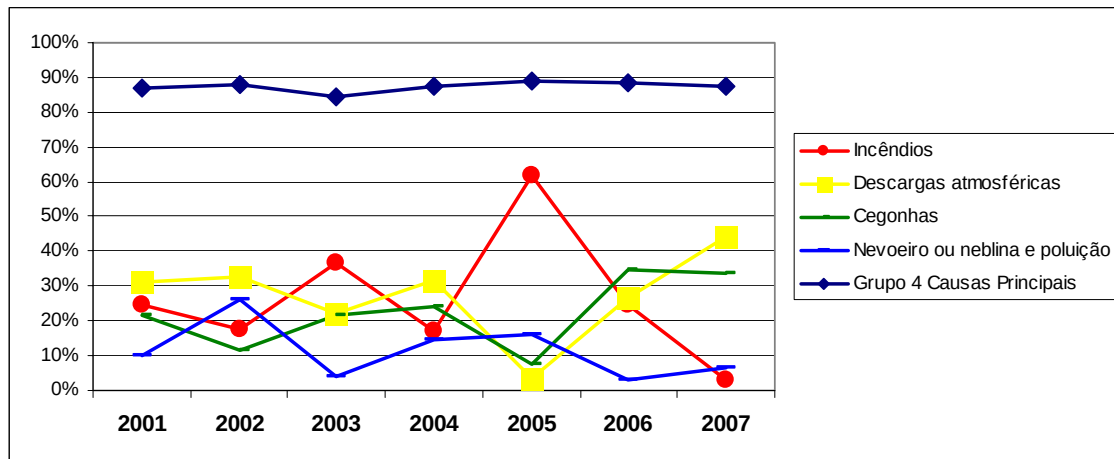


Figura 4.6 Peso anual das principais causas na frequência de defeitos anuais no período de 2001 a 2007.

No Anexo B são apresentadas as tabelas com os defeitos apurados para cada ano do período de 2001 a 2007, por linha, nível de tensão e causa.

4.4. Indicadores quilométricos de defeitos

Um dos objectivos propostos para este trabalho foi o de apurar um ou vários indicadores quilométricos que relacionassem a frequência dos incidentes com a causa da sua ocorrência.

Através da preparação dos dados referidos em 4.1, e do levantamento das linhas da RNT e evolução do comprimento ao longo do período em análise, tornou-se possível apurar estes indicadores.

4.4.1. Indicadores quilométricos por nível de tensão

Os índices de frequência de defeitos em linhas são afectados pelo nível de exposição da linha a agressões ambientais. Quanto maior o comprimento da linha, mais exposta estará, sendo maior a probabilidade resultante de falha.

Para efeitos de análise comparativa e definição de valores de referência, o índice de frequência de defeitos deve ser normalizado de acordo o comprimento da linha. Será utilizado o indicador quilométrico de ‘número de defeitos em linhas por 100 km de linha’. A base temporal deste indicador será anual. Definiu-se então este indicador quilométrico como:

$$IQ_R = \frac{\sum_{i=1}^{n_R} NDef_i}{\sum_{i=1}^{n_R} C_i} \times 100$$

Onde:

IQ_R = indicador quilométrico da rede “R”

$NDef_i$ = N° de defeitos ocorridos na linha i

C_i = Comprimento da linha i em km

n_R = n° de linhas da rede “R”

R = ‘1’ para rede composta pelas linhas de 150 kV; ‘2’ para as 220 kV, ‘4’ para 400 kV e ‘RNT’ para a totalidade das linhas da RNT.

Determinou-se o indicador quilométrico, por nível de tensão, para as redes de 150, 220 e 400 kV, e globalmente para a RNT, considerando todas as linhas que a compõem, apresentando-se os resultados obtidos na tabela 4.3.

Tabela 4.3 Indicadores quilométricos de defeitos em Linhas, por 100 km de linha, globais e por nível de tensão, por ano, para o período de 2001 a 2007.

Rede		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2001-2007*
150 kV	C_1 (km)	2361,1	2420,4	2437,8	2197,6	2282,5	2430,6	2661	2398,7
	n_1	63	67	70	65	67	71	75	68,3
	$NDef_1$	124	113	175	123	61	87	93	110,9
	IQ_1	5,25	4,67	7,18	5,60	2,67	3,58	3,49	4,62
220 kV	C_2 (km)	2599	2716,6	2703,9	2837,8	2874,5	3080,3	3176,9	2855,6
	n_2	73	76	76	82	83	88	90	81,1
	$NDef_2$	111	132	58	51	172	64	40	89,7
	IQ_2	4,27	4,86	2,15	1,80	5,98	2,08	1,26	3,14
400 kV	C_4 (km)	1235,3	1300,6	1402,7	1453,9	1500,4	1506,9	1587,7	1426,8
	n_4	25	27	30	34	36	38	40	32,9
	$NDef_4$	35	90	92	49	127	60	33	69,4
	IQ_4	2,83	6,92	6,56	3,37	8,46	3,98	2,08	4,87
Total RNT	C_{RNT} (km)	6195,4	6437,6	6544,4	6489,3	6657,4	7017,8	7425,6	6681,1
	n_{RNT}	161	170	176	181	186	197	205	182,3
	$NDef_{RNT}$	270	335	325	223	360	211	166	270,0
	IQ_{RNT}	4,36	5,20	4,97	3,44	5,41	3,01	2,24	4,04

*O valor médio apresentado resulta da ponderação do comprimento de circuitos por nível de tensão verificado no final de cada ano do período em análise.

O desempenho geral do sistema sofre variações ao longo dos anos, por motivos de alteração dos padrões climáticos, da capacidade de prevenção e combate a incêndios e das alterações introduzidas nos próprios equipamentos, quer pela ampliação da rede, quer por acções de manutenção e remodelação.

Estas variações podem ser constatadas pelo cálculo do desvio padrão dos valores dos indicadores quilométricos entre 2001 e 2007. Determinou-se o coeficiente de variação “Cv”, para os quatro indicadores, para avaliar a sua dispersão. Os valores calculados apresentam-se na tabela 4.4.

Tabela 4.4 Valores do desvio padrão e coeficiente de variação Cv dos indicadores quilométricos de defeitos em linhas no período de 2001 a 2007.

Indicador	DP (2001 a 2007)	Cv
IQ_1	1,53	33%
IQ_2	1,81	58%
IQ_4	2,41	50%
IQ_{RNT}	1,21	30%

Os valores apurados, situados entre 30 e 58%, reflectem uma elevada dispersão dos valores anuais dos indicadores relativamente ao valor médio.

Por este motivo, a análise baseada em dados médios acumulados para um período o mais alargado possível caracterizará melhor os indicadores de desempenho das linhas.

Analisando os valores globais apurados para os indicadores quilométricos do período 2001 a 2007, verifica-se o valor mais elevado para a rede de 400 kV (4,87 defeitos /100 km linha), com o valor para os 150 kV ligeiramente abaixo (4,62), sendo o melhor índice verificado na rede de 220 kV: apenas 3,14 defeitos por 100 km de circuito. O valor global para a RNT é de 4,04 defeitos com origem nas linhas por 100 km de linha, por ano.

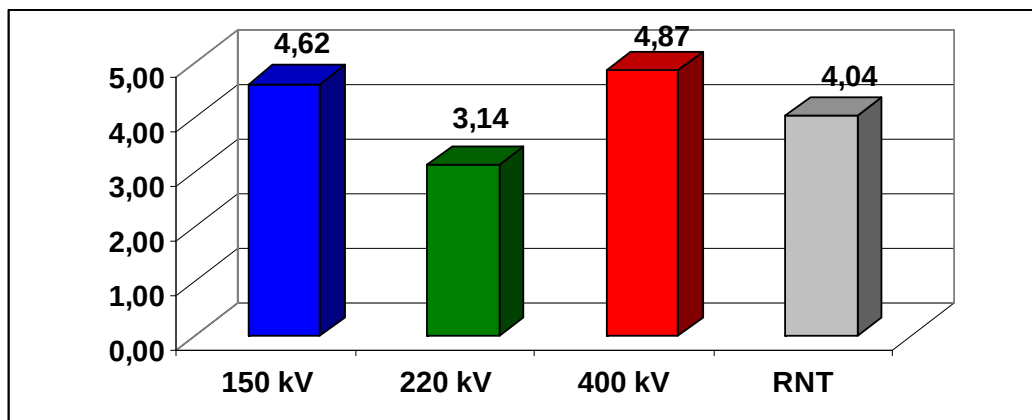


Figura 4.7 Indicadores quilométricos de defeitos com origem em linhas da RNT – média anual ponderada para o período de 2001 a 2007.

A evolução anual dos valores determinados pode ser observada no gráfico da figura 4.8, onde se constata a tendência de melhoria deste indicador, não ultrapassando os 3 defeitos por 100 km de circuito nos últimos 2 anos.

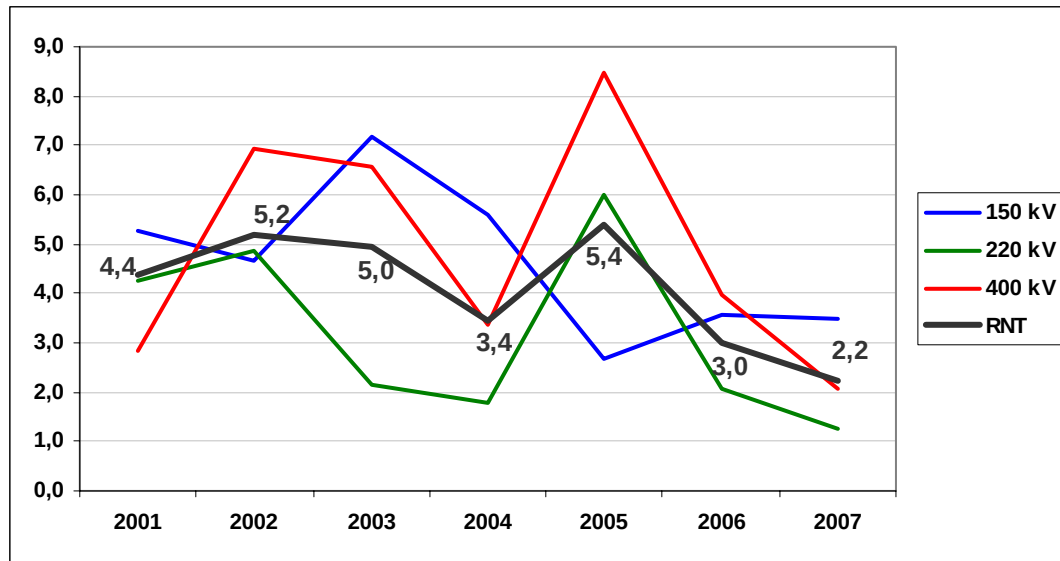


Figura 4.8 Análise da evolução do nº anual de defeitos em Linhas, por 100 km de circuito.

A ocorrência de um ano excepcional em termos de factores ambientais de agressão às linhas, tal como o caso de incêndios em 2005 já referido, poderá reflectir-se imediatamente neste indicador, dado o seu actual valor baixo o tornar mais sensível a episódios pontuais que resultem em vários defeitos.

4.4.2. Indicadores quilométricos por causa

Com base nas quatro principais causas de defeitos com origem nas linhas, referidas em 4.3.1, determinaram-se os indicadores quilométricos relativos a cada uma delas e a sua variação ao longo do período em análise (2001 a 2007), para cada nível de tensão e globalmente para a RNT.

O indicador calcula para cada causa pode ser equacionado de acordo com a seguinte expressão:

$$IQ_R^C = \frac{\sum_{i=1}^{n_R} NDef_i^C}{\sum_{i=1}^{n_R} C_i} \times 100$$

Onde,

IQ_R^C = indicador quilométrico da rede “R” para a causa “C”;
 $NDef_i^C$ = Nº de defeitos ocorridos na linha i devidos à causa “C”.

De seguida, apresentam-se os valores determinados e a sua análise por causa.

4.4.2.1. Cegonhas

Os defeitos provocados por cegonhas têm especial incidência na rede de 150 kV.

Verifica-se nos últimos anos um crescimento da sua expressão nas redes de 220 e 400 kV, motivado pelo alargamento da zona geográfica de nidificação da cegonha branca e pelo alargamento destas redes em zonas onde já existia a presença desta ave [1].

Apesar se verificar um crescimento anual significativo no número de ninhos de cegonhas, o indicador de defeitos face a esta causa não sofreu agravamento, o que se pode justificar pelo conjunto de medidas adoptadas pela REN para minimizar o impacto das cegonhas no desempenho das linhas. Estas medidas serão analisadas com maior detalhe no capítulo 5.

Os indicadores determinados para a causa ‘Cegonhas’ apresentam-se na tabela 4.5.

Tabela 4.5 Indicadores quilométricos de defeitos em linhas da RNT, por causa ‘cegonhas’, por 100km de linha, para o período 2001 a 2007.

Rede		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2001-2007*
150 kV	C ₁ (km)	2361,1	2420,4	2437,8	2197,6	2282,5	2430,6	2661	2398,7
	n ₁	63	67	70	65	67	71	75	68,3
	NDef ₁ (cegonhas)	45	34	63	48	19	49	39	42,4
	IQ₁ (cegonhas)	1,91	1,40	2,58	2,18	0,83	2,02	1,47	1,77
220 kV	C ₂ (km)	2599	2716,6	2703,9	2837,8	2874,5	3080,3	3176,9	2855,6
	n ₂	73	76	76	82	83	88	90	81,1
	NDef ₂ (cegonhas)	4	0	1	3	4	14	3	4,1
	IQ₂ (cegonhas)	0,15	0,00	0,04	0,11	0,14	0,45	0,09	0,15
400 kV	C ₄ (km)	1235,3	1300,6	1402,7	1453,9	1500,4	1506,9	1587,7	1426,8
	n ₄	25	27	30	34	36	38	40	32,9
	NDef ₄ (cegonhas)	9	4	6	3	5	10	14	7,3
	IQ₄ (cegonhas)	0,73	0,31	0,43	0,21	0,33	0,66	0,88	0,51
Total RNT	C _{RNT} (km)	6195,4	6437,6	6544,4	6489,3	6657,4	7017,8	7425,6	6681,1
	n _{RNT}	161	170	176	181	186	197	205	182,3
	NDef _{RNT}	58	38	70	54	28	73	56	53,9
	IQ_{RNT} (cegonhas)	0,94	0,59	1,07	0,83	0,42	1,04	0,75	0,81

Os resultados obtidos são apresentados graficamente na figura 4.9. de modo a facilitar a análise da evolução dos indicadores apurados.

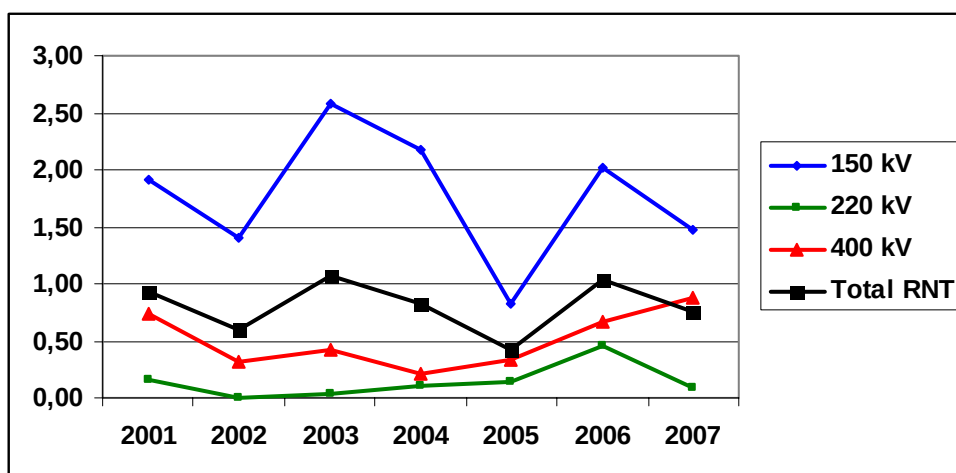


Figura 4.9 Evolução do indicador quilométrico de defeitos com origem nas linhas, com causa 'cegonhas' no período 2001 a 2007.

Colocou-se a hipótese dos valores observados para o nível de 150 kV serem demasiado elevados para se tomarem como referência para definição de um valor esperado por 100 km. Analisou-se as tabelas de defeitos por linha, tendo-se concluído que apenas 5 linhas de 150 kV, de um total de 63 a 75 em serviço, e de um total de 35 com defeitos devido a cegonhas no período de 2001 a 2007, correspondem a 59% dos defeitos contabilizados nesse período (221). Verificou-se que uma dessas linhas foi já desclassificada, e que as restantes 4 correspondem apenas a 2 faixas bem definidas, pelo que podem ser analisadas como um caso particular. Propõe-se então a revisão dos indicadores quilométricos para causa cegonhas excluindo este conjunto de linhas, para efeitos de determinação de valores médios esperados, desde que se tenha em conta a referida exclusão. Os valores revistos IQ'_1 e IQ'_{RNT} são apresentados na tabela 4.6.

Tabela 4.6 Indicadores quilométricos de defeitos corrigidos, em linhas da RNT, por causa 'cegonhas', por 100km de linha, para o período 2001 a 2007 após correcção no nível 150 kV.

indicador	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2001-2007
IQ'_1 (cegonhas)	1,27	0,25	0,74	0,68	0,70	1,65	1,16	0,93
IQ'_{RNT} (cegonhas)	0,69	0,16	0,38	0,32	0,38	0,91	0,65	0,50

4.4.2.2. Descargas atmosféricas

O nº de defeitos provocado por descargas atmosféricas apresenta uma ligeira tendência de descida no período analisado.

As melhorias de desempenho podem ser obtidas através de medidas específicas em linhas com acentuada frequência de defeitos, através da instalação de descarregadores de sobretensões na linha, alteração do cabo de guarda e melhoria de resistência de terra dos apoios.

Tabela 4.7 Indicadores quilométricos de defeitos em linhas da RNT, por causa ‘descargas atmosféricas’, (por 100km de linha), para o período 2001 a 2007.

