



**RAMAL DA LINHA CENTRAL DE SINES - SINES 3
PARA CALB B, A 400 KV**

PROJETO PRÉVIO

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

Revisão	Data	Descrição	Elaborado	Verificado	Aprovado
0	30/08/2023	Emissão inicial	JC	RS	MP

	Nome	Assinatura	Data
Elaborado por:	José Carlos Martins		30/08/2023
Verificado por:	Rui Sá		30/08/2023
Aprovado por:	Marcelo Pereira		30/08/2023

ÍNDICE GERAL

1.	CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1.1.	OBJETO.....	1
1.2.	CARACTERÍSTICAS DA LINHA DE LIGAÇÃO DA FÁBRICA À RNT, A 400 KV.....	1
1.3.	CRITÉRIOS TÉCNICOS GERAIS	1
2.	EQUIPAMENTO	3
2.1.	APOIOS.....	3
2.2.	FUNDAÇÕES	4
2.3.	CABOS	5
2.3.1.	ASPETOS GERAIS DO DIMENSIONAMENTO.....	5
2.3.2.	DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA ASSOCIADAS A CABOS.....	7
2.4.	ACESSÓRIOS DOS CABOS CONDUTORES E DE GUARDA.....	8
2.5.	AMORTECEDORES DE VIBRAÇÕES.....	9
2.6.	CADEIAS DE ISOLADORES	9
2.6.1.	ASPETOS DE DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO.....	9
2.6.2.	ACESSÓRIOS DE CADEIAS	11
2.6.3.	FIXAÇÃO À ESTRUTURA.....	11
2.7.	COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO.....	12
2.8.	CIRCUITO DE TERRA DOS APOIOS	12
2.8.1.	NORMALIZAÇÃO ADOTADA.....	12
2.8.2.	CONSTITUIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS CIRCUITOS DE TERRA.....	14
3.	CÁLCULOS	15
3.1.	CÁLCULOS ELÉTRICOS	15
3.1.1.	RESISTÊNCIA ELÉTRICA LINEAR DOS CONDUTORES	15
3.1.2.	CAPACIDADE TÉRMICA.....	15
3.1.3.	EFEITO COROA. CAMPO ELÉTRICO CRÍTICO. PERDAS POR EFEITO COROA	18
3.1.4.	CONSTANTES ELÉTRICAS DA LINHA.....	19

4.	DIRETRIZ DA LINHA.....	20
4.1.	LOCALIZAÇÃO.....	20
5.	TRAVESSIAS E CRUZAMENTOS	21
5.1.	TRAVESSIAS DE ESTRADAS	21
5.2.	TRAVESSIAS DE SERVIDÕES DE VIAS-FÉRREAS.....	21
5.3.	TRAVESSIAS DE CURSOS DE ÁGUA	21
5.4.	SERVIDÕES AERONÁUTICAS CIVIS E MILITARES	22
5.5.	CRUZAMENTOS E PARALELISMOS COM LINHAS DE TELECOMUNICAÇÕES.....	22
5.6.	CRUZAMENTOS COM OUTRAS LINHAS ELÉTRICAS AÉREAS.....	22
5.7.	CRUZAMENTOS E PARALELISMOS COM GASODUTOS.....	23
6.	BALIZAGEM AÉREA.....	23
6.1.	SINALIZAÇÃO PARA AERONAVES.....	23
6.1.1.	BALIZAGEM DIURNA.....	23
6.1.2.	BALIZAGEM NOTURNA.....	24
6.2.	SINALIZAÇÃO PARA AVIFAUNA.....	24
6.3.	CONTACTOS ACIDENTAIS COM PEÇAS EM TENSÃO	25
6.4.	RELAÇÃO DE OBSTÁCULOS A LIGAR À TERRA E DIMENSIONAMENTO DO CIRCUITO DE TERRA	25
7.	EFEITOS DOS CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS	25
7.1.	VALORES LIMITES	25
7.2.	CÁLCULO DO CAMPO ELÉTRICO.....	26
7.2.1.	MODELO DE CÁLCULO	26
7.2.2.	VALORES CALCULADOS	28
7.3.	CÁLCULO DO CAMPO MAGNÉTICO.....	29
7.3.1.	MODELO DE CÁLCULO	29
7.3.2.	VALORES CALCULADOS	30
7.3.3.	MEDIDAS IMPLEMENTADAS NO PROJETO PARA MINIMIZAÇÃO DA EXPOSIÇÃO	30
8.	ELEMENTOS DO PROJETO PRÉVIO	32

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Características gerais dos apoios	4
Tabela 2.2 - Fundações características para os apoios utilizados na linha em projeto.....	5
Tabela 2.4 - Distâncias de segurança	7
Tabela 2.4 - Classificação da poluição ao longo da linha	10
Tabela 2.5 - Tipo de cadeias a aplicar	10
Tabela 2.6 - Distâncias sob carga de vento com exceção do vento extremo EN50341	11
Tabela 2.7 - Limites especificados para a tensão de contacto e de passo	13
Tabela 2.8 - Características do tipo de circuito de terra apresentado.....	14
Tabela 3.1 - Correntes de defeito trifásico previstas	17
Tabela 3.2 - Comportamento dos cabos em regimes de defeito.....	17
Tabela 3.3 - Campo elétrico máximo à superfície.....	18
Tabela 3.4 - Perdas anuais	19
Tabela 3.5 - Grandezas diretas	19
Tabela 3.6 - Grandezas homopolares	20
Tabela 4.1 – Localização da linha, segundo a Carta Administrativa Oficial de Portugal.....	20
Tabela 5.1 - Cruzamentos com Estradas.....	21
Tabela 5.2 - Cruzamentos com Caminhos de Ferro	21
Tabela 5.3 - Cruzamentos com Linhas de Água	21
Tabela 5.4- Cruzamentos com Outras Linhas Elétricas Aéreas	22
Tabela 7.1 - Limites de exposição a campos elétricos e magnéticos a 50 Hz.....	25
Tabela 7.2 - Valores calculados do campo elétrico.....	29
Tabela 7.3 - Valores calculados do campo magnético	30

1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1. OBJETO

A CALB (Europa) pretende construir uma nova fábrica para produção de células de lítio em Portugal.

A área dimensionada para ZILS Park é de cerca de 93,2 hectares. Prevê-se que o projeto se desenvolva em duas fases. A fábrica será construída no decorrer da fase I, e ocupará uma área de 47,6 hectares, onde acumulará uma capacidade de armazenamento, em bateria de lítio, de 15 GWH.