Rede		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2001-2007
150 kV	C ₁ (km)	2361,1	2420,4	2437,8	2197,6	2282,5	2430,6	2661	2398,7
	n ₁	63	67	70	65	67	71	75	68,3
	NDef ₁ (descargas)	43	38	55	38	5	26	33	34,0
	IQ ₁ (descargas)	1,82	1,57	2,26	1,73	0,22	1,07	1,24	1,42
220 kV	C ₂ (km)	2599	2716,6	2703,9	2837,8	2874,5	3080,3	3176,9	2855,6
	n ₂	73	76	76	82	83	88	90	81,1
	NDef ₂ (descargas)	34	58	8	20	6	22	29	25,3
	IQ ₂ (descargas)	1,31	2,14	0,30	0,70	0,21	0,71	0,91	0,89
400 kV	C ₄ (km)	1235,3	1300,6	1402,7	1453,9	1500,4	1506,9	1587,7	1426,8
	n ₄	25	27	30	34	36	38	40	32,9
	NDef ₄ (descargas)	7	14	9	13	1	8	11	9,0
	IQ ₄ (descargas)	0,57	1,08	0,64	0,89	0,07	0,53	0,69	0,63
Total RNT	C _{RNT} (km)	6195,4	6437,6	6544,4	6489,3	6657,4	7017,8	7425,6	6681,1
	n _{RNT}	161	170	176	181	186	197	205	182,3
	NDef _{RNT} (descargas)	84	110	72	71	12	56	73	68,3
	IQ _{RNT} (descargas)	1,36	1,71	1,10	1,09	0,18	0,80	0,98	1,02

Os resultados obtidos são apresentados graficamente na figura 4.10 de modo a facilitar a análise da evolução dos indicadores apurados.

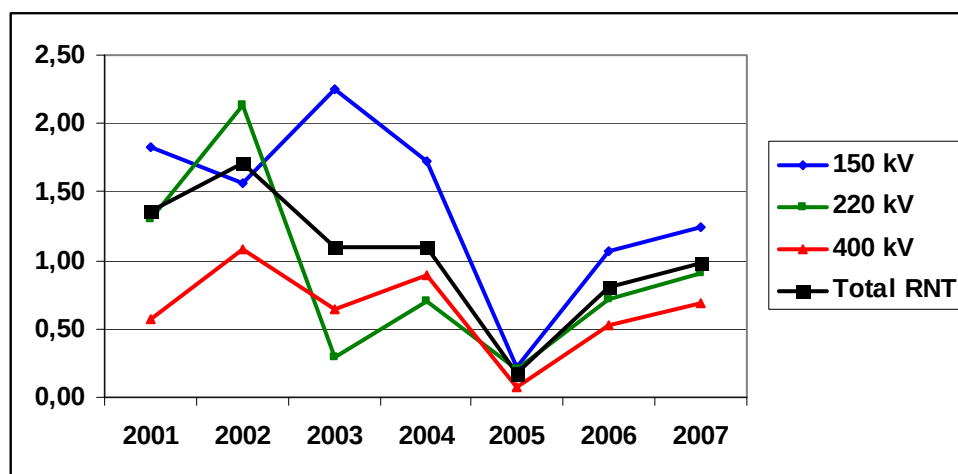


Figura 4.10 Evolução do indicador quilométrico de defeitos com origem nas linhas, com causa ‘descargas atmosféricas’ no período 2001 a 2007.

4.4.2.3. Incêndios

O desempenho das linhas face a esta causa tem uma relação directa com o desempenho do país no que toca a incêndios florestais.

Inicialmente com mais expressão na rede de 220 kV, tornou-se nos últimos anos mais expressiva nos 400 kV, especialmente quando analisado o nº de defeitos por 100 km de circuito.

Tabela 4.8 Indicadores quilométricos de defeitos em linhas da RNT, por causa ‘incêndios’, por 100km de linha, para o período 2001 a 2007.

	Rede	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2001-2007
150 kV	C ₁ (km)	2361,1	2420,4	2437,8	2197,6	2282,5	2430,6	2661	2398,7
	n ₁	63	67	70	65	67	71	75	68,3
	NDef ₁ (incêndios)	4	8	46	15	25	7	4	15,6
	IQ ₁ (incêndios)	0,17	0,33	1,89	0,68	1,10	0,29	0,15	0,65
220 kV	C ₂ (km)	2599	2716,6	2703,9	2837,8	2874,5	3080,3	3176,9	2855,6
	n ₂	73	76	76	82	83	88	90	81,1
	NDef ₂ (incêndios)	60	27	38	12	128	11	0	39,4
	IQ ₂ (incêndios)	2,31	0,99	1,41	0,42	4,45	0,36	0,00	1,38
400 kV	C ₄ (km)	1235,3	1300,6	1402,7	1453,9	1500,4	1506,9	1587,7	1426,8
	n ₄	25	27	30	34	36	38	40	32,9
	NDef ₄ (incêndios)	2	24	48	11	79	34	1	28,4
	IQ ₄ (incêndios)	0,16	1,85	3,42	0,76	5,27	2,26	0,06	1,99
Total RNT	C _{RNT} (km)	6195,4	6437,6	6544,4	6489,3	6657,4	7017,8	7425,6	6681,1
	n _{RNT}	161	170	176	181	186	197	205	182,3
	NDef _{RNT} (incêndios)	66	59	132	38	232	52	5	83,4
	IQ _{RNT} (incêndios)	1,07	0,92	2,02	0,59	3,48	0,74	0,07	1,25

Os resultados obtidos são apresentados graficamente na figura 4.11. de modo a facilitar a análise da evolução dos indicadores apurados.

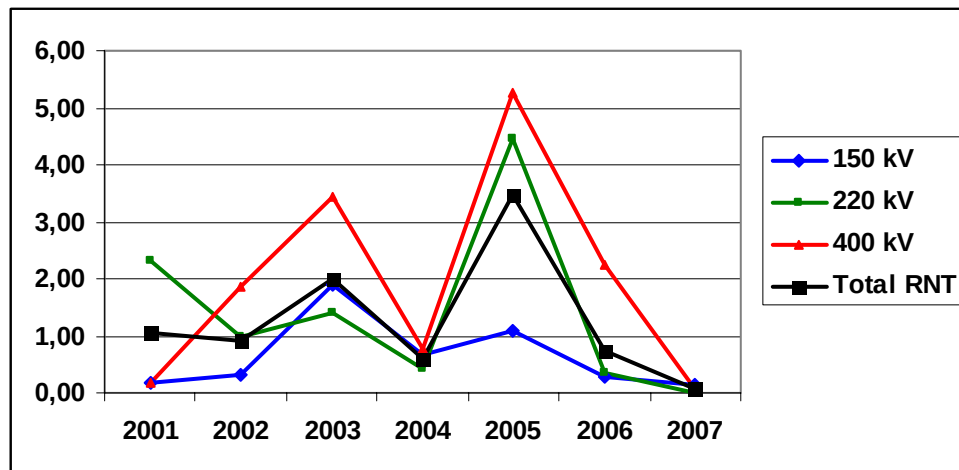


Figura 4.11 Evolução do indicador quilométrico de defeitos com origem nas linhas, com causa 'incêndios' no período 2001 a 2007.

Podemos considerar o ano de 2005 como um ano anormal, com um indicador quilométrico global nesse ano que equivale ao valor médio (1,25) somado de 2 vezes o desvio padrão no período 2001 a 2007 ($\sigma = 1,1$).

Por este motivo propõe-se que seja utilizado um valor quilométrico corrigido, calculado com base na exclusão do ano de 2005, para efeitos de previsão do valor esperado de defeitos devidos a incêndios por 100 km de linha.

Tabela 4.9 Indicadores quilométricos de defeitos em linhas da RNT, por causa 'incêndios', por 100km de linha, para o período 2001 a 2007, excluindo o ano de 2005.

indicador	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2001-2007*
IQ'_1 (incêndios)	0,17	0,33	1,89	0,68	-	0,29	0,15	0,58
IQ'_2 (incêndios)	2,31	0,99	1,41	0,42	-	0,36	0,00	0,86
IQ'_4 (incêndios)	0,16	1,85	3,42	0,76	-	2,26	0,06	1,41
IQ'_{RNT} (incêndios)	1,07	0,92	2,02	0,59	-	0,74	0,07	0,88

Verifica-se alguma redução na dispersão de valores anuais determinados após a correcção, tal como se pode observar na figura 4.12.

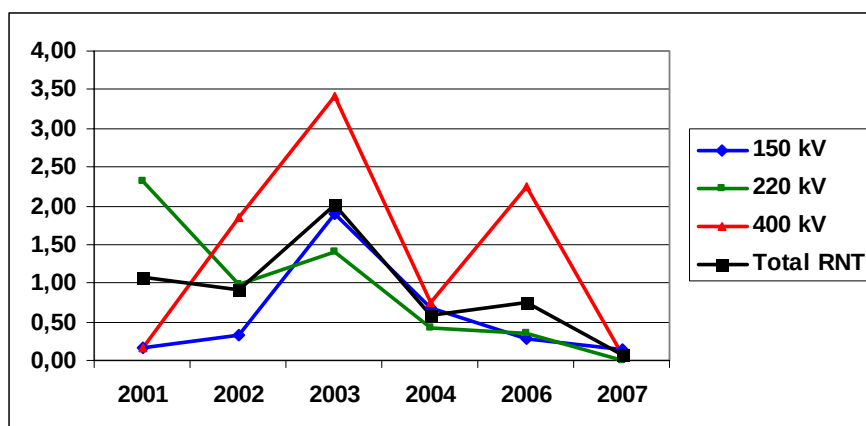


Figura 4.12 Evolução do indicador quilométrico de defeitos com origem nas linhas, com causa ‘incêndios’ no período 2001 a 2007, excepto 2005.

4.4.2.4. Nevoeiro ou neblina e poluição

Esta causa apresenta especial incidência na rede de 400 kV. Verifica-se uma descida acentuada nos dois últimos anos o que revela a eficácia das medidas de controlo implementadas, ou seja, lavagem de isoladores e substituição de isoladores de vidro e porcelana por isoladores compósitos. Estas alterações serão analisadas com maior detalhe no capítulo 5.

Tabela 4.10 Indicadores quilométricos de defeitos em linhas da RNT, por causa ‘Nevoeiro ou neblina e poluição’, por 100km de linha, para o período 2001 a 2007

Rede		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2001-2007*
150 kV	C ₁ (km)	2361,1	2420,4	2437,8	2197,6	2282,5	2430,6	2661	2398,7
	n ₁	63	67	70	65	67	71	75	68,3
	NDef ₁ (poluição)	7	11	4	11	1	0	8	6,0
	IQ ₁ (poluição)	0,30	0,45	0,16	0,50	0,04	0,00	0,30	0,25
220 kV	C ₂ (km)	2599	2716,6	2703,9	2837,8	2874,5	3080,3	3176,9	2855,6
	n ₂	73	76	76	82	83	88	90	81,1
	NDef ₂ (poluição)	8	43	0	7	17	5	0	11,4
	IQ ₂ (poluição)	0,31	1,58	0,00	0,25	0,59	0,16	0,00	0,40
400 kV	C ₄ (km)	1235,3	1300,6	1402,7	1453,9	1500,4	1506,9	1587,7	1426,8
	n ₄	25	27	30	34	36	38	40	32,9
	NDef ₄ (poluição)	12	34	9	14	39	1	3	16,0
	IQ ₄ (poluição)	0,97	2,61	0,64	0,96	2,60	0,07	0,19	1,12
Total RNT	C _{RNT} (km)	6195,4	6437,6	6544,4	6489,3	6657,4	7017,8	7425,6	6681,1
	n _{RNT}	161	170	176	181	186	197	205	182,3
	NDef _{RNT} (poluição)	27	88	13	32	57	6	11	33,4
	IQ _{RNT} (poluição)	0,44	1,37	0,20	0,49	0,86	0,09	0,15	0,50

Os resultados obtidos são apresentados graficamente na figura 4.13. de modo a facilitar a análise da evolução dos indicadores apurados.

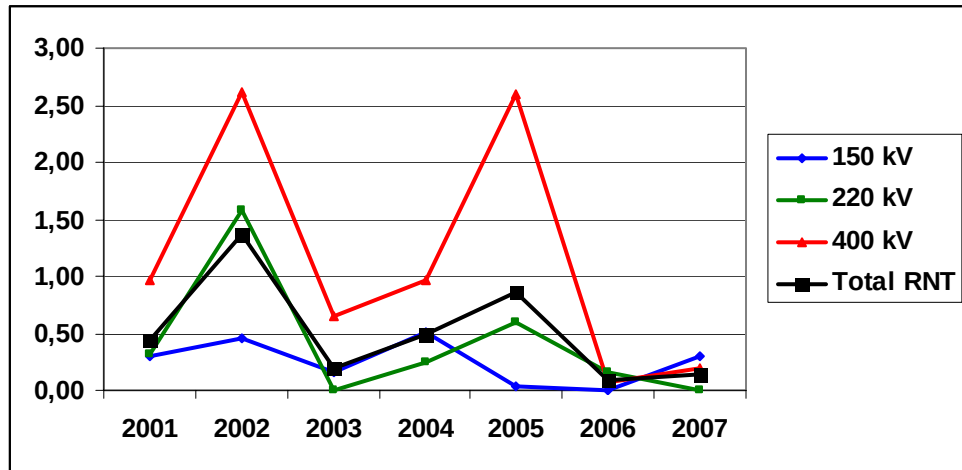


Figura 4.13 Evolução do indicador quilométrico de defeitos com origem nas linhas, com causa 'nevoeiro ou neblina e poluição' no período 2001 a 2007.

4.4.3. Análise dos indicadores quilométricos determinados

Foram determinados os indicadores quilométricos de defeitos por nível de tensão, para o período de 2001 a 2007, que se podem considerar uma base para a determinação do valor esperado anual para o nº de interrupções provocadas por defeitos com origem nas linhas, por cada 100 km de comprimento de linha.

Foi verificada a contribuição de cada uma das 4 principais causas de defeitos nas linhas para o indicador quilométrico, por cada nível de tensão. Essa contribuição pode ser observada no gráfico da figura 4.13.

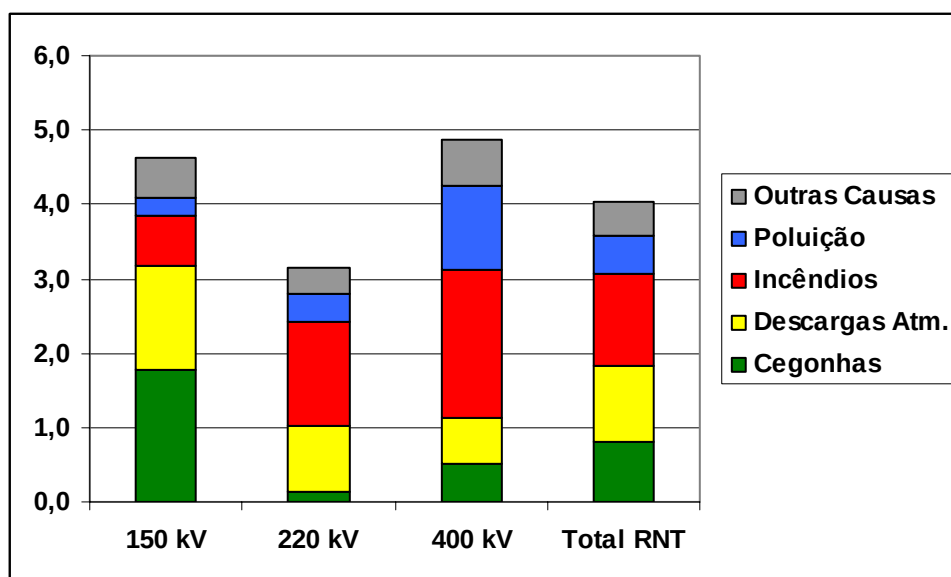


Figura 4.14 Indicadores quilométricos de defeitos com origem nas linhas da RNT e sua decomposição por causas – média anual ponderada para o período de 2001 a 2007.

Os indicadores médios calculados poderão ser utilizados como referência do valor de desempenho admissível para uma linha de acordo com o seu nível de tensão, face a determinada causa.

4.5. Análise do desempenho sazonal e horário

Os defeitos ocorridos no período em análise, que constam na base de dados de análise referida em 4.1 têm uma distribuição cronológica ao longo do período de análise (2001 a 2007), em função da hora de ocorrência e do nível de tensão respectivo, de acordo com o gráfico da figura 4.15. Neste gráfico estão representados todos os **1890** defeitos ocorridos com origem nas linhas da RNT nesse período. O gráfico permite analisar genericamente os períodos em que ocorreram mais defeitos, observando as regiões com maior concentração de pontos.

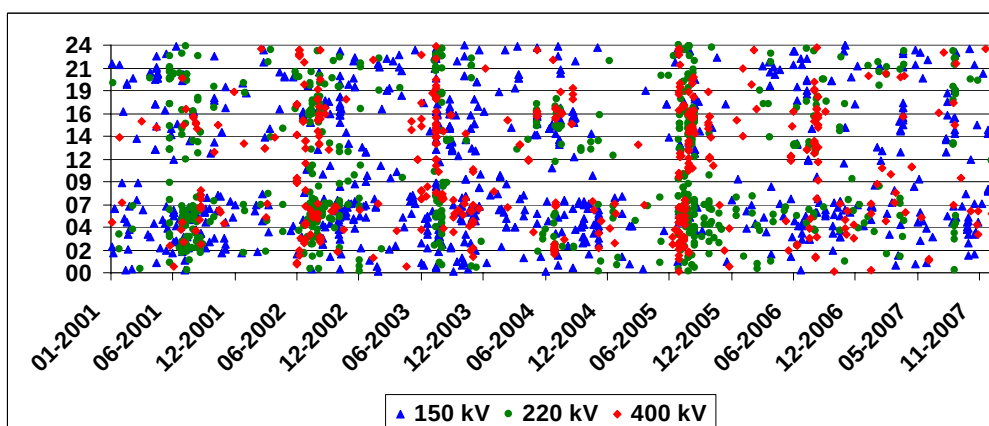


Figura 4.15 Defeitos com origem nas linhas da RNT ocorridos no período 2001-2007.

Foi verificada a sazonalidade da ocorrência de defeitos em linhas, especialmente motivados por certas causas específicas.

A distribuição mensal geral dos defeitos ocorridos em linhas no período 2001-2007, para as 4 principais causas em análise pode ser vista no gráfico da figura 4.8.

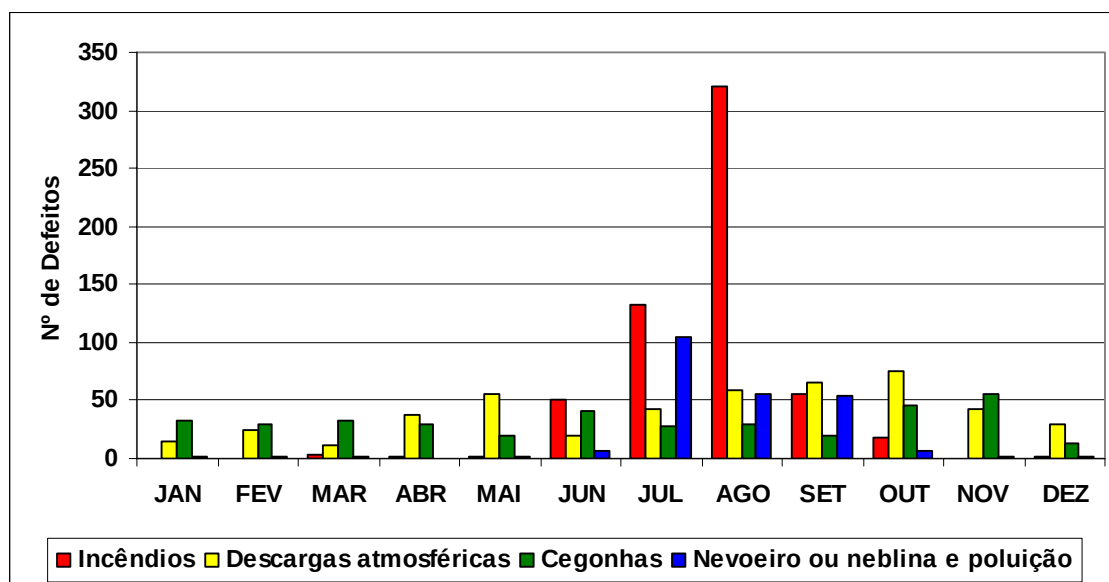


Figura 4.16 Distribuição mensal da ocorrência de defeitos – valores mensais acumulados para o período 2001 a 2007.

Para as causa ‘Incêndios’ e ‘Nevoeiro ou Neblina e Poluição’, verifica-se uma maior incidência nos meses de Verão. A causa ‘Descargas Atmosféricas’ manifesta-se no desempenho das linhas mais significativamente nos meses de Maio e Agosto a Outubro, embora com uma menor variância relativamente aos valores médios mensais.

A sazonalidade das causas pode ser observada com maior detalhe nos gráficos que se apresentam de seguida para cada uma das quatro causas principais.

4.5.1.1. Incêndios

Verifica-se no gráfico da figura 4.9 a forte concentração dos defeitos em linhas provocados por incêndios nos meses de Verão. Existe uma forte dependência com a ocorrência de grandes incêndios florestais no país, como já se verificou na análise dos relatórios de qualidade de serviço. Se dividirmos o ano em 2 períodos sazonais, Junho a Outubro para o período “Verão” e Novembro a Maio para “Inverno”, temos mais de **98%** das ocorrências no período “Verão”.

A frequência de ocorrência não varia significativamente com a hora do dia, embora seja de esperar que o período diurno, tenha uma maior probabilidade de ocorrência.

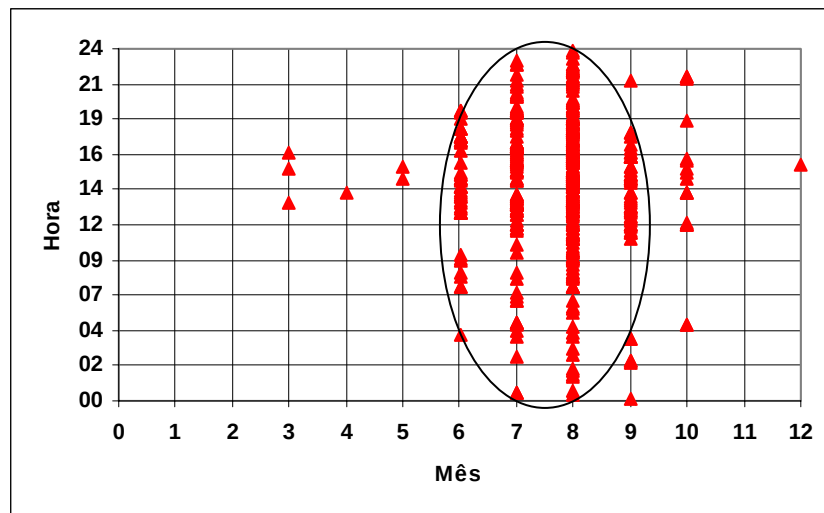


Figura 4.17 Defeitos provocados por incêndios – distribuição mensal acumulada para o período 2001 a 2007.

O gráfico 4.10 permite verificar, ao longo do período em análise, quais os períodos de maior concentração da ocorrência de defeitos devidos a incêndios em linhas da RNT.

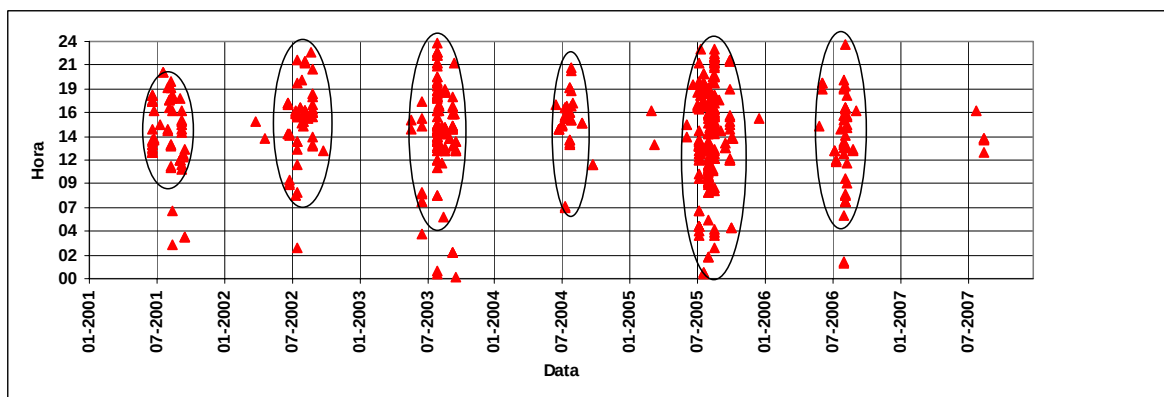


Figura 4.18 Ocorrência de defeitos devidos a ‘incêndios’ ao longo do período de análise 2001-2007.

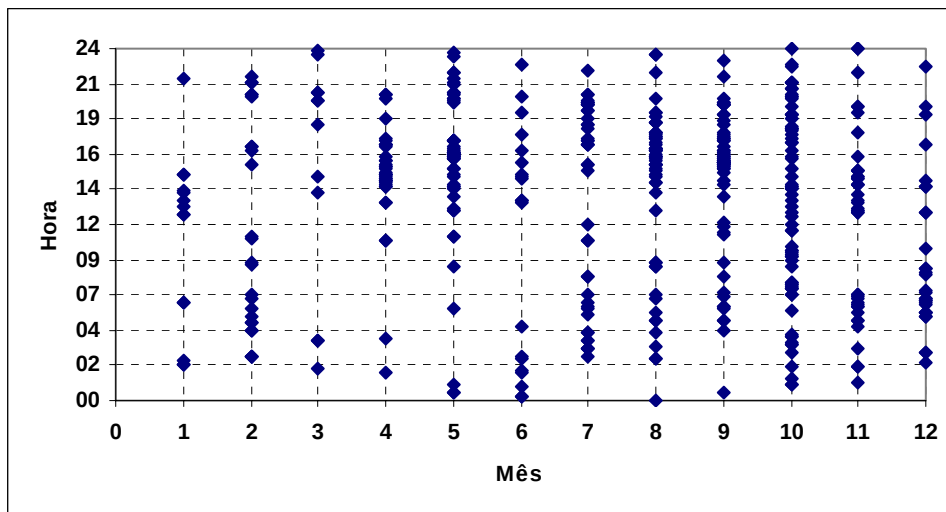
Dado o forte efeito sazonal referido, justifica-se a determinação dos indicadores quilométricos de defeitos devido a incêndios para cada um dos períodos referidos. Os resultados desse cálculo apresentam-se na tabela 4.11.

Tabela 4.11 Indicadores quilométricos de defeitos determinados para os dois períodos que reflectem o efeito sazonal da causa incêndios.

Período	Indicador	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2001-2007
"VERÃO" (Jun-Out)	IQ ₁ (incêndios)	0,17	0,33	1,89	0,68	1,10	0,29	0,15	0,65
	IQ ₂ (incêndios)	2,31	0,96	1,41	0,42	4,42	0,36	0,00	1,37
	IQ ₄ (incêndios)	0,16	1,77	3,28	0,76	5,13	2,26	0,06	1,94
	IQ _{RNT} (incêndios)	1,07	0,89	1,99	0,59	3,44	0,74	0,07	1,23
"INVERNO" (Nov-Mai)	IQ ₁ (incêndios)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	IQ ₂ (incêndios)	0,00	0,04	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,04
	IQ ₄ (incêndios)	0,00	0,08	0,14	0,00	0,13	0,00	0,00	0,05
	IQ _{RNT} (incêndios)	0,00	0,03	0,03	0,00	0,05	0,00	0,00	0,01

4.5.1.2. Descargas atmosféricas

Apesar do constatado na figura 4.19, onde se verifica um maior número de defeitos nos meses de Maio e Agosto a Outubro, pela análise da distribuição mensal e horária, não se verifica uma sazonalidade significativa para defeitos motivados por descargas atmosféricas.

**Figura 4.19** Defeitos provocados por descargas atmosféricas – distribuição mensal acumulada para o período 2001 a 2007.

4.5.1.3. Cegonhas

Não se verifica relativamente à causa ‘cegonhas’ o efeito da sazonalidade. No entanto verifica-se que existe uma faixa horária com reduzida frequência de ocorrência de defeitos, conforme assinalada nos gráficos das figuras 4.20 e 4.21.

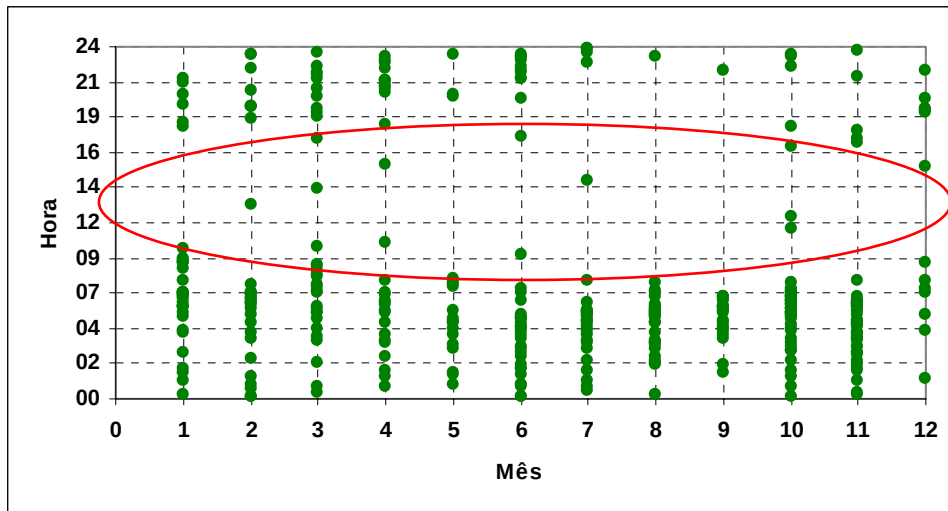


Figura 4.20 Defeitos provocados por cegonhas – distribuição mensal acumulada para o período 2001 a 2007.

O factor horário, condiciona significativamente a probabilidade de ocorrência deste tipo de defeitos: mais de **88 %** dos defeitos ocorrem **entre as 21h e as 8h59**.

O gráfico 4.22 permite verificar, ao longo do período em análise, quais os períodos de maior concentração da ocorrência de defeitos devidos a incêndios em linhas da RNT.

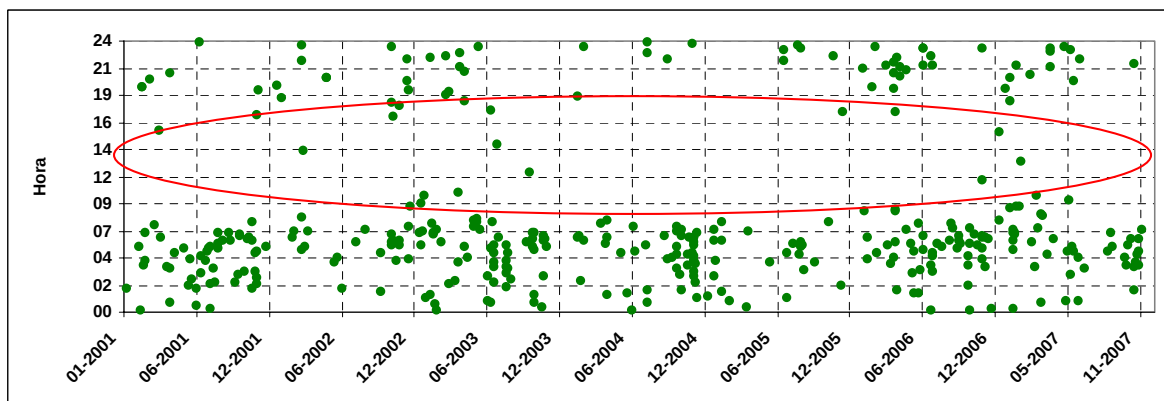


Figura 4.21 Ocorrência de defeitos devidos a 'cegonhas' ao longo do período de análise 2001-2007.

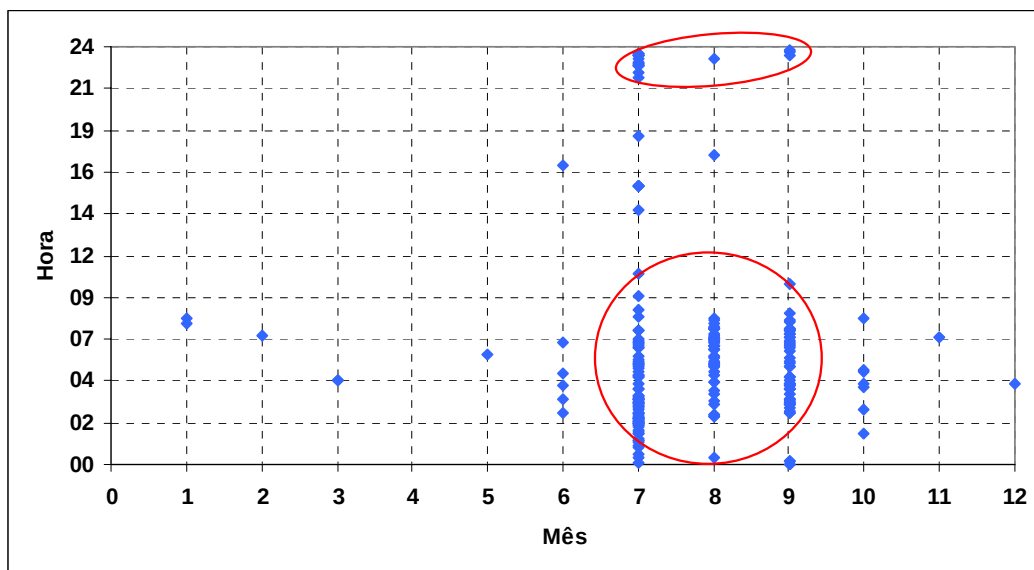
Dado o forte efeito horário referido, justifica-se a determinação dos indicadores quilométricos de defeitos devido a cegonhas para dois períodos horários distintos. Os resultados desse cálculo apresentam-se na tabela 4.12.

Tabela 4.12 Indicadores quilométricos de defeitos determinados para os dois períodos que reflectem o efeito horário da causa cegonhas.

Período	Indicador	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2001-2007
"noite" (21h-8h59)	IQ ₁ (cegonhas)	1,69	0,99	2,22	2,14	0,79	1,85	1,32	1,57
	IQ ₂ (cegonhas)	0,15	0,00	0,04	0,11	0,14	0,36	0,03	0,12
	IQ ₄ (cegonhas)	0,65	0,23	0,43	0,21	0,33	0,60	0,69	0,45
	IQ _{RNT} (cegonhas)	0,84	0,42	0,93	0,82	0,41	0,93	0,63	0,71
"dia" (9h-20h59)	IQ ₁ (cegonhas)	0,21	0,41	0,37	0,05	0,04	0,16	0,15	0,20
	IQ ₂ (cegonhas)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,06	0,03
	IQ ₄ (cegonhas)	0,08	0,08	0,00	0,00	0,00	0,07	0,19	0,06
	IQ _{RNT} (cegonhas)	0,10	0,17	0,14	0,02	0,02	0,11	0,12	0,10

4.5.1.4. Nevoeiro ou neblina e poluição

À semelhança da causa ‘incêndios’, também aqui se verifica um forte efeito da sazonalidade, havendo a ocorrência da maioria dos defeitos durante os meses de Verão. Se dividirmos o ano em 2 períodos sazonais, Junho a Outubro para o período “Verão” e Novembro a Maio para “Inverno”, temos mais de **96%** das ocorrências no período “Verão”.