Este empreendimento dará à CALB a capacidade de desenvolvimento dos seus produtos no mercado europeu. O que torna um investimento importante a nível nacional, numa prospeção da exportação de produtos.

O complexo será construído no leste de Sines, incluirá vários departamentos, 2 laboratórios, um edifício de I&D e administrativo, centro de serviços para funcionários e ainda 3 dormitórios.

A presente memória descritiva refere-se ao projeto prévio da linha, a 400 kV, que fará a ligação da futura fábrica de baterias da empresa chinesa CALB (China Aviation Lithium Battery Technology), através da Subestação incluída no seu complexo à Rede Nacional de Transporte (RNT), para permitir a alimentação da fábrica.

1.2. CARACTERÍSTICAS DA LINHA DE LIGAÇÃO DA FÁBRICA À RNT, A 400 KV

A ligação de fábrica da empresa CALB à RNT será feita através de uma linha aérea de terno simples, a 400 kV, desde a fábrica CALB até à interligação à Linha Central de Sines - Sines 3, a 400 kV. Esta linha tem uma extensão total de cerca de 4.18 km, com dois cabos condutores por fase (geminados), dispostos em apoios de esteira horizontal até ao apoio P9, em triangulo entre o P10 e o P15 finalizando em esteira vertical no P16. Está prevista a utilização de apoios do tipo Q e DL, cabos condutores do tipo ACSR 595 (ZAMBEZE) e cabos de guarda tipo OPGW+DORKING.

1.3. CRITÉRIOS TÉCNICOS GERAIS

Do ponto de vista técnico, o projeto a que se refere a presente memória, será constituído pelos elementos estruturais normalmente usados em linhas do escalão de tensão de 400 kV, nomeadamente:

- ≡ Apoios reticulados em aço da família Q, utilizados em linhas aéreas simples;
- ≡ Apoios reticulados em aço da família DL, utilizados em linhas aéreas duplas;
- ≡ Fundações do apoio constituídas por quatro maciços independentes formados por uma sapata e uma chaminé prismática;

- ≡ Dois cabos condutores por fase, em alumínio-aço, do tipo ACSR 595 (ZAMBEZE);
- ≡ Dois cabos de guarda, do tipo OPGW e ACSR 153 (DORKING);
- ≡ Isoladores de vidro temperado do tipo U160BS;
- ≡ Cadeias de isoladores e acessórios adequados ao escalão de corrente de defeito máxima de 50 kA;
- ≡ Circuitos de terra do apoio dimensionados de acordo com as características dos locais de implantação.

Nos aspetos técnicos regulamentares e/ou normativos, entre outros, observar-se-ão os seguintes no âmbito nacional:

- ≡ EN 50341-1- Overhead electrical lines exceeding AC 1kV. *Part 1: General requirements – Common specifications*;
- ≡ EN 50341-3-17 - *National Normative Aspects (NNA) for Portugal*;
- ≡ Dec. Reg. 1/92 - Anexo: Regulamento de Segurança de Linhas Elétricas de Alta Tensão (RSLEAT);
- ≡ Circulares da Direção Geral de Aviação Civil;
- ≡ Condicionamentos relativos aos diversos Planos de Diretores Municipais (PDM);
- ≡ Portaria 1421/2004 de 23 de novembro, que fixa os níveis de referência relativos à exposição da população aos Campos Eletromagnéticos;
- ≡ Decreto-Lei nº 11/2018 de 15 de fevereiro que estabelece os critérios de minimização e monitorização de exposição da população a CEM que devem orientar o planeamento e a construção das linhas;
- ≡ Legislação relativa à Avaliação de Impacte Ambiental (AIA);
- ≡ Legislação referente ao Domínio Hídrico;
- ≡ Legislação relativa à Reserva Agrícola Nacional (RAN), incluindo o Regime Florestal;
- ≡ Legislação relativa à Reserva Ecológica Nacional (REN);
- ≡ Lista Especificações Técnicas da REN, SA.;
- ≡ Lista de Documentos Técnicos de Referência elaborados pela REN, SA.;
- ≡ Normativos e Publicações da CEI, ISO e CENELEC aplicáveis;

- ≡ Legislação relativa a Projeto de elementos tipo de apoios;
- ≡ Regulamento de Proteção às Espécies Florestais e Agrícolas;
- ≡ Regulamento Geral do Ruído (Dec. – Lei n.º 9/2007 de 17 de janeiro);
- ≡ Legislação relativa a Servidões Administrativas;

e internacionais sobre os temas:

- ≡ Tensões Induzidas - *National Electrical Safety Code, USA (NESC)*;
- ≡ Perturbações Radioelétricas - *Comité International Spécial des Perturbations Radiophoniques (CISPR)*;
- ≡ Critérios de Funcionamento da Linha em Regime de Curto-circuito.

2. EQUIPAMENTO

2.1. APOIOS

Os apoios da família Q e DL e respetivas fundações foram já licenciados como elementos tipo das linhas da RNT pelo que se referem seguidamente apenas as respetivas características gerais. Os desenhos das silhuetas dos apoios constituem o Anexo A.02.

As estruturas dos apoios são constituídas por estruturas metálicas treliçadas convencionais, formadas por perfis L de abas iguais ligados entre si diretamente ou através de chapas de ligação e parafusos. Os apoios da família Q e DL, incluindo perfis e chapas, estão calculados para o aço de designação: Fe510C/S355JO ($\sigma_c = 355 \text{ N/mm}^2$)⁽¹⁾.

Os parafusos são de classe 8.8, conforme desenhos de construção, de rosca métrica, segundo norma DIN 7990, normalização adotada em regra na Europa com a vantagem de possuir uma gama de espigões de comprimentos bem adaptados para a utilização em estruturas metálicas e em apoios de linhas elétricas em particular.

A proteção dos apoios contra a corrosão é assegurada por zincagem a quente, a qual tem uma espessura mínima de 70 μm nas peças com espessura inferior ou igual a 6 mm e 80 μm nas peças de espessura superior a 6 mm.

⁽¹⁾ Designação segundo EN 10025 e de acordo com EN 10027 e ECISS/IC 10.

As dimensões tipo, são as seguintes:

Tabela 2.1 - Características gerais dos apoios

Família de Apoios	Altura Útil Mínima ao Solo [m]	Altura Útil Máxima ao Solo [m]	Altura Total Máxima [m]	Envergadura [m]
QS	20.6	40.6	44.55	20.0
QA	20.6	40.6	45.60	22.8
QT	20.6	40.6	45.60	24.1
DL	24.0	52.0	74.60	17.0

2.2. FUNDAÇÕES

As fundações para os apoios indicados no ponto anterior são constituídas por quatro maciços de betão independente, com sapata, chaminé prismática e armadura de aço. Conforme estipula a regulamentação as fundações associadas aos apoios são dimensionadas para os mais elevados esforços que lhe são comunicados pela estrutura metálica, considerando todas as combinações regulamentares de ações. O dimensionamento destas fundações é, por sua vez, dependente das condições geotécnicas do terreno onde são implantadas.

Assim, *a priori*, as fundações são definidas para condições “médias” de terreno correspondentes a uma caracterização tipo de “areia fina e média até 1 mm de diâmetro de grão” a que correspondem as características:

- ≡ Massa Volúmica = 1600 kg/m³;
- ≡ Ângulo de Talude Natural = 30 a 32°;
- ≡ Pressão Admissível = 200 a 300 kPa.

Quanto às características do betão, em condições normais, são as que correspondem ao do betão tipo C30/37, caracterizado pela sua resistência à compressão aos 28 dias de 30 MPa (provetes cilíndricos).

As fundações são dimensionadas ao arrancamento, na generalidade dos casos abrangidos pelas condições “médias” de terreno, pelo método do peso de terreno estabilizante, calculado pelo tronco de pirâmide de abertura a 30° e desprezando a contribuição da força de atrito do terreno.

Na tabela seguinte podemos observar o tipo de fundações características para os apoios utilizados na linha em projeto:

Tabela 2.2 -Fundações características para os apoios utilizados na linha em projeto

Tipo de Apoio	Tipo de Fundação
QS	DRE040
QA	DRE101
QT	DRE135
DLA	DRE184
DLT	DRE266

Na fase de piquetagem, previamente à construção, são detetadas as situações que serão objeto de dimensionamento específico do ponto de vista geométrico e geotécnico. No primeiro caso trata-se de adaptar o apoio ao terreno, utilizando pernas desniveladas ou maciços de configuração especial, no segundo caso trata-se de verificar e/ou redimensionar os maciços face aos valores que as grandezas acima referidas apresentam nos locais de implantação.

O Anexo A.03 contém os esquemas das fundações normais dos apoios reticulados a instalar.

2.3. CABOS

2.3.1. ASPETOS GERAIS DO DIMENSIONAMENTO

As características mecânicas e elétricas dos cabos estão indicadas no Anexo A.05, as condições gerais de utilização são as habitualmente adotadas pela REN, SA. neste tipo de cabos. Um dos cabos instalados na posição de cabo de guarda será de facto um cabo tipo OPGW (*optical ground wire*), o qual possui no seu interior fibras óticas destinadas às funções de telemedida e telecontrole bem como de telecomunicações em geral.

2.3.1.1. ASPETOS MECÂNICOS

- ≡ Cabos Condutores: **ACSR 595 (ZAMBEZE)**
- ≡ Cabos de Guarda: **ACSR 153 (DORKING) + OPGW**

As condições de trabalho dos cabos e de estabelecimento impostas no Caderno de Encargos, traduzidas numa distância mínima ao solo de 14 metros para o nível de tensão de 400 kV, assim como a ocorrência de árvores de espécies protegidas que têm de ser preservadas, conduziram aos valores dos parâmetros e trações horizontais dos cabos condutores e cabos de guarda.

A linha em projeto foi calculada para a condição de “Zona A”, garantindo as condições mecânicas exigidas na condição EDS (*Every Day Stress*)⁽²⁾ máximo, e garantindo as condições de estabilidade das cadeias de Isoladores, é incluída uma relação dos ângulos de oscilação das cadeias de suspensão na situação convencionalmente utilizada para a verificação dos desvios máximos para a temperatura de 15°C e metade do vento máximo.

A fim de prevenir a ocorrência de defeitos nos cabos originados por dobragem excessiva nos pontos de fixação aos apoios foram verificados os ângulos de enrolamento dos cabos condutores nas pinças de suspensão.

2.3.1.2. ASPETOS ELÉTRICOS

Do ponto de vista elétrico, o cálculo efetuado para os apoios Q e DL (com separadores de 40 cm), com o cabo ACSR 595 (ZAMBEZE) e para a tensão nominal da linha, conduz a um campo elétrico máximo à superfície dos condutores de 15.06 kV/cm, para os apoios Q, e de 15.27 kV/cm, para os apoios DL. Do ponto de vista das perdas por efeito de coroa, assim como do ruído acústico e interferência radioelétrica, este valor é aceitável. Por outro lado, a utilização do cabo ACSR 595 (ZAMBEZE) associada às alturas ao solo impostas neste projeto conduz a valores de campo elétrico ao nível do solo inferiores aos limites definidos, na Portaria 1421/2004 de 23 de novembro, que retomam os valores estipulados por organismos internacionais (ICNIRP) e adotados na União Europeia (ver 7 e o Anexo A.09).

No que diz respeito ao comportamento dos cabos em situações de defeito, considerou-se o nível máximo de corrente de defeito de $0.95 \times 50 \text{ kA} = 47.5 \text{ kA}$, visto que 5% da corrente de curto-circuito se escoia para a subestação mais longe. O cabo ACSR 595 (ZAMBEZE), apresenta-se dimensionado para correntes de curto-circuito máximas de 23.75 kA para 0.35 s, correspondendo a uma temperatura máxima do cabo de 83.61°C ($T_{inicial} = 75^\circ\text{C}$).

O mesmo se passa com os cabos de guarda do tipo DORKING, os quais são elementos importantes na segurança de pessoas, dado o efeito moderador na distribuição da corrente de defeito, transportando a maior parte daquela e reduzindo, portanto, a corrente que é escoada para o solo via poste. Em relação à ação protetora ou de blindagem dos condutores, que se reflete na qualidade de serviço da Rede de Transporte, os cabos de guarda do tipo DORKING encontram-se bem dimensionados para uma corrente de descarga atmosférica de 20 kA.

⁽²⁾ O EDS é definido em Portugal a uma temperatura dos condutores de 15 °C e ausência de vento. Pretende traduzir aquelas condições atmosféricas a que corresponde um maior grau de probabilidade de ocorrência, o valor médio mais frequente. O valor percentual indicado representa a percentagem da tração nestas condições em função da tração última (i.e., de rotura) do cabo.