**Figura 4.22** Defeitos provocados por ‘nevoeiro ou neblina e poluição’ – distribuição mensal acumulada para o período 2001 a 2007.

Existe ainda o factor horário, que condiciona significativamente a probabilidade de ocorrência deste tipo de defeitos: mais de **95%** dos defeitos ocorrem **entre as 22h e as 8h**.

O gráfico da figura 4.22 permite verificar, ao longo do período em análise, quais os períodos de maior concentração da ocorrência de defeitos devidos a poluição em linhas da RNT.

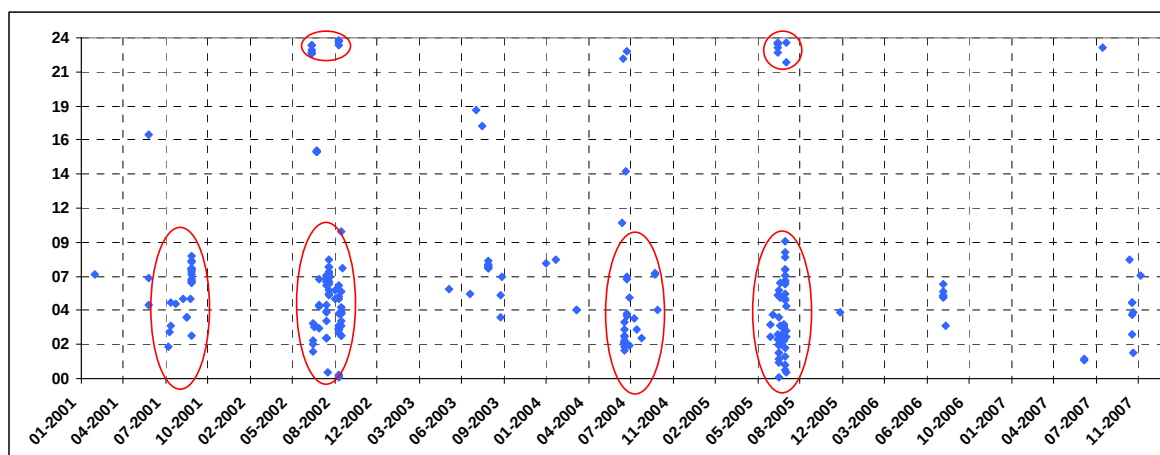


Figura 4.23 Ocorrência de defeitos devidos a 'nevoeiro ou neblina e poluição' ao longo do período de análise 2001-2007.

Verifica-se que a concentração de defeitos motivados por esta causa tem vindo a diminuir, não havendo zonas muito críticas a assinalar desde 2005, conforme se pode verificar no gráfico da figura 4.23.

Dado o forte efeito sazonal referido, justifica-se a determinação dos indicadores quilométricos de defeitos devido a poluição para cada um dos períodos referidos. Os resultados desse cálculo apresentam-se na tabela 4.13.

Tabela 4.13 Indicadores quilométricos de defeitos determinados para os dois períodos que reflectem o efeito sazonal da causa poluição.

Período	Indicador	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2001-2007
"VERÃO" (Jun-Out)	IQ ₁ (poluição)	0,30	0,45	0,12	0,32	0,04	0,00	0,26	0,21
	IQ ₂ (poluição)	0,31	1,58	0,00	0,25	0,59	0,16	0,00	0,56
	IQ ₄ (poluição)	0,89	2,61	0,64	0,96	2,53	0,07	0,19	1,10
	IQ _{RNT} (poluição)	0,42	1,37	0,18	0,43	0,84	0,09	0,13	0,48
"INVERNO" (Nov-Mai)	IQ ₁ (poluição)	0,00	0,00	0,04	0,18	0,00	0,00	0,04	0,04
	IQ ₂ (poluição)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	IQ ₄ (poluição)	0,08	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,02
	IQ _{RNT} (poluição)	0,02	0,00	0,02	0,06	0,02	0,00	0,01	0,02

4.6. Análise incidência geográfica

Foi analisado o nº de defeitos por zona geográfica, de acordo com a divisão referida no ponto 4.1.2. Verificou-se a diferente relevância de cada causa em cada uma dessas zonas.

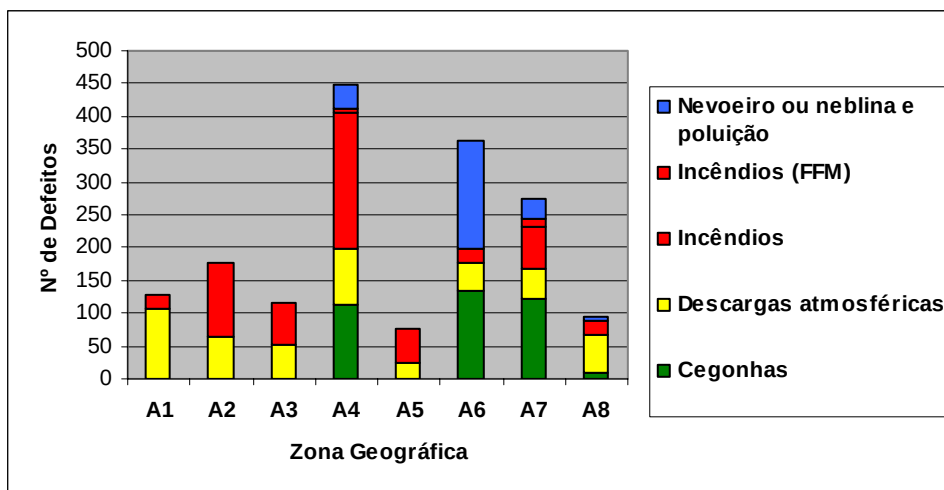


Figura 4.24 N° de defeitos por zona geográfica, por causa, no período 2001-2007.

- **A1 FAIXA LITORAL NORTE DO GRANDE PORTO**
Não se verifica ocorrência de defeitos por cegonhas ou poluição. Maior peso das descargas atmosféricas.
- **A2 TRÁS OS MONTES E EIXO DO DOURO**
Não se verifica ocorrência de defeitos por cegonhas ou poluição. Maior peso dos incêndios.
- **A3 GRANDE PORTO**
Não se verifica ocorrência de defeitos por cegonhas ou poluição. Maior peso dos incêndios.
- **A4 FAIXA LITORAL ENTRE GRANDE PORTO E GRANDE LISBOA**
Zona mais extensa e com maior comprimento de linhas implantadas, resultado do maior desenvolvimento no litoral do país. É a zona com maior n° de defeitos verificado. Ocorrência significativa das quatro principais causas, com maior destaque para ‘incêndios’.
- **A5 BEIRAS INTERIORES**
Não se verifica ocorrência de defeitos por cegonhas ou poluição. Maior peso dos incêndios.
- **A6 GRANDE LISBOA E PENINSULA DE SETÚBAL**
Zona com elevado n° de defeitos verificado. Ocorrência das quatro principais causas, com maior destaque para ‘nevoeiro ou neblina e poluição’ e ‘cegonhas’ e menor destaque para ‘incêndios’.
- **A7 ALENTEJO**
Zona com elevado n° de defeitos verificado. Ocorrência das quatro principais causas, com maior destaque para ‘cegonhas’.
- **A8 ALGARVE**
Ocorrência das quatro principais causas, com maior destaque para ‘descargas atmosféricas’.

A estimativa da probabilidade de defeito, motivado por determinada causa, para uma determinada linha, deverá ter em conta a zona onde se estabelece o seu traçado, de acordo com as conclusões que se retiram da estatística de defeitos por área geográfica.

A título de exemplo, podemos concluir que para avaliação do valor esperado para o nº de defeitos nas áreas identificadas como A1, A2, A3 e A5, aos indicadores quilométricos gerais definidos devem ser descontadas as parcelas correspondentes às causas “cegonhas” e “poluição”.

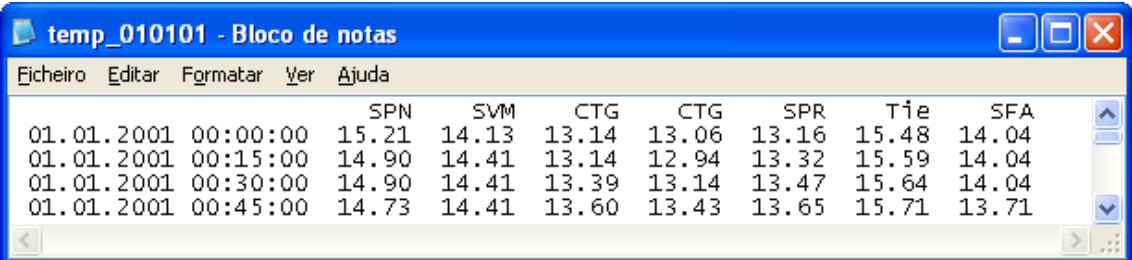
Estando disponível a informação detalhada sobre o comprimento de linhas em cada área, os indicadores poderão ser determinados para cada zona.

4.7. Análise das temperaturas

Pretende-se neste ponto verificar se poderá ser estabelecida uma relação da temperatura com a frequência de defeitos verificada. À partida, podemos prever que a causa mais sensível a esta variável será ‘incêndios’. Aprofundou-se o estudo para esta causa, para verificar a correlação existente entre estes parâmetros. Para as restantes 3 causas mais frequentes, apresenta-se o histograma de frequência e sua análise.

4.7.1. Origem e preparação dos dados para análise de temperaturas

Foi efectuada a recolha e tratamento de ficheiros de registo de temperatura ambiente fornecidos pela REN, adquiridos e armazenados a partir do SCADA com intervalos de 15 minutos, para o período em análise.



	SPN	SVM	CTG	CTG	SPR	Tie	SFA
01.01.2001 00:00:00	15.21	14.13	13.14	13.06	13.16	15.48	14.04
01.01.2001 00:15:00	14.90	14.41	13.14	12.94	13.32	15.59	14.04
01.01.2001 00:30:00	14.90	14.41	13.39	13.14	13.47	15.64	14.04
01.01.2001 00:45:00	14.73	14.41	13.60	13.43	13.65	15.71	13.71

Figura 4.25 Exemplo de ficheiro de registo de temperaturas.

Estes ficheiros encontravam-se em formato ‘txt’ contendo cada ficheiro os valores de cada dia. Partiu-se portanto do conjunto de mais de 2500 ficheiros. Dado haver 96 registos / dia, o conjunto global de registos era superior a 240000. Uma vez que a ferramenta de análise utilizada foi o MS Excel, limitou-se a amostragem aos valores “horas certas”, reduzindo a base de dados a 58392 registos (nota: alguns dias não se encontravam disponíveis).

A importação de dados para Excel foi assegurada com macros em VBA do próprio Excel.

Para o período em análise, os pontos de amostragem de temperatura disponíveis eram:

- SPN – SE de Pocinho
- SVM – SE de Vermoim
- CTG (x2) – Central Turbogás
- SPR - SE de Pereiros
- Tie – Interligação
- SFA – SE de Ferreira do Alentejo

Foram descartados os pontos Tie e um dos CTG e estabeleceu-se a relação, em cada elemento de rede presente na base de dados de defeitos, com o ponto de amostragem de temperatura mais adequado, por proximidade geográfica, numa tabela auxiliar da base de dados.

Apresenta-se na tabela 4.14 a correspondência das áreas geográficas que se associaram a cada ponto de amostragem de temperatura.

Tabela 4.14 Pontos de amostragem de temperatura.

Ponto de amostragem	Região
Subestação do Pocinho	Trás-os-Montes e eixo do Douro
Central da Turbogás na Tapada do Outeiro	Faixa litoral norte do grande Porto
Subestação de Vermoim	Grande Porto
Subestação de Pereiros	Faixa litoral entre grande Porto e grande Lisboa e beiras interiores
Subestação de Ferreira do Alentejo	De grande Lisboa até Algarve

Para validar esta associação, foi analisado o ficheiro de temperaturas médias, mínimas e máximas diárias por distrito, com dados do instituto de meteorologia, para verificação das regiões com temperaturas mais aproximadas.

Através de comandos “vlookup” do MS Excel, actualizou-se a tabela principal da base de dados de defeitos no período 2001-2007 com os valores de temperaturas nos pontos de amostragem, pelo cruzamento dos valores de data e hora.

Dado nem todos os dias do período 2001-2007 terem os ficheiros disponíveis, para a análise de temperaturas descartaram-se da base de dados de defeitos os registos que não produziram correspondência (cerca de 12% do total). A base ficou assim reduzida a 1653 defeitos para fins de análise da sua relação com a temperatura.

Através de comandos “hlookup” e recorrendo à tabela auxiliar construída, estabeleceu-se a afectação a cada registo do valor de temperatura mais adequado (dentre os 5 disponíveis).

4.7.2. Incêndios

Com base nos dados obtidos de acordo com o processo descrito em 4.5.1, filtraram-se os registos correspondentes aos defeitos cuja causa é ‘incêndios’.

4.7.2.1. Histograma

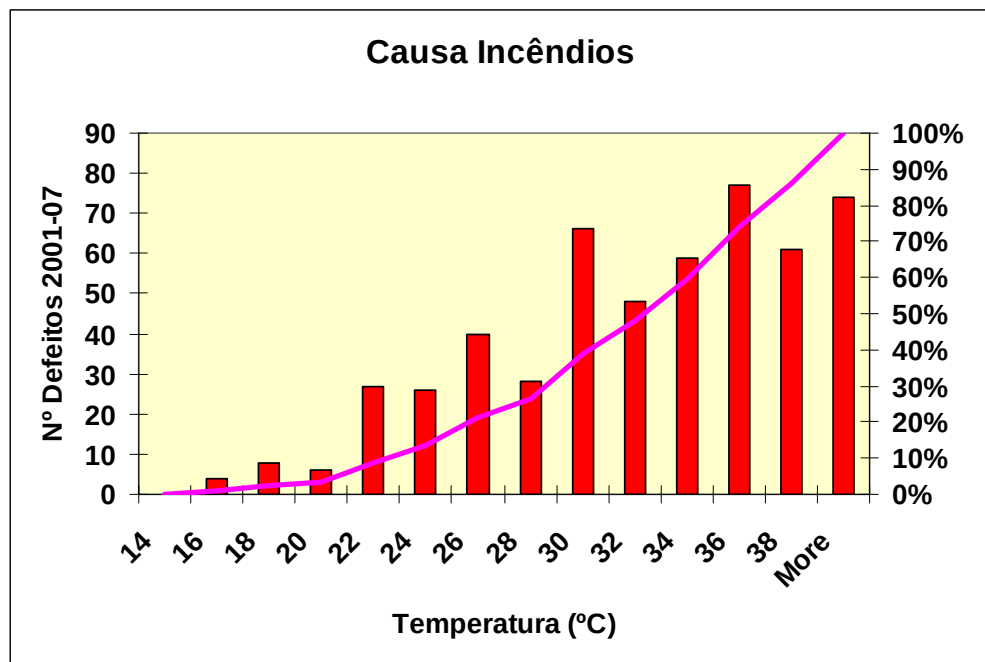


Figura 4.26 Histograma de defeitos ocorridos em função da temperatura e diagrama de frequência acumulada.

Verifica-se que a frequência de defeitos para cada valor de temperatura apresenta uma relação crescente, a partir de faixas de temperatura da ordem dos 16°C. As temperaturas superiores a 38°C foram agrupadas numa mesma classe, dado que a ocorrência de valores superiores a 40°C será pouco frequente.

4.7.2.2. Coeficiente de correlação

Através dos dados obtidos para o histograma, verificou-se o coeficiente de correlação entre o valor limite inferior do intervalo de cada classe e a respectiva frequência de ocorrência. Os valores base para o cálculo podem ser observados na tabela 4.7 onde se encontram sublinhados.

Tabela 4.15 Tabela de frequência de defeitos por incêndios para classes de temperatura.

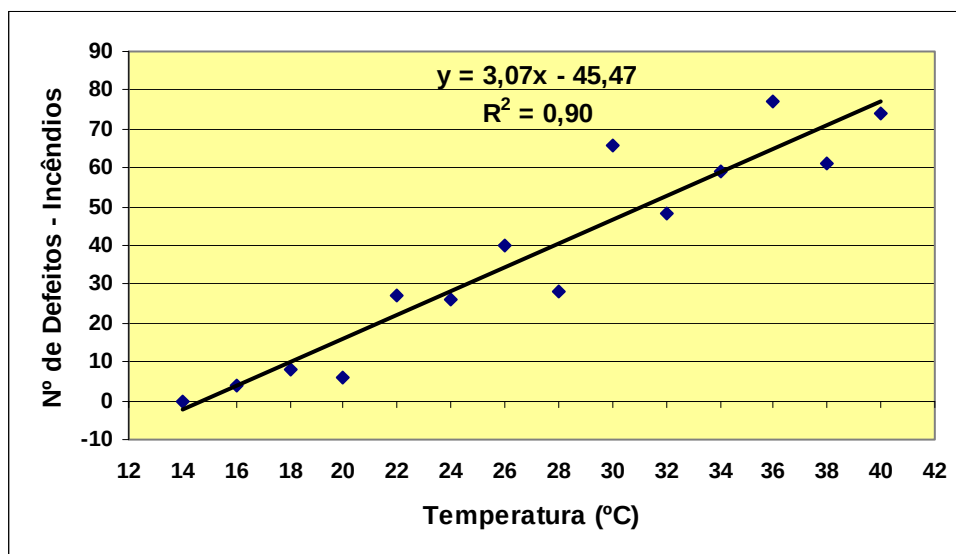
Temperatura (°C)	Frequência	Freq. Acumulada (%)
14	0	0%
16	4	1%
18	8	2%
20	6	3%
22	27	9%
24	26	14%
26	40	21%
28	28	27%
30	66	39%
32	48	48%
34	59	60%
36	77	74%
38	61	86%
>38	74	100%

O coeficiente de correlação de Pearson verificado é de **0,94**, o que permite concluir uma correlação muito forte entre estes dois parâmetros.