A linha possui em toda a extensão dois cabos de guarda. Admitindo um defeito de 50 kA num dos extremos da linha, ter-se-ia em cada cabo uma corrente de $0.75 \times 50 / 2 = 18.75$ kA (supondo o escoamento de 75 % da corrente de defeito pelos cabos de guarda, e 25 % da mesma é conduzida pelo poste para terra), correspondendo a uma temperatura máxima de 129°C e 167°C, para os cabos de guarda DORKING e OPGW, respetivamente ($T_{inicial} = 30^\circ\text{C}$).

2.3.2. DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA ASSOCIADAS A CABOS

Sobre este tema observa-se o disposto no RSLEAT (DR 1/92), onde se definem várias distâncias mínimas, como:

- ≡ Ao solo;
- ≡ Às árvores;
- ≡ Aos edifícios;
- ≡ Às autoestradas e Estradas Nacionais;
- ≡ Entre cabos de guarda e condutores;
- ≡ Entre condutores, etc.

Em relação às distâncias de segurança, particularmente aos obstáculos a sobrepassar (solo, árvores, edifícios, estradas, etc.) deve dizer-se que estas serão verificadas para a situação de flecha máxima, ou seja, temperatura dos condutores de 85°C sem sobrecarga.

Neste projeto, adotaram-se os critérios definidos pelas especificações técnicas da REN, SA. os quais estão acima dos mínimos regulamentares, criando-se assim uma servidão menos condicionada e aumentando-se o nível de segurança em geral. Na tabela seguinte mostram-se os valores adotados:

Tabela 2.3 - Distâncias de segurança

Obstáculos	400 kV	
	Critério adotado REN [m]	Critério RSLEAT [m]
Solo	14.0	8.0
Árvores	8.0	5.0
Edifícios	8.0	6.0
Estradas	16.0	10.3

Obstáculos	400 kV	
	Critério adotado REN [m]	Critério RSLEAT [m]
Vias-férreas eletrificadas	16.0 ⁽³⁾	16.0 ⁽³⁾
Vias-férreas não eletrificadas	15.0	10.3
Outras linhas aéreas	7.0 ⁽³⁾	6.5 ⁽³⁾
Obstáculos Diversos	7.0	5.0

2.4. ACESSÓRIOS DOS CABOS CONDUTORES E DE GUARDA

Os acessórios de fixação (pinças de amarração e de suspensão) e os de reparação (uniões e mangas de reparação) estão dimensionados para as ações mecânicas transmitidas pelos cabos e para os efeitos térmicos resultantes do escalão de corrente de defeito máxima (50 kA).

As uniões e pinças de amarração dos cabos, ACSR 595 (ZAMBEZE) são do tipo de compressão, constituídas por um tubo de aço que se comprime sobre a alma de aço e por um tubo de alumínio que se comprime na superfície do cabo condutor. Qualquer destes acessórios tem uma carga de rotura não inferior à dos cabos, e particularmente as uniões devem garantir aquela carga simultaneamente com uma resistência elétrica inferior a um troço de cabo de igual comprimento. Os valores de dimensionamento conduzem assim a uma carga última de rotura destes acessórios não inferior a 150 kN e temperatura final do material abaixo do limite térmico para correntes de 50 kA durante 0.35 s.

A amarração do OPGW realiza-se sem corte do cabo e este é fixado por um conjunto de varetas pré-formadas que fornecem o necessário aperto.

As pinças de suspensão para fixação dos condutores e cabos de guarda nos apoios de suspensão são do tipo AGS – *Armour Grip Suspension*. Este tipo de pinças, normalizadas nas linhas da REN, S.A., fixam o cabo através de um sistema de varetas helicoidais pré-formadas e de uma manga de neopreno, apresentando características particularmente favoráveis no que diz respeito à redução ou eliminação de danos causados aos fios que formam o cabo na zona de fixação, em resultado de fadiga causada por vibrações eólicas.

Serão usados separadores de 400 mm e com a função dupla de amortecedor/separador (na linguagem anglo-saxónica como *Speed-Grip Spacers*) com parafuso de topo *break-away*.

⁽³⁾ Considerando o ponto de cruzamento a 200 m do apoio mais próximo.

2.5. AMORTECEDORES DE VIBRAÇÕES

Consideram-se aqui os problemas de fadiga causada por vibrações eólicas sobre os fios dos cabos, uma vez que este problema não se coloca em relação aos apoios (estes têm uma frequência própria de vibração muito baixa). Apesar das conhecidas características redutoras de danos de fadiga nos cabos condutores associadas ao uso de pinças de suspensão AGS, tanto estes como os cabos de guarda estão sujeitos a regimes de vibrações eólicas, que exigem a adoção de sistemas especiais de amortecimento das mesmas. Alguns fatores determinam o comportamento dos cabos nestas circunstâncias:

- ≡ Características de inércia (massa) e de elasticidade;
- ≡ Características dos acessórios de fixação dos cabos;
- ≡ Tensão mecânica de esticamento (normalmente referenciada ao EDS);
- ≡ Geometria dos vãos;
- ≡ Regime dos ventos (geralmente os regimes de rajada que condicionam as trações máximas sobre cabos e estruturas, não produzem fadiga nos cabos; são neste caso os regimes lamelares de velocidade baixa-média que produzem as vibrações de mais alta frequência que conduzem a problemas de fadiga mecânica; os terrenos de baixa rugosidade oferecem em geral as condições topográficas para a ocorrência deste tipo de ventos).

A modelização matemática deste fenómeno, com a intenção de produzir resultados generalizáveis a todas as circunstâncias de projeto é bastante complexa e uma perspectiva de cálculo caso a caso não é prática. De um modo geral, em função da parametrização das grandezas acima referidas, são projetados amortecedores, cujas características de inércia e elásticas permitem o amortecimento num espectro relativamente largo de frequências na gama das expectáveis. A geometria de colocação no vão é geralmente definida através de regras empíricas e de uma análise estatística baseada numa amostragem significativa de ensaios, medidas laboratoriais e experiência de utilização. Assim para este projeto, a colocação de amortecedores será efetuada após a regulação dos cabos e com base em estudos específicos a realizar pelo fornecedor deste tipo de equipamentos.

2.6. CADEIAS DE ISOLADORES

2.6.1. ASPETOS DE DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO

Serão usados isoladores de calote e haste em vidro do tipo U160BS para a linha e nas amarrações ao Pórtico. Estes isoladores que classificaremos de “normais” estão bem adaptados às zonas de poluição média, que caracterizam todo o corredor da linha. Por outro lado, do ponto de vista do diâmetro do

espigão é suficiente para as correntes de defeito previstas. As características destes isoladores estão tabeladas no Anexo A.06.

Tabela 2.4 - Classificação da poluição ao longo da linha

Postes	Poluição	Carga de rotura [kN]
Toda a linha	Ligeira / Média	160

Para as zonas de poluição ligeira/média a linha de fuga a considerar é de 20 mm/kV (tensão composta)⁽⁴⁾, de acordo com o que se define a composição adequada para os diferentes tipos de cadeias na linha, a saber:

Tabela 2.5 - Tipo de cadeias a aplicar

Função da Cadeia Isoladores	Tipo e Quantidade Isolador	Plano/Desenho (Ver Anexo A.07)
Cadeias de amarração dupla (pórticos das subestações)	2 x 23 U160 BS	PL 10192
Cadeias de amarração dupla	2 x 23 U160 BS	PL 10193
Cadeias de suspensão dupla	2 x 23 U160 BS	PL 10198
Cadeias de suspensão simples (cadeias em "V" [90°]) - Condutor Central apoio tipo QS	2 x 23 U160 BS	PL 10199

De acordo com o Guia de Coordenação de Isolamento (atualização de 2013) serão retiradas as hastes de descarga reguláveis nas cadeias de amarração aos pórticos e colocados descarregadores de sobretensão de baixa tensão residual na entrada dos painéis de linha. O comprimento da linha de fuga das cadeias com isoladores U160BS é 8740 mm (21.85 mm/kV). Estas distâncias estão devidamente coordenadas com as distâncias mínimas entre peças em tensão e as partes metálicas das estruturas (massa) - que o RSLEAT preconiza para situação em repouso e desviada pelo vento, respetivamente, 2700 e 2600 mm - valores respetivamente inferiores aos mínimos preconizados pela REN, S.A.⁽⁵⁾ nos intervalos correspondentes e que são, [3111 – 3186] e [2600] em mm para uma variação da distância entre hastes de guarda respetivamente correspondente de, [2828 – 2896] em mm.

⁽⁴⁾ Vd. Norma CEI-60815.

⁽⁵⁾ O critério determinante deste dimensionamento é o de considerar que a distância entre peças em tensão e a estrutura, quando a cadeia de isoladores equipada é desviada pelo vento, deve garantir uma tensão suportável (50 Hz) 10% acima da tensão suportável da cadeia de isoladores equipada e sob chuva, enquanto que, na situação de repouso o critério aponta para a garantia de uma tensão suportável ao choque atmosférico 10% acima da cadeia de isoladores devidamente equipada.

Tabela 2.6 - Distâncias sob carga de vento com exceção do vento extremo EN50341

Tensão mais elevada [kV]	Distância mínima condutor-apoio em repouso [m]		Distância mínima condutor-apoio com vento [m]	
	Ao braço ou estrutura kg=1.45	Dentro da janela kg=1.25	Ao braço ou estrutura kg=1.45	Dentro da janela kg=1.25
420	2.60	3.24	1.12	1.34

2.6.2. ACESSÓRIOS DE CADEIAS

Os acessórios de 400 kV estão adaptados ao escalão de corrente de defeito de 50 kA, durante 0.4 s, sendo a densidade máxima de corrente limitada a 75 A/mm².

As hastes de guarda nas cadeias de amarração e suspensão com isoladores U160BS são em varão de aço de Ø 25 mm, os anéis de descarga são em tubo de aço de Ø 60 mm, e com uma abertura de 50 mm e secção mínima de 500 mm².

Ainda relativamente aos dispositivos de proteção será de referir que eles se devem dispor de modo a proteger os isoladores do arco obrigando-o a manter-se afastado daqueles. No caso da presente linha as cadeias de suspensão duplas são colocadas com os dispositivos de guarda dispostos no plano perpendicular ao condutor, com estes para o exterior da linha, excetuando o condutor central em apoios de linha simples, que tem dispositivos para ambos os lados no plano paralelo ao dos condutores.

Os planos das cadeias estão incluídos no Anexo A.07.

2.6.3. FIXAÇÃO À ESTRUTURA

Os conjuntos de cadeia, quer dos condutores quer dos cabos de guarda, são fixos à estrutura através de um sistema de caixa e charneira, o qual oferece uma resistência de contacto favorável em comparação com os sistemas de fixação com acessórios de perfil redondo. A adoção deste sistema resultou da experiência de exploração e de ensaios específicos para o efeito.

No caso dos cabos do tipo OPGW, as fixações (amarração e suspensão) terão um sistema de shunt a assegurar a ligação à estrutura de forma franca, de modo a evitar quaisquer sobreaquecimentos na zona de derivação em resultado de correntes de defeito.

Os planos de fixação dos cabos de guarda estão incluídos no Anexo A.07.

2.7. COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO

No sentido de estabelecer a coordenação de isolamento, as várias distâncias mínimas a considerar são organizadas de acordo com uma hierarquia. Por ordem crescente teremos:

1. As hastes de descarga (explosores) das cadeias de amarração da linha aos pórticos da subestação serão substituídas por descarregadores de sobretensões (não incluídos neste projeto) instalados na cabeça dos painéis de linha da subestação, que irão proteger os mesmos contra sobretensões vindas do exterior.
2. Distância entre hastes de guarda nas cadeias de isoladores. Aqui a linha terá um nível de isolamento semelhante ao dos equipamentos que constituem os painéis de linha, ou seja:

≡ Tensão suportável ao choque atmosférico:	1425 kV
≡ Tensão suportável ao choque de manobra:	1050 kV
3. Distância no ar entre peças em tensão (condutores e/ou acessórios) e a estrutura, na situação de repouso (sem vento) e com uma inclinação introduzida pelo vento, que se manifesta através do movimento das cadeias de isoladores. Estas distâncias garantem tensões suportáveis superiores às mencionadas atrás em 2, com o objetivo de evitar contornamentos para as estruturas. Os valores calculados para a distância mínima entre peças em tensão e a massa na situação de repouso são, de [3111 a 3186] mm e na de desviado pelo vento [2600] mm, respetivamente para as distâncias entre hastes de [2828 a 2896] mm.

2.8. CIRCUITO DE TERRA DOS APOIOS

2.8.1. NORMALIZAÇÃO ADOTADA

Neste âmbito tomou-se em consideração:

*** Zonas públicas e frequentadas⁽⁶⁾**, as recomendações estipuladas na publicação ANSI/IEEE std 80 -1986 e EN 50341-3-17.