4.7.2.3. Regressão linear

Com vista a estabelecer um modelo matemático que relacione o nº de defeitos com a temperatura, determinou-se a regressão linear a partir do diagrama de dispersão dos valores do nº de defeitos para cada classe de temperaturas, de acordo com figura 4.27.

A gama de valores de temperatura definida foi a partir de 14 °C, dado que abaixo desse valor não há ocorrências.

**Figura 4.27** Diagrama de dispersão e recta de regressão.

O modelo encontrado pode ser caracterizado pela equação:

$$F_{inc} = 3,07 * T - 45,47$$

O coeficiente de determinação R^2 para esta aproximação é de cerca de 90%, o que permite concluir uma elevada adequabilidade do modelo de aproximação linear: constata-se a partir deste modelo, que 90% da variação do nº de defeitos devidos a incêndios é explicada estatisticamente pela variação da temperatura.

O modelo permitirá definir um coeficiente de correcção da probabilidade de defeito em função da temperatura.

A probabilidade pode ser definida a partir dos indicadores quilométricos médios e dos coeficientes de correcção aplicáveis.

A estimativa de uma probabilidade de ocorrência de defeito em tempo real, permite uma gestão baseada no risco, quando são também conhecidas as consequências do eventual defeito.

4.8. Conclusões

A estatística dos defeitos ocorridos nas linhas da RNT é uma forma de caracterizar o seu desempenho. Permite-nos efectuar uma análise por rede, para cada nível de tensão, tendo-se verificado que há diferenças a considerar que resultam da maior concentração geográfica de cada nível de tensão em cada zona, e das próprias características construtivas inerentes à rede em causa, nomeadamente o seu nível de isolamento.

É importante verificar quais as principais causas de defeitos ocorridos em linhas, e as linhas onde ocorrem esses defeitos, o que permite uma definição duma estratégia de implementação de medidas para melhoria do seu desempenho, sempre que os indicadores indiquem desvios relativamente ao valor esperado.

Para determinar o valor esperado para os indicadores de desempenho, deve ter-se em consideração, não só os valores médios verificados, mas também os principais factores que para eles contribuíram.

Propôs-se assim um conjunto de indicadores adicionais que têm em consideração esses factores, nomeadamente:

- Efeito da sazonalidade de certos fenómenos que condicionam o desempenho das linhas ('incêndios' e 'nevoeiro ou neblina e poluição');
- Efeito do horário, para o caso dos defeitos provocados por cegonhas e poluição;
- Efeito da eliminação de valores numericamente muito distantes da média, tais como o ano 2005 em termos de ocorrência de incêndios e um conjunto de 4 linhas, relativamente a defeitos devidos a cegonhas.

Os valores ajustados permitem avaliar com melhor aproximação o valor esperado para cada situação que se pretenda analisar.

Relativamente aos defeitos provocados por incêndios definiu-se através da determinação do valor da temperatura ambiente para cada ocorrência de defeito, um modelo de relação linear entre estas variáveis.

Capítulo 5.

Análise da Alteração de Isoladores nas Linhas da RNT

5.1. Tipos de isoladores utilizados nas linhas MAT da RNT

Os isoladores para linhas de muito alta tensão têm a função de suporte mecânico para os condutores eléctricos e de garantir o seu isolamento eléctrico relativamente à estrutura de apoio, que se encontra ligada à terra.

Os isoladores utilizados nas linhas da RNT até ao ano de 2004, eram do tipo porcelana ou de vidro, de acordo com as especificações técnicas da REN. A partir desse ano foram introduzidos os isoladores compósitos no leque de opções de tipo de isoladores para utilização nas linhas da RNT.

5.2. Aplicação dos isoladores compósitos

A principal motivação para a adopção deste novo tipo de isolador foi a necessidade de melhoria do desempenho de um conjunto de linhas afectadas por poluição “forte”.

A diminuição das características eléctricas do isolador deve-se principalmente ao grau de contaminação por agentes poluentes que modificam a resistividade eléctrica da sua superfície, tais como: depósitos de poeiras, minerais inertes condutores, como o carbono e óxidos metálicos, e soluções salinas.

A combinação destas contaminações com condições atmosféricas de elevada humidade, tais como ocorrência de nevoeiro ou neblina, resulta no contornamento dos isoladores provocando um defeito eléctrico na linha.



Figura 5.1 Isolador de vidro afectado por poluição salina muito forte.

A melhoria do desempenho das linhas nessas condições de poluição poderá ser alcançada através das seguintes medidas:

- Lavagem dos isoladores a alta pressão;
- Limpeza manual;
- Aumento da linha de fuga através da substituição dos isoladores ou aumento do nº de isoladores da cadeia;
- Aplicação de revestimento de silicone sobre os isoladores;
- Substituição dos isoladores por isoladores compósitos.

A solução adoptada pela REN para minimizar o problema dos contornamentos devidos a poluição, consistiu no recurso à limpeza sistemática das cadeias, através de lavagens com água desmineralizada a alta pressão, a que estão associados elevados custos anuais, mas que permite a sua execução sem interrupção do serviço (trabalho em tensão). Esta medida abrange as regiões onde a poluição forte está aliada à ocorrência de longos períodos secos, seguidos de nevoeiros frequentes em certas horas do ano.

A eliminação destas partículas é auxiliada na maioria das vezes pela lavagem com água das chuvas, pelo que nas regiões com maiores índices de pluviosidade, não se verifica a necessidade de intervenção específica para lavagem de isoladores, apresentando as linhas um bom desempenho face a poluição, mesmo em zonas de poluição forte, como se pôde observar em 4.6, onde se verificam as zonas geográficas sem ocorrências de defeitos provocados por poluição.



Figura 5.2 Lavagem de isoladores a alta pressão com meios aéreos.

A partir de 2004, motivada pela realização de intervenções planeadas de remodelação de linhas (*uprating*) em regiões onde se verificava o problemas da contaminação de isoladores e recurso sistemático a lavagens de isoladores, a REN adoptou a ‘solução isoladores compósitos’, integrando este tipo de componente nas suas especificações. Os isoladores compósitos adoptados são do tipo ‘SiR’ (borracha de silicone), vulcanizada a alta temperatura.



Figura 5.3 Substituição de isoladores de vidro por compósitos (fonte: REN).

As principais vantagens deste tipo de isoladores que motivaram a sua implementação são

- Elevado desempenho sob poluição;
- Redução drástica das necessidades de manutenção, nomeadamente, lavagens.

Outras vantagens são também associadas aos isoladores compósitos:

- Facilidade de manuseamento e transporte;
- Baixo custo;
- Menor atracção ao vandalismo;
- Elevado rácio resistência - peso;
- Melhor impacto visual;
- Permitir compactação de linhas.

5.3. Propriedades dos isoladores compósitos

As principais propriedades dos isoladores compósitos, que permitem a melhoria do desempenho destes isoladores sob condições de forte poluição, são a ‘hidrofobicidade’ e a ‘transferência de hidrofobicidade’.

A hidrofobicidade consiste na propriedade de repelir a água ou humidade à sua superfície, o que se traduz na redução das correntes de fugas.

A transferência de hidrofobicidade, é a capacidade de transferir a propriedade de repelência da água para as camadas de poluição depositadas na sua superfície. Na figura 5.4, podemos observar o efeito destas propriedades num isolador novo e num isolador contaminado após 21 anos em serviço sob o efeito de poluição industrial [11].



Figura 5.4 Hidrofobicidade de isoladores compósitos de borracha de silicone: isolador novo (direita) e isolador com camada significativa de poluição (esquerda) [11].

5.4. Impacto da instalação de isoladores compósitos no desempenho das linhas

A partir dos dados de intervenções em linhas fornecidos pela REN, agruparam-se por ano a quantidade de postes onde se verificou a actividade de lavagens de isoladores e a quantidade de postes onde se instalaram isoladores do tipo compósito.

Os dados agregados por ano apresentam-se na tabela 5.1, para análise da evolução destas actividades no período de 2001 a 2007.

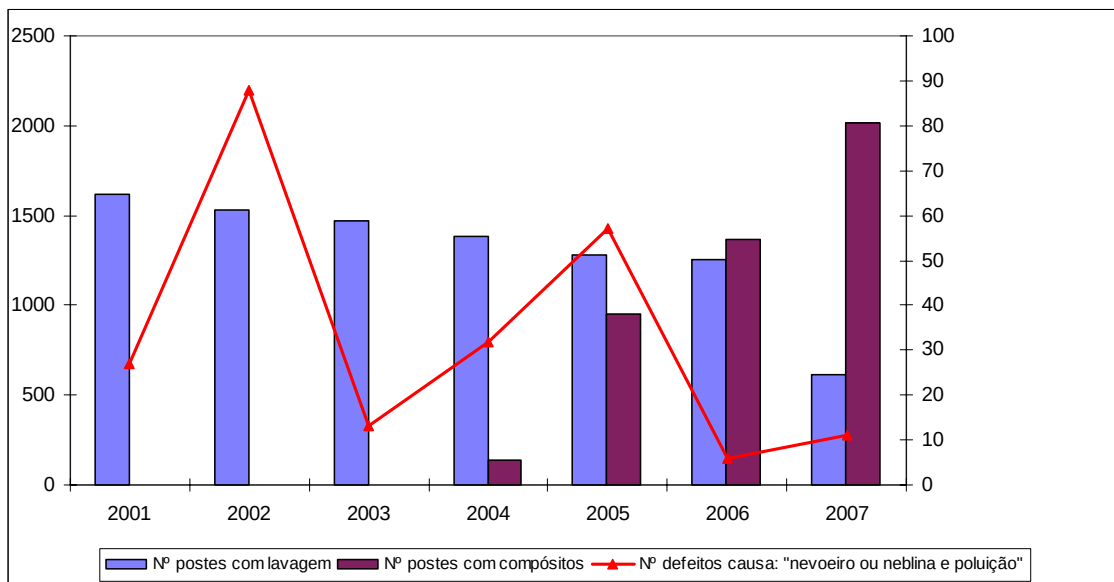
Para observar o impacto destas medidas no desempenho das linhas sob poluição, inclui-se a evolução do nº de defeito com origem em linhas devidos a ‘nevoeiro ou neblina e poluição’.

Tabela 5.1 Evolução do nº de postes com lavagem de isoladores e do nº de postes com isoladores compósitos instalados nas linhas aéreas da RNT.

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Nº postes com lavagem de isoladores	1618	1529	1469	1388	1276	1254	610
Nº postes com instalação de isoladores compósitos	3 (*)			137	955	1363	2014
Nº de defeito com origem em linhas devidos a 'nevoeiro ou neblina e poluição'	27	88	13	32	57	6	11

(*) Instalação de isoladores compósitos em regime experimental para avaliação do comportamento em exploração.

Verifica-se a tendência na redução do volume de lavagens de isoladores, consequência directa da instalação de isoladores compósitos (a médio / longo prazo, poderão necessitar lavagens, mas com periodicidade significativamente mais alargada). Observa-se também uma tendência de melhoria do desempenho das linhas face a esta causa (causa apenas combatida com lavagens, anteriormente). Esta evolução pode ser observada no gráfico da figura 5.5.

**Figura 5.5** Lavagens de isoladores e instalação de compósitos vs desempenho face a poluição.

Para avaliar a eficácia da instalação de isoladores compósitos na redução dos defeitos provocados por poluição, analisaram-se os defeitos ocorridos por linha devidos a poluição, em cada ano do período de análise, 2001 a 2007. Verificaram-se quais destas linhas foram alvo de instalação de isoladores compósitos e o efeito essa instalação teve no seu desempenho.

Estes dados encontram-se sumarizados na tabela 5.2.

Tabela 5.2 Defeitos causados por poluição por linha e indicação da instalação de isoladores compósitos.

LINHA		Nº de Defeitos por Nevoeiro ou Neblina e Poluição								Nº dias em que ocorreram defeitos	Ano de Instalação de Isoladores Compósitos
Cód.	kV	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Total		
L2138	220	4	10		7				21	8	2005
L4001	400	7	4	7					18	9	2007
L4xxx	400				1				1	1	2007
L4041	400					2			2	1	2007
L4007	400		9	1	1	6			17	8	2007
L2137	220	4	11						15	4	2005
L2141	220		15						15	3	2005 e 2007
L2038	220					13			13	4	2007
L4033	400				5	8			13	3	2006
L4025	400	1	4			8			13	6	2004
L4034	400				5	5			10	2	2006
L4043	400							1	1	1	2006
L4044	400							2	2	2	2006
L4036	400		8						8	3	2004
L4031	400	1	7						8	5	2004
L4018	400		2			5			7	2	2008
L1067/1611	150							5	5	3	n/a
L4010	400	2			1	2			5	3	2008
L2046/2602	220						5		5	1	n/a
L1021/1610	150	3	1		1				5	4	n/a
L1006	150		2	1	2				5	3	n/a
L2105/2624	220					4			4	1	2006
L2016/2603	220		2						2	2	2006
L2128	220		4						4	1	2005
L4008	400			1		2	1		4	3	2007
L1044	150					1		2	3	3	n/a
L1041	150		3						3	1	2005
L1008	150	1	1		1				3	3	2005
L1020	150	1	1		1				3	3	n/a
L1106	150			1				1	2	2	n/a
L1040	150	2							2	1	2004
L1113	150				2				2	2	2005
L1xxx	150			2					2	2	2005
L1047	150				2				2	2	2005
L4002	400				1				1	1	2006
L4005	400	1							1	1	2005
L4xxx	400					1			1	1	n/a
L1098	150				1				1	1	n/a
L2100/2606	220		1						1	1	2004
L1096	150				1				1	1	n/a
L1042	150		1						1	1	2005
L1057/1612	150		1						1	1	2007
L1016	150		1						1	1	n/a
Total	-	27	88	13	32	57	6	11	234	73	-

 Indica momento de instalação de isoladores compósitos

Do total de 234 defeitos assinalados para o período 2001-2007, apenas 9 defeitos ocorreram após montagem de algum compósito na linha em questão. Estes 9 defeitos, correspondem apenas a 2 linhas.

No caso da linha com o código L4025, verifica-se que os 8 defeitos correspondem apenas a 4 incidentes ocorridos no período de cerca de um mês em 2005. Verificou-se que a instalação dos isoladores não foi global nesta linha, pelo que a origem do defeito poderá ter sido um apoio com isolamento de vidro ou cerâmico. Não foi possível confirmar esta hipótese.

O outro defeito ocorrido, na linha L4043, poderá também ter ocorrido onde ainda não se tenha instalado isolador compósito, dado que se verificou que apenas estão instalados em 23 apoios dos 100 que compõem esta linha.



Figura 5.6 Cadeia de amarração dupla com isoladores compósitos em serviço (fonte: REN).

5.5. Conclusões

A instalação de isoladores compósitos tem como consequência uma redução significativa do número de defeitos provocados por poluição. Acarreta ainda a vantagem de redução de custos, eliminando a necessidade de lavagens, dadas as suas propriedades de ‘hidrofobicidade’ e ‘transferência de hidrofobicidade’.

Para consolidar a avaliação do desempenho com isoladores compósitos, na ocorrência de defeitos classificados como causados por poluição deve-se procurar identificar se a sua origem está efectivamente em apoio com isoladores deste tipo instalados.

A experiência de comportamento em serviço destes isoladores na RNT pode considerar-se ainda recente, mas há já reflexos das melhorias alcançadas.

Capítulo 6.

Medidas de Controlo da Nidificação e Pousos de Cegonhas

6.1. Efeito da nidificação das cegonhas no desempenho das linhas

A nidificação de cegonhas em apoios das linhas da RNT traduz-se numa das principais causas de defeitos com origem nas linhas. O efeito de redução da capacidade de isolamento desenvolve-se pelas seguintes causas:

- Deposição de dejectos das cegonhas sobre os isoladores, o que irá contribuir para o aumento da corrente de fugas até ao ponto de poder provocar um contornamento do isolamento;
- A passagem das aves com os materiais que constituem os ninhos, que podem atingir dimensões consideráveis, ou sua queda sobre as cadeias, que pode resultar na perda das necessárias distâncias de isolamento;
- A obstrução da zona superior da cadeia de isoladores, não permitindo o efeito benéfico das lavagens naturais resultantes das chuvas.

Por estes motivos, o risco de perturbações sobre o desempenho da linha é especialmente elevado quando o ninho se encontra sobre a cadeia de isoladores.



Figura 6.1 Apoio de linha de 400 kV em zona de forte nidificação da cegonha branca.

6.2. Medidas preventivas e correctivas

As medidas preventivas constam essencialmente na montagem generalizada nas zonas de risco (de acordo com mapa apresentado na figura C.1 do Anexo C) de dispositivos dissuasores do pouso das aves sobre as cadeias de isoladores e a montagem de plataformas especiais para nidificação em locais menos perigosos nos apoios [1]. Na figura 6.2 apresenta-se a imagem de um apoio dotado destes componentes.

Como medida correctiva, procede-se à transferência dos ninhos situados em zonas perigosas do apoio, quer para o desempenho da linha, quer para a preservação das aves. Esta transferência é realizada mediante autorização do Instituto da Conservação da Natureza (ICN).