⁽⁶⁾ A fim de se tornar mais claras estas definições diga-se que se entende por **zonas públicas** aquelas onde se verifique uma densidade populacional grande ainda que só em determinadas ocasiões (parques urbanos), áreas destinadas a convívio cultural, recreativo ou desportivo, recintos destinados a feiras, mercados, atos públicos e religiosos, lugares de romaria, zonas de equipamento social coletivo como hipermercados, hospitais e lugares de ensino, etc. Por sua vez **uma zona frequentada** será aquela que não sendo da categoria anterior se pode caracterizar pela presença humana amiúde como caminhos de serviço, áreas junto a fontes ou poços de utilização habitual, zonas agrícolas de atividade frequente do tipo hortas, instalações agropecuárias e de apoio agrícola, etc. Uma zona será entendida como **pouco frequentada** se corresponder a uma zona submetida a exploração agrícola em que a intervenção humana é reduzida, a uma exploração ganadeira, etc. Finalmente é entendida como **zona não frequentada** se a presença humana é esporádica, sendo normalmente associada à inaptidão agrícola como por exemplo zona florestal, zona de acentuado declive, etc.

Os limites especificados para a tensão de contacto e de passo, admitindo uma resistividade do solo de 100 Ω .m e um tempo de eliminação de defeito 0.5 s, são respetivamente:

Tabela 2.7 - Limites especificados para a tensão de contacto e de passo

	Zona Pública	Zona Frequentada
U_c [V]	189	255
U_p [V]	262	355

* **Zonas pouco frequentadas**, o prescrito nas especificações VDE 0141/7.76;

* **Zonas não frequentadas**, as recomendações estipuladas na norma Suíça, ref^a ASE 3569 - 1.1985.

Nestas duas últimas zonas, e considerando tempos de eliminação de defeito < 0.5 s, as recomendações enunciadas não especificam qualquer valor limite para a tensão de contacto e de passo.

Na escolha do corredor da linha procurou-se que este atravessasse zonas não frequentadas, afastando-o o mais possível dos aglomerados populacionais, sendo que todos os apoios estão implantados em zonas pouco frequentadas ou não frequentadas.

Recorre-se aqui às equações de *Dalziel* para a corrente tolerável pelo corpo humano, e faz-se intervir a resistência elétrica média de um indivíduo (1000 Ω) e a resistência média pé/solo, proporcional à resistividade do solo. Os valores limites referidos aparecem, portanto, parametrizados pela resistividade do solo e o tempo de eliminação de defeito. Conforme características dos equipamentos de proteção e estatística da exploração da RNT está garantido com um nível alto de probabilidade o tempo de eliminação de defeito, já o valor da resistividade é bastante variável quer em valor médio de local para local quer localmente nas diferentes direções em torno do poste e ainda ao longo do tempo em função do grau de humidade do solo. Por outro lado, note-se que estes valores limites crescem com o valor da resistividade do solo (com incidência na resistência pé/solo), o que justifica por vezes a utilização de gravilha ou asfalto (materiais de alta resistividade) numa camada superficial sobre o solo como medida para subir aqueles limites. Em qualquer caso o tratamento de zonas públicas deve ser sempre feito caso a caso e com uma metodologia que passa por medições e análise *in situ* que confirmem as estimativas obtidas pelo modelo de cálculo.

2.8.2. CONSTITUIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS CIRCUITOS DE TERRA

Indicam-se seguidamente as soluções construtivas para cada uma das situações típicas dos circuitos de terra.

A) Zonas pouco frequentadas e/ou não frequentadas

A configuração tipo de elérodos de terra que se preconiza utilizar nestas zonas, é em todos os apoios de quatro estacas e respetivos cabos de cobre de ligação à estrutura, e anel a unir as 4 estacas.

Os elérodos de terra são estacas de *Copperweld* de 16 mm de diâmetro e 2.1 m de comprimento, enterradas na vertical uma em cada um dos cantos exteriores do conjunto de caboucos devendo os seus topos estar a uma profundidade mínima de 0.8 metros. Complementarmente, será instalado, em todos os apoios, um anel de terra (constituído por um cabo de cobre de $\varnothing = 9\text{mm}$) enterrado horizontalmente a cerca de 0.80 m de profundidade, ligando os quatro elérodos num anel que rodeará o poste.

Os cabos que interligam os elérodos de terra às cantoneiras das bases são de cobre nu de 50 mm². O cabo é ligado à cantoneira e às estacas por intermédio de ligadores apropriados, procurando-se sempre um permanente bom contacto e de baixa resistência. Os ligadores a utilizar nestes casos são adequados aos tipos de materiais em contacto e proporcionam boa continuidade elétrica.

Na tabela abaixo, apresentam-se a título apenas indicativo as características deste tipo de circuito de terra, no que se refere à tensão de contacto e de passo, e ainda ao potencial máximo no solo em % do potencial do circuito de terra, segundo a direção da diagonal do apoio ou maciço de fundação:

Tabela 2.8 - Características do tipo de circuito de terra apresentado

Tipo de Circuito de Terra	Resistência de Terra para $\rho = 300 \Omega \cdot \text{m}$ [Ω]	Potencial máx. no solo em % do potencial do circuito de Terra	Tensão de Contacto em % do potencial do circuito de Terra [d = 1.0 m]	Tensão de Passo em % do potencial do circuito de Terra
4 estacas $\varnothing = 16\text{mm}$ l = 2.1 m, anel	18.47	72.46	41.72	14.48

O tipo de configuração que se preconiza para o circuito de terra dos apoios nestas zonas pode ser visto no Anexo A.03.

Convirá salientar que nestas condições, está garantido o valor de resistência de terra menor que 15 Ω , recomendado para o 1º km junto das subestações, procurando-se deste modo diminuir a probabilidade de contornamentos por arco de retorno.

3. CÁLCULOS

3.1. CÁLCULOS ELÉTRICOS

3.1.1. RESISTÊNCIA ELÉTRICA LINEAR DOS CONDUTORES

Os condutores são do tipo alumínio-aço com dois condutores por fase do cabo ACSR 595 (ZAMBEZE), que são constituídos por um núcleo central, de duas camadas, em fios de aço e por três camadas de fios em alumínio. As características destes cabos estão incluídas no Anexo A.05.