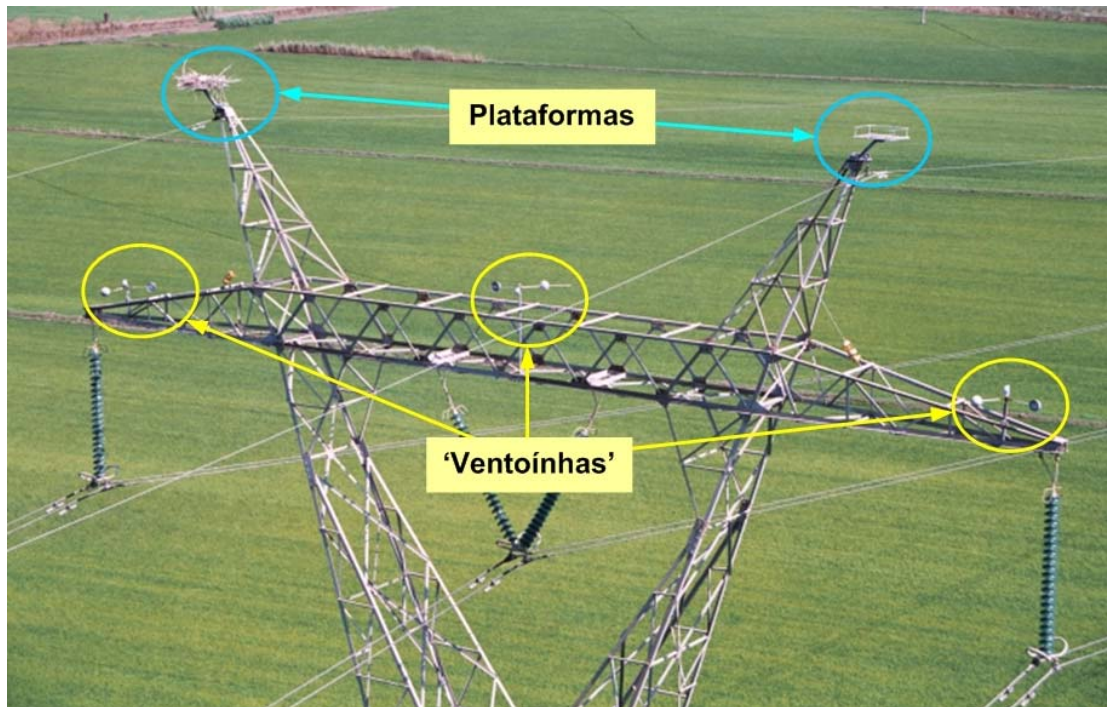


Figura 6.2 Dispositivos dissuasores de pouso e de nidificação de cegonhas e plataformas para protecção dos ninhos.

A partir dos dados disponibilizados pela REN, foi feita a análise da evolução da nidificação das cegonhas em apoios de linhas da RNT, e das medidas preventivas e correctivas implementadas no período de 2001 a 2007, relacionando com a evolução verificada para os indicadores de defeitos determinados no capítulo 4 para causa ‘cegonhas’. Os valores apurados apresentam-se na tabela 6.1.

Tabela 6.1 Análise das medidas preventivas adoptadas pela REN para controlo do impacto das cegonhas e sua relação com a evolução do desempenho das linhas face à causa ‘cegonhas’ no período de 2001 a 2007.

Ano	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Nº de Defeitos	58	38	72	54	28	73	56
IQ_{RNT} (cegonhas)	0,94	0,59	1,07	0,83	0,42	1,04	0,75
Aumento do n.º de ninhos	102	81	110	108	87	141	200
Nº de ninhos	814	895	1005	1113	1200	1341	1541
Montagem de ventoinhas	288	355	365	208	354	219	387
Nº total de ventoinhas	947	1302	1667	1875	2229	2448	2835
Montagem de plataformas	123	140	141	141	158	160	183
Nº total de plataformas	969	1109	1250	1391	1549	1709	1892
Ninhos sobre as cadeias	96	84	94	94	75	111	142
Ninhos transferidos	61	66	60	96	82	109	128

Verifica-se um aumento anual constante do nº de ninhos em apoios das linhas da RNT, com uma média de cerca 120 ninhos por ano, no período analisado. Este aumento é proporcionalmente acompanhado pela montagem sistemática, nas zonas identificadas como sensíveis, de dispositivos dissuasores de pouso e nidificação (ventoinhas) e de plataformas para permitir a nidificação nas zonas menos críticas, tal como pode ser observado no gráfico da figura 6.3.

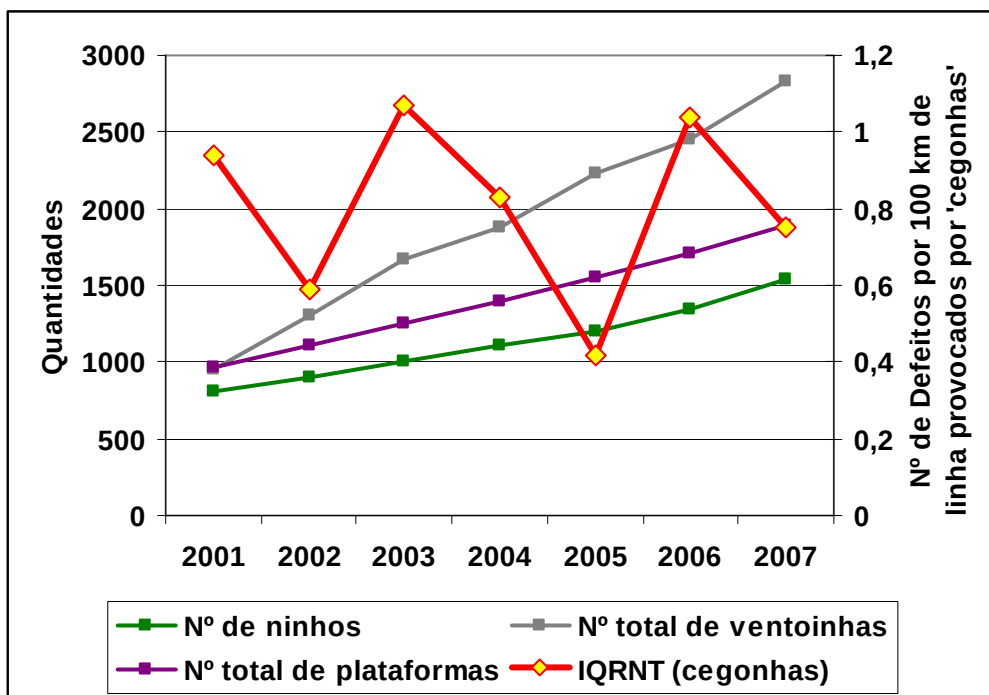


Figura 6.3 Evolução da nidificação e das medidas de controlo implementadas para controlo do impacto das cegonhas vs desempenho face a cegonhas.

Apesar do aumento constante ao longo do período analisado da população e nidificação de cegonhas, não se verifica um agravamento do indicador de referência para o desempenho das linhas para a causa 'cegonhas'.

6.3. Conclusões

O efeito da presença de cegonhas na proximidade das linhas aéreas da RNT tem-se traduzido ao longo dos últimos anos como uma das principais causas das ocorrências de defeitos.

Devido à evolução das condições climáticas e às medidas de protecção adoptadas, a presença de cegonhas e a quantidade de ninhos sobre os apoios das linhas apresenta uma tendência de crescimento a um ritmo constante.

As medidas adoptadas pela REN para controlo do impacto das cegonhas no desempenho das linhas, que resultam também na protecção da espécie, pela criação de condições mais seguras para a sua nidificação, têm acompanhado quantitativamente essa evolução.

A eficácia das medidas referidas é muito positiva, verificando-se que no período 2001 a 2007, apesar de um aumento do nº de ninhos de quase 90%, o desempenho das linhas não sofre variações significativas.

Capítulo 7.

Conclusões

7.1. Trabalho desenvolvido

Foram caracterizadas em traços gerais e identificadas as linhas de muito alta tensão que constituem a Rede Nacional de Transporte e que foram o objecto de estudo da presente dissertação.

Foi analisada a perspectiva da REN para a caracterização do comportamento em serviço das linhas da RNT de acordo com o apresentado nos seus relatórios de qualidade de serviço.

A partir de um conjunto de dados disponibilizados pela REN, relativos aos defeitos verificados nas linhas da RNT no período de 2001 a 2007, procurou-se caracterizar o seu desempenho. Para o efeito, determinaram-se os indicadores quilométricos de defeitos anuais, no período em análise, por nível de tensão e por causa.

Os defeitos foram analisados detalhadamente com vista a determinar a influência dos factores que para eles contribuíram. Com base na influência verificada, determinaram-se um conjunto de **indicadores quilométricos corrigidos** adicionais que tiveram em consideração esses factores, nomeadamente:

- Efeito da sazonalidade de certos fenómenos que condicionam o desempenho das linhas;
- Efeito do horário;
- Efeito da eliminação de valores numericamente muito distantes da média.

Estes valores podem ser utilizados como ferramenta disponível para uma análise de risco: o valor esperado do nº de interrupções para uma determinada linha ou conjunto de linhas, para um determinado período temporal, poderá ser estimado a partir dos indicadores quilométricos corrigidos considerando as variáveis disponíveis para análise.

Considerou-se ainda a influência da região geográfica do traçado da linha, tendo-se verificado que certas regiões não são afectadas por algumas das principais causas.

Foram analisadas as alterações realizadas nas linhas relativamente à substituição de isoladores de vidro ou cerâmicos por isoladores compósitos, tendo-se concluído que da sua aplicação resulta uma redução significativa da probabilidade de ocorrência de defeitos e ainda uma eliminação das necessidades de lavagens de isoladores, com os benefícios económicos inerentes, graças às propriedades de ‘hidrofobicidade’ e ‘transferência de hidrofobicidade’ deste tipo de isoladores. Um período de tempo mais alargado permitirá consolidar o efeito da instalação dos isoladores compósitos nas linhas afectadas por poluição e justificará uma revisão dos indicadores quilométricos determinados para esta causa.

Concluiu-se que as medidas adoptadas pela REN, para controlo do impacto das cegonhas no desempenho das linhas, têm acompanhado quantitativamente o crescimento assinalável que se verificou na população de cegonhas e ninhos em Portugal nos últimos anos. Verificou-se que eficácia das medidas é muito boa, o que permite que apesar do aumento da população de cegonhas, os indicadores de desempenho das linhas face a esta causa não sofrem variações significativas.

7.2. Perspectivas de desenvolvimentos futuros

Como perspectiva de trabalhos futuros, é de sugerir o desenvolvimento da análise realizada tendo em conta a duração das interrupções, para uma melhor caracterização do desempenho, para a qual seria necessário considerar mais alguns dados que não se encontravam na base de dados disponível para este trabalho.

Sugere-se a sistematização deste tipo de análises que poderá traduzir-se em resultados mais consolidados com o aumento do nº de anos analisados. Essa necessidade é especialmente relevante para os defeitos devidos a poluição, que se espera serem eliminados com a introdução dos isoladores compósitos nas linhas da RNT.

Referências e Bibliografia

- [1] Rede Eléctrica Nacional, *Relatório de Qualidade de Serviço 2005* (disponível em www.ren.pt);
- [2] Rede Eléctrica Nacional, *Relatório de Qualidade de Serviço 2006* (disponível em www.ren.pt);
- [3] Rede Eléctrica Nacional, *Relatório de Qualidade de Serviço 2007* (disponível em www.ren.pt);
- [4] Rede Eléctrica Nacional, *REN, em Linha com o Desenvolvimento Sustentável*, Novembro de 2003 (disponível em www.ren.pt);
- [5] Rede Eléctrica Nacional, *Plano de Desenvolvimento e Investimento da Rede de Transporte de electricidade (PDIRT)*, Fevereiro de 2008 (disponível em www.ren.pt);
- [6] Portal da Rede Eléctrica Nacional, www.ren.pt;
- [7] Portal da Direcção-Geral dos Recursos Florestais, www.dgrf.min-agricultura.pt;
- [8] Lobo, J. e Almeida, S., “A Base de Dados de Incidentes Gestinc: Motivações, Conteúdo, Gestão e Cálculo Automático de Indicadores - Futuros Desenvolvimentos”, XI ERIAC, Cigre, Ciudad del Este, Paraguai, 2005
- [9] A. Chowdhury; D. O. Koval “High Voltage Transmission Equipment Forced Outage Statistics Including Different Fault Types”, PMAFS N° 088, 2008
- [10] “Regulamento de Segurança das Linhas Eléctricas de Alta Tensão”, Edição DGE, Lisboa, Abril de 1993
- [11] Seifert, J.M. e Hubl, W., “Hydrophobicity Effect of Silicone Housed Composite Insulators and its Transfer to Pollution Layers”, IRAKLION Symposium, Creta, Grécia, 2001.
- [12] Guide for Data Bank Management Systems, CIGRE, TF03, SC 22 WG13, 2001

ANEXO A.

Principais Características Eléctricas das Linhas da RNT Situação em 1 de Janeiro de 2008 (fonte: REN)

Tabela A.1 Linhas a 400 kV

BARRAMENTO INICIAL	BARRAMENTO FINAL	Tipo de Cabo	Comp. [KM]
ALQUEVA	BROVALES (troço português)	2x Rail	39,9
ALQUEVA	FERREIRA DO ALENTEJO	2x Zambeze	64,1
ALTO LINDOSO	CARTELLE 1 (troço português)	2x Rail	1,1
ALTO LINDOSO	CARTELLE 2 (troço português)	2x Rail	1,1
ALTO LINDOSO	RIBA D'AVE 1	2x Zambeze	59,1
ALTO LINDOSO	RIBA D'AVE 2	2x Zambeze	59,6
ALTO DE MIRA	RIBATEJO	2x Zambeze	40,2
BATALHA	PARAIMO	2x Zambeze	101,5
BATALHA	PEGO	2x Zambeze	65,9
BATALHA	RIBATEJO	2x Zambeze	80,9
CENTRAL DO ALTO LINDOSO	ALTO LINDOSO 1	2x Aster1144	0,4
CENTRAL DO ALTO LINDOSO	ALTO LINDOSO 2	2x Aster1144	0,4
CENTRAL DO ALQUEVA	ALQUEVA	2x Zambeze	1,2
CENTRAL DO PEGO	PEGO 1	2x Zambeze	0,2
CENTRAL DO PEGO	PEGO 2	2x Zambeze	0,2
CENTRAL DO RIBATEJO	RIBATEJO 2	2x Zambeze	0,3
CENTRAL DO RIBATEJO	RIBATEJO 3	2x Zambeze	0,2
CENTRAL DE SETÚBAL	PALMELA 1	2x Zambeze	7,3
CENTRAL DE SETÚBAL	PALMELA 2	2x Zambeze	7,3
CENTRAL DE SETÚBAL	PALMELA 3	2x Zambeze	7,2
CENTRAL DE SETÚBAL	PALMELA 4	2x Zambeze	7,2
CENTRAL DE SINES	SINES 2	2x Zambeze	12,2
CENTRAL DE SINES	SINES 3	2x Zambeze	12,0
CENTRAL DE SINES	SINES 4	2x Zambeze	12,0
FALAGUEIRA	CEDILLO (troço português)	2x Zambeze	26,1
FANHÕES	ALTO DE MIRA 4	2x Zambeze	18,3
FANHÕES	RIBATEJO	2x Zambeze	24,6
FERREIRA DO ALENTEJO	SINES	2x Zambeze	59,4
LAVOS	RIO MAIOR	2x Zambeze	86,5
PALMELA	FANHÕES	2x Zambeze	68,1
PALMELA	RIBATEJO	2x Zambeze	57,6
PALMELA	SINES 2	2x Zambeze	96,0
PALMELA	SINES 3	2x Zambeze	96,2
PEGO	FALAGUEIRA	2x Zambeze	40,7
PEGO	RIO MAIOR	2x Zambeze	81,3
RECAREI	LAVOS	2x Zambeze	133,2
RECAREI	PARAIMO	2x Zambeze	85,3
RIBA DE AVE	RECAREI 1	2x Zambeze	29,4
RIBA DE AVE	RECAREI 2	2x Zambeze	34,1
RIO MAIOR	ALTO DE MIRA:		
- Troço RIO MAIOR - zona de FANHÕES		2x Zambeze	51,7
- Troço zona de FANHÕES - ALTO DE MIRA		2x Zambeze	17,7
TOTAL			1587,7

Tabela A.2 Linhas a 220 kV

BARRAMENTO INICIAL	BARRAMENTO FINAL	Tipo de Cabo	Comp. [km]
AGUIEIRA	PEREIRO 1	1x Zebra	30,4
AGUIEIRA	PEREIRO 2	1x Zebra	30,2
ALTO DE MIRA	CARRICHE 1	1x Zebra	7,8
ALTO DE MIRA	SETE RIOS		
- Troço em linha aérea		1x Zebra	5,4
- Troço em cabo subterrâneo (1240 mm ²)		1x Cobre	6,2
BATALHA	RIO MAIOR 1	1x Zebra	39,9
BATALHA	RIO MAIOR 2	1x Zebra	49,1
BEMPOSTA	ALDEADÁVILA (troço português)	1x Zebra	28,1
BEMPOSTA	POCINHO	1x Zebra	61,1
BODIOSA	PARAIMO (***)	2x Rail	60,6
BODIOSA	VALDIGEM (***)	2x Rail	60,3
CARRAPATELO	ESTARREJA 1	1x Zebra	49,3
CARRAPATELO	ESTARREJA 2	1x Zebra	49,2
CARRAPATELO	MOURISCA	1x Zebra	67,8
CARRAPATELO	TORRÃO	1x Zebra	12,8