A resistência elétrica quilométrica do cabo ACSR 595 (ZAMBEZE) em corrente contínua à temperatura de 20°C é de 0.0511 Ω/km. A resistência elétrica em corrente alternada (f = 50 Hz) tendo em conta o efeito pelicular é de 0.0522 Ω/km. A variação da resistência elétrica com a temperatura é dada por:

$$R(\theta) = R(20) \cdot (1 + \alpha \cdot (\theta - 20))$$

Onde o coeficiente de temperatura α tem o valor 0.00403°K⁻¹.

Obtendo-se para a temperatura máxima de funcionamento de 85°C o valor de 0.06587 Ω/km.

3.1.2. CAPACIDADE TÉRMICA

3.1.2.1. CAPACIDADE MÁXIMA DE TRANSPORTE

Este regime é definido para uma temperatura máxima do condutor, definida para o compromisso económico máximo na relação (transporte anual de energia) / (perdas energéticas). Esta temperatura está definida para a RNT como 85°C. O modelo de cálculo tem em conta a dissipação térmica da energia elétrica nos condutores (efeito Joule) em resultado da passagem de corrente e a interação dos condutores com o meio envolvente em termos de energia radiante. O modelo utilizado é conhecido por modelo de *Kuipers-Brown* que se pode escrever:

$$C \cdot S \cdot dT = P_J \cdot dt + P_S \cdot dt - P_C \cdot dt - P_I \cdot dt$$

Ou:

$$C \cdot S \cdot \frac{dT}{dt} = I^2 \cdot R_T + \alpha \cdot R \cdot d - 8.55 \cdot (T - T_A) \cdot (v \cdot d)^{0.448} - E \cdot \sigma \cdot \pi \cdot d \cdot (T - T_A)$$

Onde $C \cdot S \cdot dT$ é a energia térmica armazenada no condutor durante o tempo dt , $P_J \cdot dt$ é a energia Joule, $P_S \cdot dt$ a energia absorvida a partir da radiação solar, $P_C \cdot dt$ a energia perdida por convecção (para velocidades do vento superiores a 0.2 m/s, ou seja, convecção forçada) e $P_I \cdot dt$ a energia perdida por irradiação. Por sua vez os restantes parâmetros têm o significado seguinte:

- C – capacidade calorífica [W.s/m³];
- S – secção transversal [m²];
- T – temperatura absoluta do condutor [°K];
- t – tempo [s];
- R_T – resistência elétrica à temperatura absoluta T [Ω];
- α – coeficiente de absorção solar (0.5);
- R – radiação solar [1000 W/m²];
- d – diâmetro do condutor [m];
- T_A – temperatura ambiente absoluta [°K];
- v – velocidade do vento (0.6 m/s para o regime de calma);
- E – poder emissivo em relação ao corpo negro (0.6);
- σ – constante de *Steffan* [5.7e-8 W/m².K⁴].

No modelo acima, o regime permanente traduz-se por ser:

$$\frac{dT}{dt} = 0$$

A corrente admissível é fundamentalmente função do aquecimento dos condutores (diferença da temperatura do condutor e da temperatura ambiente) traduzindo-se a ação daquele aquecimento em:

- ≡ Perdas por efeito Joule;
- ≡ Flechas máximas, com incidência das distâncias mínimas ao solo e outros obstáculos;
- ≡ Comportamento dos acessórios (pontos quentes);
- ≡ Envelhecimento dos condutores.

As correntes admissíveis são assim fixadas considerando 2 períodos convencionais:

- ≡ Período de Verão (15 de abril a 15 de outubro): Temperatura ambiente 32°C
- ≡ Período de Inverno (16 de outubro a 14 de abril): Temperatura ambiente 15°C

No Anexo A.08 apresenta-se a evolução da temperatura dos condutores para diversos valores eficazes de corrente e diferentes temperaturas ambientes (ie, temperatura do ar à altura dos condutores). Os valores adotados para os parâmetros acima referidos são globalmente aqueles que melhor se adaptam às características do território nacional. Pode ali observar-se, por exemplo, que para a velocidade do vento de 0.6 m/s e temperatura ambiente de 32°C (“verão”) a corrente máxima admissível, para o cabo ACSR 595 (ZAMBEZE) é da ordem de 1153 A, por sua vez, para uma temperatura ambiente de 15°C

(“inverno”) a corrente máxima admissível é da ordem de 1340 A, tendo em conta que a linha é constituída por 2 condutores por fase a capacidade máxima de transporte para o verão será de 1598 MVA e de 1857 MVA para o inverno, valores superiores à carga prevista para a linha em projeto.

3.1.2.2. REGIME DE CURTO-CIRCUITO

No que diz respeito ao comportamento dos cabos em regimes de defeito, foram considerados os pressupostos:

- Corrente de curto-circuito de 50 kA;
- Tempo de eliminação de defeitos de 0.35 s;
- No caso do cabo ACSR 595 (ZAMBEZE) admite-se que a corrente de curto-circuito se distribui uniformemente pelo cabo e 5 % é conduzida para a subestação mais afastada, traduzindo-se numa corrente de 23.75 kA;
- No caso do cabo DORKING e cabo OPGW, admite-se que a corrente de curto-circuito se distribui uniformemente pelos dois cabos de guarda e que 25 % da mesma é conduzida pelo poste para a terra, ou seja, que cada cabo terá de suportar 18.75 kA;
- O limite térmico recomendado na EQPJ/ET/PLN01 (125°C, para os cabos condutores) e pela IEC60865-1 (aproximadamente 200°C, para os cabos de guarda).

Tabela 3.1 - Correntes de defeito trifásico previstas

Subestação	Projeto 400 kV
CALB	50 kA
Sines	50 kA

Na tabela seguinte apresentam-se os valores obtidos, podendo verificar-se a conformidade com os limites térmicos acima referidos.

Tabela 3.2 - Comportamento dos cabos em regimes de defeito

Tipo de Conductor	ICC [kA]	tcc [s]	Temp. Inicial [°C]	Temp. Final [°C]	ΔT [°C]	Limite [°C]	Validação
ACSR 595 (ZAMBEZE)	23.75	0.35	75	83	8	125	OK
ACSR 153 (DORKING)	18.75	0.35	30	129	99	200	OK
OPGW (AS/AA 39/94 AST 2X20F)	18.75	0.35	30	167	137	200	OK

Face ao atrás exposto e de acordo com os pressupostos indicados, consideram-se adequados para 50 kA tanto o condutor ACSR 595 (ZAMBEZE) como o cabo de guarda do tipo OPGW e DORKING.