BARRAMENTO INICIAL	BARRAMENTO FINAL	Tipo de Cabo	Comp. [km]
CARREGADO	CARRICHE	1x Zebra	34,4
CARREGADO	FANHÕES 2	1x Zebra	25,4
CARREGADO	RIO MAIOR 1	1x Zebra	39,7
CARREGADO	RIO MAIOR 2	1x Zebra	38,7
CARREGADO	RIO MAIOR 3	1x Zebra	38,8
CARREGADO	SACAVÉM		
- Troço em linha aérea		1x Zebra	30,0
- Troço em cabo subterrâneo (1000 mm ²)		1x Alumínio	1,8
CARREGADO	SANTARÉM (**)	1x Zebra	34,7
CARREGADO	SEIXAL	1x Zebra	56,8
CARRICHE	SETE RIOS		
- Cabo subterrâneo (1240 mm ²)		1x Cobre	7,6
CASTELO BRANCO	FERRO 1	1x Zebra	55,0
CASTELO BRANCO	FERRO 2	1x Zebra	55,0
CENTRAL CASTELO DE BODE	ZÉZERE 1	1x Zebra	0,7
CENTRAL CASTELO DE BODE	ZÉZERE 2	1x Zebra	0,7
CENTRAL CASTELO DE BODE	ZÉZERE 3	1x Zebra	0,8
CENTRAL DO PICOTE	PICOTE 1	1x Zebra	0,4
CENTRAL DO PICOTE	PICOTE 2	1x Zebra	0,4
CENTRAL DO PICOTE	PICOTE 3	1x Zebra	0,4
CENTRAL DO POCINHO	POCINHO	1x Zebra	1,0
CENTRAL DO RIBATEJO	CARREGADO		
- Cabo subterrâneo		1x Alumínio	0,8
CENTRAL DO TORRÃO	TORRÃO 1	1x Zebra	0,2
CENTRAL DO TORRÃO	TORRÃO 2	1x Zebra	0,3
CHAFARIZ	FERRO 1	1x Aster	73,0
CHAFARIZ	FERRO 2	1x Aster	73,0
CHAFARIZ	VILA CHÃ 1	1x Zebra	34,5
CHAFARIZ	VILA CHÃ 2	1x Zebra	34,6
CUSTÓIAS	PRELADA (*)	1x Zambeze	6,6
ESTARREJA	PARAIMO	1x Zebra	47,3
FANHÕES	ALTO DE MIRA 3	1x Zebra	18,3
FANHÕES	CARRICHE	1x Zebra	19,5
FANHÕES	SACAVÉM 2		
- Troço em linha aérea		1x Zebra	13,3
- Troço em cabo subterrâneo (1000 mm ²)		1x Alumínio	1,8
FANHÕES	TRAJOUCE	2x Zambeze	27,0
MIRANDA	PICOTE 1	1x Zebra	14,9
MIRANDA	PICOTE 2	1x Zambeze	15,5
MOGADOURO	VALEIRA	1x Zebra	74,1
MOURISCA	PEREIRO 1	1x Zebra	55,6
PARAIMO	PEREIRO 2	1x Zebra	43,0
PENAMACOR	FERRO	1x Zebra	24,9
PENELA	ZÉZERE	1x Zebra	49,3
PEREIRO 1	BATALHA 1	1x Zebra	66,8
PEREIRO 2	BATALHA 2	1x Zebra	76,1
PEREIRO 3	PENELA	1x Zebra	22,2
PICOTE	BEMPOSTA	1x Zebra	19,1
PICOTE	MOGADOURO	1x Zebra	20,9
PICOTE	POCINHO	1x Zebra	74,4
POCINHO	ALDEADÁVILA (troço português)	1x Zebra	39,6
POCINHO	CHAFARIZ 1	1x Zebra	61,9
POCINHO	CHAFARIZ 2	1x Zebra	61,8
POCINHO	SAUCELLE (troço português)	1x Zebra	30,2
POCINHO	VALDIGEM 1	1x Zebra	58,2
POCINHO	VALDIGEM 2 (***)	2x Zambeze	56,4
RECAEI	CANELAS 1 (**)	1x Zebra	21,4
RECAEI	CANELAS 3	3x Zambeze	27,4
RECAEI	CUSTÓIAS	1x Zebra	29,3
RECAEI	URRÔ	1x Zebra	15,7
RECAEI	VERMOIM 1	1x Zebra	20,2
RECAEI	VERMOIM 2	2x Zambeze	18,6
RECAEI	VERMOIM 3	2x Zambeze	18,7
RÉGUA	VALDIGEM	1x Zebra	2,1
RIO MAIOR	TRAJOUCE	1x Zebra	79,4
SANTARÉM	ZÉZERE (**)	1x Zebra	52,3
TAPADA DO OUTEIRO	CANELAS	3x Zambeze	18,4
TAPADA DO OUTEIRO	RECAEI	3x Zambeze	10,4
TORRÃO	RECAEI	1x Zebra	20,8
VALDIGEM	CARRAPATELO 1	1x Zebra	32,8
VALDIGEM	CARRAPATELO 2	1x Zebra	32,9
VALDIGEM	CARRAPATELO 3	1x Zebra	32,9
VALDIGEM	RECAEI 1	1x Zebra	65,0
VALDIGEM	URRÔ	1x Zebra	50,0
VALDIGEM	VERMOIM	1x Zebra	73,3
VALEIRA	VALDIGEM 1	1x Zebra	32,6
VALEIRA	VALDIGEM 2	1x Zebra	32,6
VERMOIM	CUSTÓIAS 1	1x Zebra	10,4
VERMOIM	CUSTÓIAS 2	1x Zambeze	6,6

BARRAMENTO INICIAL	BARRAMENTO FINAL	Tipo de Cabo	Comp. [km]
VERMOIM	PRELADA (*)	1x Zambeze	6,9
VILA CHÃ	PEREIRO 1	1x Zebra	68,5
VILA CHÃ	PEREIRO 2	1x Zebra	68,8
RAMAIS			
RAMAL DA LINHA AGUIEIRA - PEREIRO 2	P/SUB. DE MORTÁGUA (REFER)	1x Zebra	7,7
RAMAL DA LINHA ALTO DE MIRA - CARRICHE	P/SUB. DE TRAJOUCE	1x Zebra	8,9
RAMAL DA LINHA CARREGADO-CARRICHE	P/ SUB. DE SACAVÉM		
- Troço em linha aérea		1x Zebra	12,0
- Troço em cabo subterrâneo (1000 mm ²)		1x Alumínio	1,8
RAMAL DA LINHA CASTELO BRANCO - FERRO 1	P/ SUB. DE FATELA (REFER)	1x Zebra	2,0
RAMAL DA LINHA CASTELO BRANCO - FERRO 2	P/ SUB. DE FATELA (REFER)	1x Zebra	2,0
RAMAL DA LINHA CHAFARIZ - FERRO 1	P/ SUB. DE SOBRAL (REFER)	1x Aster	0,8
RAMAL DA LINHA CHAFARIZ - FERRO 2	P/ SUB. DE SOBRAL (REFER)	1x Aster	0,8
RAMAL DA LINHA CHAFARIZ - VILA CHÃ 1	P/ SUB. DE GOUVEIA (REFER)	1x Zebra	5,9
RAMAL DA LINHA CHAFARIZ - VILA CHÃ 2	P/ SUB. DE GOUVEIA (REFER)	1x Zebra	5,9
RAMAL DA LINHA FANHÕES - ALTO DE MIRA 3	P/ SUB. DE CARRICHE	1x Zebra	2,5
RAMAL DA LINHA PARAIMO - PEREIRO 1	P/ SUB. DE MOGOFORES	1x Zebra	2,6
RAMAL DA LINHA PEREIRO 2 - BATALHA 2	P/ SUBESTAÇÃO DE POMBAL	1x Zebra	3,6
RAMAL DA LINHA RECAEI - CANELAS 3	P/ TAPADA DO OUTEIRO	3x Zambeze	0,8
RAMAL DA LINHA TAPADA OUTEIRO-CANELAS	P/ SUBESTAÇÃO DE ESTARREJA	1x Zebra	31,7
RAMAL DA LINHA VILA CHÃ - PEREIRO 1	P/ SUB. DE MORTÁGUA (REFER)	1x Zebra	18,2
RAMAL DA LINHA VILA CHÃ - PEREIRO 2	P/ PAMPILHOSA DA SERRA	1x Zebra	26,1
TOTAL			3176,9

(*) Explorada provisoriamente a 60 kV.

(**) Linha dupla com os termos em paralelo.

(***) Linha isolada para 400 kV, explorada a 220 kV

Tabela A.3 Linhas a 150 kV

BARRAMENTO INICIAL	BARRAMENTO FINAL	Tipo de Cabo	Comp. [km]
ALTO RABAGÃO	CANIÇADA	1x Bear	33,9
BOUÇÃ	ZÉZERE 1	1x Bear	36,6
BOUÇÃ	ZÉZERE 2	1x Bear	36,7
CABRIL	BOUÇÃ	1x Bear	10,5
CANIÇADA	PEDRALVA 2	1x Bear	13,4
CANIÇADA	RIBA DE AVE 1	1x Panther	33,2
CANIÇADA	RIBA DE AVE 2	1x Bear	33,2
CANIÇADA	VILA FRIA 1	1x Bear	46,7
CANIÇADA	VILA FRIA 2	1x Bear	56,2
CENTRAL SINES	SINES 1	2x Zambeze	12,8
CORGAS	FALAGUEIRA	1x Zebra	36,3
ERMIDAS SADO	FERREIRA DO ALENTEJO	1x Aster	26,0
FALAGUEIRA	CASTELO BRANCO 1	1x Zebra	41,6
FALAGUEIRA	CASTELO BRANCO 2	1x Zebra	41,6
FANHÕES	SACAVÉM 1	1x Zebra	13,3
FERNÃO FERRO	FOGUETEIRO 1 (REFER)	1x Bear	4,4
FERNÃO FERRO	FOGUETEIRO 2 (REFER)	1x Bear	4,4
FERNÃO FERRO	QUINTA DO ANJO	1x Zebra	12,1
FERNÃO FERRO	TRAFARIA 1	1x Bear	13,6
FERNÃO FERRO	TRAFARIA 2	1x Bear	13,6
FERREIRA DO ALENTEJO	ÉVORA	1x Zebra	61,3
FERREIRA DO ALENTEJO	OURIQUE	1x Bear	44,5
FRATEL	FALAGUEIRA	1x Bear	7,8
GARDUNHA	CASTELO BRANCO	1x Zebra	31,9
LINDOSO	CONCHAS (troço português) (***)	1x Bear	9,0
MENDOIRO	PREDALVA 1	1x Zebra	54,1
MENDOIRO	PREDALVA 2	1x Zebra	54,1
MONTE DA PEDRA	SINES	1x Bear	50,5
OLEIROS	PEDRALVA	1x Bear	19,4
OLEIROS	VILA FRIA	1x Bear	23,6
OURIQUE	ESTOI 1	1x Bear	73,8
OURIQUE	ESTOI 2	1x Bear	73,8
OURIQUE	NEVES CORVO	1x Bear	22,0
OURIQUE	TUNES	1x Bear	61,6
PALMELA	ÉVORA	1x Bear	96,7
PALMELA	FERNÃO FERRO 1	1x Zebra	23,0
PALMELA	FERNÃO FERRO 2	1x Zebra	23,0
PALMELA	FERNÃO FERRO 4	1x Zebra	23,9
PALMELA	QUINTA DO ANJO	1x Zebra	12,0
PALMELA	SETÚBAL 1	1x Zebra	4,2
PALMELA	SETÚBAL 2	1x Zebra	4,1
PALMELA	SETÚBAL 3	1x Zebra	4,0
PALMELA	MONTE DA PEDRA	1x Bear	41,0
PORTIMÃO	TUNES 1	1x Bear	27,9
PORTIMÃO	TUNES 2	1x Bear	27,9

BARRAMENTO INICIAL	BARRAMENTO FINAL	Tipo de Cabo	Comp. [km]
PORTO ALTO	PALMELA 1	1x Bear	36,7
PORTO ALTO	PALMELA 2	1x Bear	36,6
PORTO ALTO	QUINTA GRANDE 1 (REFER)	1x Bear	35,0
PORTO ALTO	QUINTA GRANDE 2 (REFER)	1x Bear	39,4
RIBA DE AVE	ERMESINDE 1	1x Panther	28,5
RIBA DE AVE	ERMESINDE 2	1x Panther	27,4
RIBA DE AVE	ERMESINDE 3	1x Bear	27,4
RIBA DE AVE	ERMESINDE 4	1x Bear	33,2
RIBA DE AVE	OLEIROS	1x Bear	35,2
RIBA DE AVE	RUIVÃES	1x Bear	5,1
SABOIA	LUZIANES 1	1x Bear	8,5
SABOIA	LUZIANES 2	1x Bear	8,5
SABOIA	PORTIMÃO	1x Bear	35,2
SACAVÉM	PORTO ALTO		
	-Troço em linha aérea	1x Bear	33,0
	-Troço em cabo subterrâneo (1000 mm2)	1x Alumínio	1,8
SALAMONDE	CANIÇADA	1x Zambeze	13,8
SINES	ERMIDAS SADO	1x Aster	32,6
SINES	OURIQUE 1	1x Zebra	63,4
SINES	OURIQUE 2	1x Zebra	63,4
SINES	PORTIMÃO 2	1x Bear	95,6
SINES	PORTIMÃO 3 (**)	2x Zambeze	99,3
SINES	SABOIA	1x Bear	60,7
TABUAÇO	RÉGUA	1x Bear	16,9
TERRAS ALTAS DE FAFE	RIBA DE AVE	1x Zebra	33,7
TUNES	ESTOI (*)	1x Zebra	54,1
VERMOIM	ERMESINDE 1	1x Bear	9,5
VERMOIM	ERMESINDE 2	1x Bear	9,5
VERMOIM	ERMESINDE 3	1x Zebra	9,5
VILA NOVA	RIBA DE AVE	1x Panther	53,5
VILA NOVA	SALAMONDE	1x Zambeze	8,0
ZÉZERE	FALAGUEIRA	1x Bear	54,0
ZÉZERE	PEREIRO 1	1x Bear	71,1
RAMAIS			
RAMAL DA LINHA ALTO RABAGÃO-CANIÇADA	P/ SUBESTAÇÃO DE CHAVES	1x Bear	36,6
RAMAL DA LINHA CANIÇADA - RIBA DE AVE 1	P/ CENTRAL FRADES	1x Zambeze	19,1
RAMAL DA LINHA CANIÇADA - RIBA DE AVE 2	P/ SUBESTAÇÃO DE GUIMARÃES	1x Bear	3,7
RAMAL DA LINHA CANIÇADA - VILA FRIA 1	P/ VILARINHO DAS FURNAS	1x Bear	7,3
RAMAL DA LINHA FALAGUEIRA-C.BRANCO 1	RODÃO (REFER)	1x Zebra	3,4
RAMAL DA LINHA FALAGUEIRA-C.BRANCO 2	RODÃO (REFER)	1x Zebra	3,4
RAMAL DA LINHA PALMELA - ÉVORA	P/ SUB. DE PEGÕES (REFER)	1x Bear	6,9
RAMAL DA LINHA PALMELA - FERNÃO FERRO 4	P/ SUBESTAÇÃO SEIXAL	1x Zebra	5,6
RAMAL DA LINHA PALMELA - MONTE DA PEDRA	P/ SUB. DE PEGÕES (REFER)	1x Bear	8,5
RAMAL DA LINHA VERMOIM - ERMESINDE 3	P/ SIDERURGIA NACIONAL (MAIA)	1x Bear	2,2
RAMAL DA LINHA VILA NOVA - RIBA DE AVE	P/ SUB. DE OLEIROS	1x Bear	29,3
RAMAL DO RAMAL DA LINHA PALMELA - FERNÃO FERRO 4	P/ LUSOSIDER	1x Zebra	0,2
TOTAL			2661,0

(*) Linha dupla com os ternos em paralelo.

(**) Linha isolada para 400 kV, explorada a 150 kV

(***) Linha a 130 kV

ANEXO B.

Listas de defeitos ocorridos, por linha, por causa, no período de 2001 a 2007

Tabela B.1 Causa: Cegonhas

Linha	Ano							Total
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
L1021/1610/L1121	7	8	23	30	5	9	4	86
L1057/1612/L1101	6	7	13	3	6	7	2	44
L1020	11	13	11	3				38
L1096	3	2	5	2		8	12	32
L1067/1611	1	2		1	1	9	7	21
L1085			3	1	3	8	1	16
L1006	4	1	4	3				12
L1066	10							10
L1104					1	1	5	7
L1043	3		1	1			1	6
L1044			1		3	1		5
L1078				4		1		5
L1123							5	5
L1002			1			3		4
L1008			1			1		2
L1074		1						1
L1105						1		1
L1124							1	1
L1125							1	1
Total L150 kV	45	34	63	48	19	49	39	297
L2152						11	2	13
L2141	4		1		2	3	1	11
L2xxx				3				3
L2038					2			2
Total L220 kV	4	0	1	3	4	14	3	29
L4007		2				5	7	14
L4025	6		4					10
L4039					3	1	2	6
L4041						1	4	5
L4024	3							3
L4xxx					1	2		3
L4001		1	1					2
L4010		1		1				2
L4035			1				1	2
L4039				2				2
L4056						1		1
L4xxx					1			1
Total L400 kV	9	4	6	3	5	10	14	51
Total RNT	58	38	70	54	28	73	56	377

Tabela B.2 Causa: Descargas Atmosféricas

Linha	Ano							Total
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
L1002			2			2		4
L1006	3		6					9
L1011							1	1
L1013						1		1
L1015		2						2
L1016		3						3
L1020	1		9	3				13
L1021/1610		2	5	1				8
L1027/1609	3		2			5	7	17
L1037	1							1
L1041	1		2					3
L1042	1		2					3
L1044		1						1
L1046	1							1
L1047	4	3	5	5	1	3		21
L1050	2	3	1	1				7
L1050/1618				1		1	5	7
L1051			1	1				2
L1052	2	1		1				4
L1052/1617						1		1
L1053	1	2		1				4
L1054/L1604	1			4		1		6
L1060		1		1				2
L1066		1						1
L1067/1611	3	1	4					8
L1071		2						2
L1072/1607			1					1
L1072/1607	1							1
L1073	1							1
L1074			1	1	1			3
L1074	1	1						2
L1075/L1613	2	3	1	1	1		1	9
L1078						1		1
L1079		1				2	2	5
L1081							2	2
L1085				2			1	3
L1086					1		2	3
L1089	1							1
L1090	2	2	2					6
L1091	3	4	1					8
L1092	1	2						3
L1094			1					1
L1095		1					1	2
L1101/1612			1			1		2
L1103		1						1
L1105						2	2	4
L1106		1	2	2	1		1	7
L1107/1615						1		1
L1108/1616						1		1
L1111						1	3	4
L1112				3		2		5
L1112							1	1
L1113				1				1
L1115/1116			1	3		1	1	6
L1121							1	1
L1123							1	1
L1124							1	1
L1xxx	7		5					12

L1xxx				6				6
L1xxx						1		1
Total L150 kV	43	38	55	38	5	27	33	239
L2003				1				1
L2007	1			1				2
L2009		1					1	2
L2015/2615				1				1
L2016/2603	2		1					3
L2018					1		1	2
L2021	1	4				1	2	8
L2022	1	5				3	2	11
L2028			1	1				2
L2029		1		1				2
L2034		1	1					2
L2037		1						1
L2038		1						1
L2039		1						1
L2044					1		1	2
L2045					1			1
L2048						2		2
L2053				2				2
L2053/2619						1		1
L2055/2614		2						2
L2057	3	2						5
L2069	2	2		1		1	3	9
L2074		1		2		1	1	5
L2075			1					1
L2076	1							1
L2080		3						3
L2081			1					1
L2097	2	1						3
L2098				1				1
L2100/2606		1						1
L2106		1				1		2
L2108	4	3	1	1			1	10
L2109	2							2
L2109							1	1
L2110	1	2		1				4
L2113		2	1		1			4
L2117				1				1
L2119				1				1
L2121/2608	1	2		1		2		6
L2122/2616		4						4
L2123	1	1				2		4
L2124/2612		3					3	6
L2125/2613		2	1	1		1	2	7
L2126		4				2	1	7
L2128		1						1
L2130	2	3		1		1		7
L2133	1	1				1	2	5
L2135/2617	3	1		1				5
L2136/2618	2			1				3
L2141	2						1	3
L2143		1						1
L2144	1							1
L2145	1							1
L2xxx							5	5
L2xxx					2	1		3
L2xxx						1		1
Total L220 kV	34	58	8	20	6	21	27	174
L4007			3		1		1	5

L4010			2				2	4
L4012	1	1				1		3
L4014	2	1		2				5
L4019	2	1	1	2		3	2	11
L4020	1	1						2
L4021				1		1	1	3
L4024		1						1
L4025	1	4	1	2				8
L4032/4602				2				2
L4035		2				1		3
L4036		3						3
L4038							1	1
L4039			2					2
L4039							1	1
L4047							1	1
L4050				4		1	2	7
L4055						1		1
L4xxx							2	2
Total L400 kV	7	14	9	13	1	8	13	65
Total RNT	84	110	72	71	12	56	73	478

Tabela B.3 Causa: Incêndios

Linha	Ano							Total
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
L1008			3					3
L1010					3			3
L1011		3				1		4
L1015		1						1
L1020			7	3				10
L1021/1610	1		5	3				9
L1024			1					1
L1047			10					10
L1050	2							2
L1051					3			3
L1053					3			3
L1055					1			1
L1067/1611	1							1
L1071					1			1
L1072/1607				1				1
L1074				3				3
L1075/L1613		1				2		3
L1079				3				3
L1086			1					1
L1088/1602			3					3
L1089		1	5		9		4	19
L1090		1				2		3
L1091		1				1		2
L1095					2	1		3
L1101/1612			1					1
L1105				1				1
L1106				1				1
L1107/1615			1					1
L1108/1616			2					2
L1115/1116			1		3			4
Total L150 kV	4	8	40	15	25	7	4	103
L1xxx			6					6
L2003	1							1
L2007	2	3						5
L2009	1							1
L2015/2615	1				4			5
L2021					2			2
L2022					2			2
L2026	4		9					13
L2028	1	1			2	1		5
L2029		4			18			22
L2030	1	1	7					9
L2034			1	2	14			17
L2040		5	2			2		9
L2046/2602			2		12			14
L2048		4		1				5
L2053	5	2						7
L2053/2619					11			11
L2055/2614					4			4
L2057	3	1			4	2		10
L2070					5			5
L2075	2							2
L2080	1			1				2
L2081	1		1	2				4
L2097	3	1			1	2		7
L2098	3							3

Linha	Ano							Total
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
L2106				2	4	1		7
L2108					12			12
L2109					7			7
L2113					1			1
L2121/2608					1	1		2
L2122/2616					2			2
L2123					1	2		3
L2124/2612		2			2			4
L2125/2613		1			1			2
L2126	1				5			6
L2130				1				1
L2133	3	2	3	1	3			12
L2134	10		7					17
L2135/2617	10		1					11
L2136/2618	7		5					12
L2141				2				2
L2143					2			2
L2xxx					5			5
L2xxx					3			3
Total L220 kV	60	27	44	12	128	11	0	282
L4001			3					3
L4004						2		2
L4008					7			7
L4010	1		4		1			6
L4012	1					1		2
L4014		1	2		7	6		16
L4018			7					7
L4019		1				4		5
L4020					2	1		3
L4025			10	6	43	12		71
L4031		5	5	1	5			16
L4032/4602			14					14
L4035		10	1		8	8		27
L4036		7	2		6			15
L4039				2				2
L4056							1	1
L4xxx				2				2
Total L400 kV	2	24	48	11	79	34	1	199
Total RNT	66	59	132	38	232	52	5	584

Tabela B.4 Causa: Nevoeiro ou Neblina e Poluição

Linha	Ano							Total
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
L1021/1610	3	1		1				5
L1067/1611							5	5
L1006		2	1	2				5
L1020	1	1		1				3
L1044					1		2	3
L1008	1	1		1				3
L1041		3						3
L1047				2				2
L1106			1				1	2
L1113				2				2
L1040	2							2
L1096				1				1
L1057/1612		1						1
L1042		1						1
L1016		1						1
L1098				1				1
Total L150 kV	7	11	2	11	1	0	8	40
L2138	4	10		7				21
L2141		15						15
L2137	4	11						15
L2038					13			13
L2046/2602						5		5
L2128		4						4
L2105/2624					4			4
L2016/2603		2						2
L2100/2606		1						1
Total L220 kV	8	43	0	7	17	5	0	80
L4001	7	4	7					18
L4007		9	1	1	6			17
L4025	1	4			8			13
L4033				5	8			13
L4034				5	5			10
L4036		8						8
L4031	1	7						8
L4018		2			5			7
L4010	2			1	2			5
L4008			1		2	1		4
L4041					2			2
L4044							2	2
L4xxx					1			1
L4xxx				1				1
L4043							1	1
L4002				1				1
L4005	1							1
L4xxx			2					2
Total L400 kV	12	34	11	14	39	1	3	114
Total RNT	27	88	13	32	57	6	11	234

ANEXO C.

Mapas da RNT

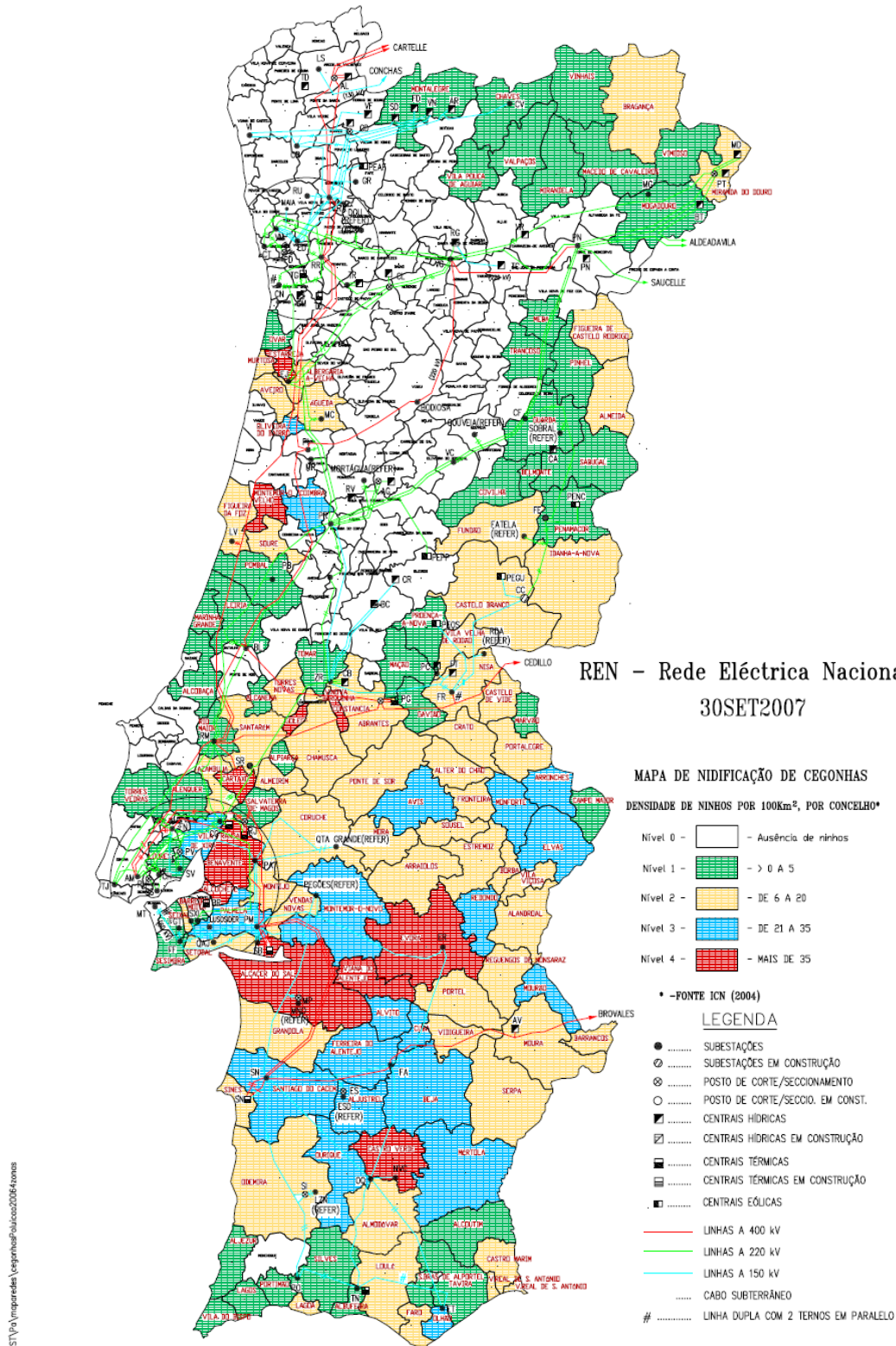


Figura C.1 Mapa de zonas de nidificação de cegonhas (fonte: REN).

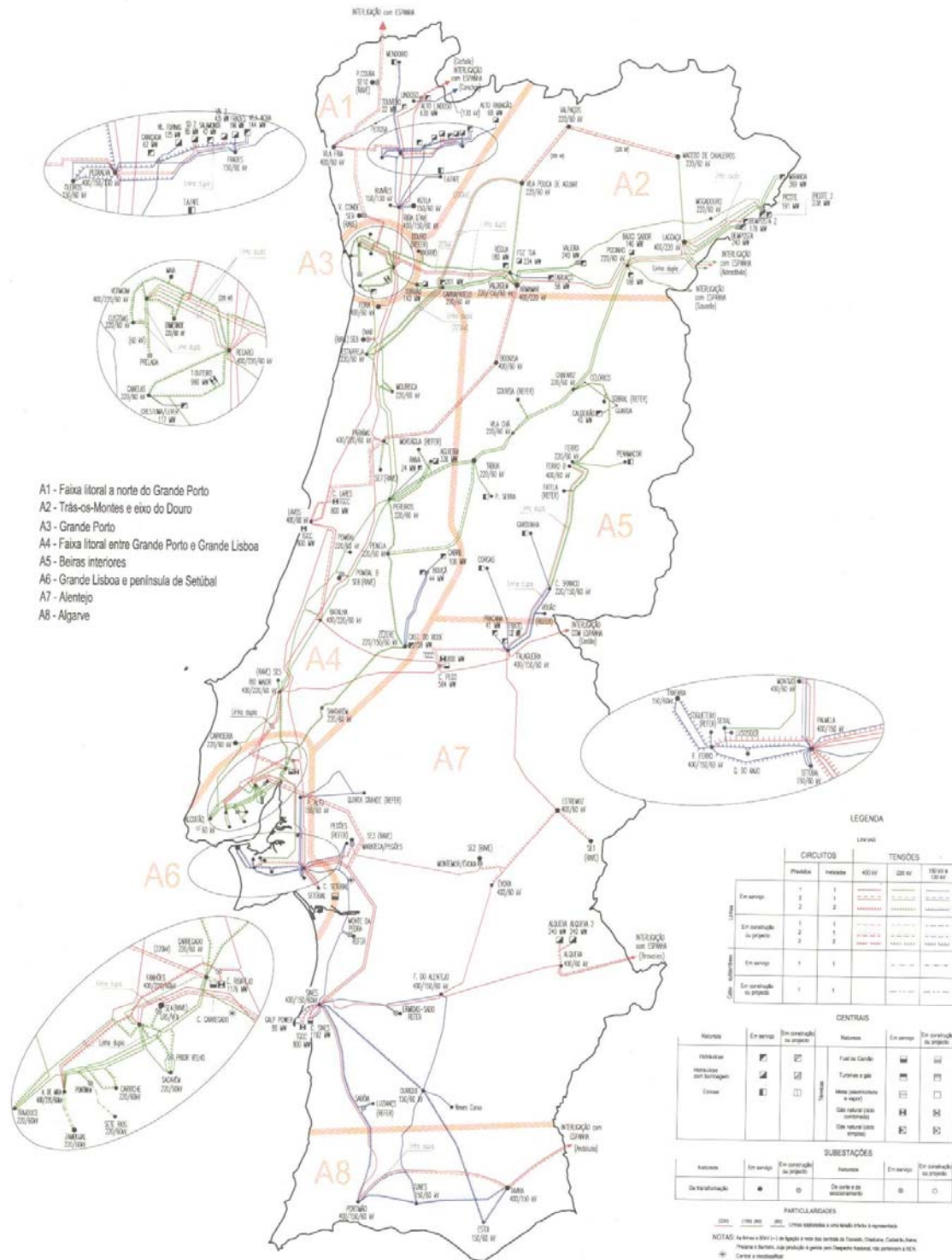


Figura C.2 Mapa divisão RNT Áreas Geográficas (fonte: [5]).

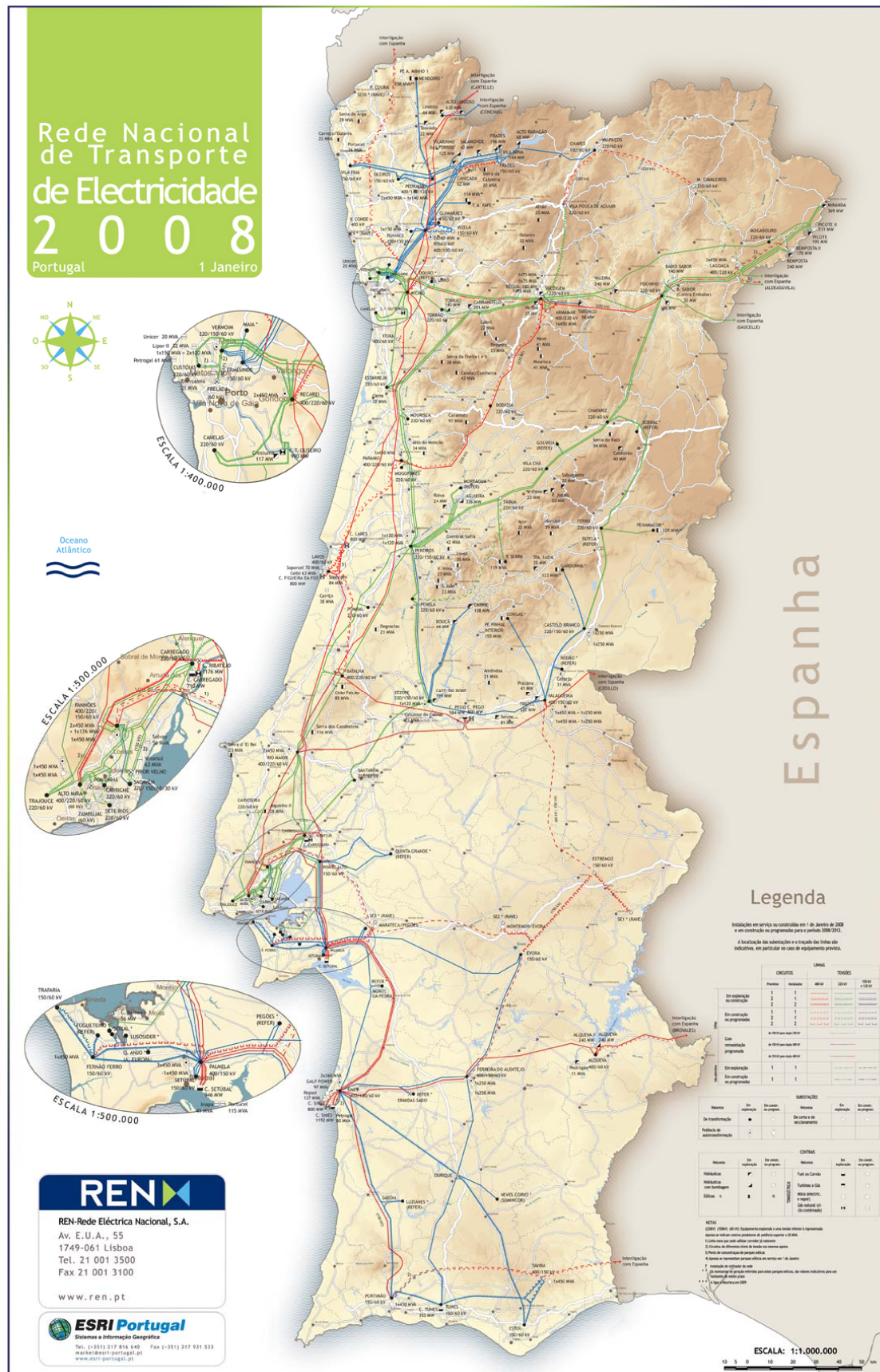


Figura C.3 Mapa da Rede Nacional de Transporte de Electricidade em 2008-01-01 (fonte: REN)