3.1.3. EFEITO COROA. CAMPO ELÉTRICO CRÍTICO. PERDAS POR EFEITO COROA

O cálculo do campo elétrico crítico e perdas por efeito coroa foi feito com base nas características geométricas dos apoios da família Q e DL, considerando a distância mínima dos cabos ao solo do critério REN, S.A. 14 m, ponderada pelo efeito da flecha do cabo como altura média.

No Anexo A.09 apresentam-se os valores dos campos máximos à superfície dos condutores com relevância para este capítulo. Os campos máximos à superfície dos condutores foram calculados através de:

$$[E] = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon} \cdot [D] \cdot [A]^{-1} \cdot [U]$$

Onde $[E]$ é o vetor dos fasores de campo elétrico (no modelo de cálculo o problema é de dimensão 8, para ter em conta os seis condutores e os dois cabos de guarda), $\epsilon = \epsilon_r \cdot \epsilon_0$ (com $\epsilon_r = 1$ e $\epsilon_0 = 8.859e^{-12}$ A.s/V.m), $[D]$ é um vetor dos inversos dos raios dos cabos:

$$[D] = \left[\frac{1}{r_i} \right] \quad i = 1 \dots 8$$

$[A]^{-1}$ é a inversa da matriz dos coeficientes de potencial (A.s/V.m) e $[U]$ é o vetor dos fasores de tensão fase-terra (V). O modelo acima inclui os cabos de guarda, os quais estão considerados ao potencial do solo.

O campo elétrico máximo à superfície dos condutores variará entre:

Tabela 3.3 - Campo elétrico máximo à superfície

Apoios Q		Apoios DL	
Tensão Nominal [kV/cm]	Tensão Máxima [kV/cm]	Tensão Nominal [kV/cm]	Tensão Máxima [kV/cm]
15.06	15.81	15.27	16.04

O campo elétrico crítico é definido como o limiar do valor de campo elétrico a partir do qual o efeito coroa surge. O valor deste limiar depende da geometria dos condutores e de parâmetros atmosféricos que afetam as condições de ionização do ar. Estimou-se aqui o valor daquele campo elétrico crítico pela expressão de PEEK:

$$\epsilon_0 = 18.1 \cdot m \cdot \delta \cdot \left[1 + \left(\frac{0.54187}{\sqrt{r \cdot \delta}} \right) \right] \quad [kV/cm]$$

Onde r é o raio dos cabos, condutores e cabos de guarda, ($i = 1..8$), m é um fator para ter em conta a rugosidade da superfície dos cabos (que origina zonas de maior densidade de linhas de força, tomou-se o valor 0.6), δ é a pressão atmosférica relativa definida por:

$$\delta = 0.386 \cdot \frac{760 - 0.086 \cdot h}{273 + \theta}$$

Onde h é a altitude média da linha e θ a temperatura média anual (15°C).

A altitude influencia com algum significado o valor do campo elétrico crítico, baixando-o. Na prática isto significa um aumento de perdas por efeito coroa.

As perdas por efeito coroa com bom tempo foram calculadas pela expressão de *Peterson*:

$$P = 20.945 \times 10^{-6} \cdot \frac{f \cdot U^2 \cdot \phi}{\left(\log\left(\frac{D_m}{r}\right)\right)} \quad [kW/km]$$

Onde U é a tensão eficaz entre fase e neutro em kV, r o raio do condutor em cm, D_m a distância média geométrica entre condutores, f a frequência do sistema (50 Hz) e ϕ um fator experimental dependente da relação E/E_0 , sendo E o campo elétrico à superfície do condutor e E_0 o campo elétrico crítico, ambos em kV/cm.

As perdas por efeito coroa dependem particularmente das condições climáticas. Sob chuva elas podem crescer várias dezenas de vezes acima do valor calculado para bom tempo. Para determinar o valor médio anual das perdas é usual utilizar um fator multiplicativo entre 3 e 9 (usou-se 5). Assim as perdas médias anuais estimam-se:

Tabela 3.4 - Perdas anuais

Apoios Q		Apoios DL	
Perdas Mínimas [kW/km]	Perdas Máximas [kW/km]	Perdas Mínimas [kW/km]	Perdas Máximas [kW/km]
1.07	5.37	1.56	7.80

3.1.4. CONSTANTES ELÉTRICAS DA LINHA

3.1.4.1. GRANDEZAS DIRETAS

Tabela 3.5 - Grandezas diretas

Apoios Q			Apoios DL		
Resistência linear [Ω/km]	Reactância longitudinal [Ω/km]	Susceptância longitudinal [S/km]	Resistência linear [Ω/km]	Reactância longitudinal [Ω/km]	Susceptância longitudinal [S/km]
0.0344	0.3315	3.4994 x 10 ⁻⁶	0.0353	0.3285	3.5443 x 10 ⁻⁶

3.1.4.2. GRANDEZAS HOMOPOLARES

Tabela 3.6 - Grandezas homopolares

Apoios Q			Apoios DL		
Resistência linear [Ω/km]	Reactância longitudinal [Ω/km]	Susceptância longitudinal [S/km]	Resistência linear [Ω/km]	Reactância longitudinal [Ω/km]	Susceptância longitudinal [S/km]
0.2064	0.7866	2.5289×10^{-6}	0.2085	0.7156	2.4127×10^{-6}

4. DIRETRIZ DA LINHA

Nos desenhos da planta geral do traçado, indica-se o traçado da linha à escala 1:25000.

No perfil e planta parcelar da linha, apresenta-se a localização e especificação dos apoios ao longo do traçado, assim como a posição dos condutores inferiores e dos cabos de guarda em todos os vãos.

4.1. LOCALIZAÇÃO

O traçado do ramal da linha Central de Sines - Sines 3 para CALB B, a 400 kV, com comprimento de 4.18 km, desenvolve-se nos seguintes distritos e atravessa os seguintes concelhos e freguesias:

Tabela 4.1 – Localização da linha, segundo a Carta Administrativa Oficial de Portugal

Distrito	Concelho	Freguesia
Setúbal	Sines	Sines
	Santiago do Cacém	União de Freguesias de Santiago do Cacém, Santa Cruz e São Bartolomeu da Serra

Os distritos, concelhos e freguesias atravessados estão indicados no perfil e planta parcelar. O parcelamento dos terrenos na faixa de 60 metros centrada no eixo da linha assim como os tipos de exploração serão em período de Projeto de Licenciamento também representados na planta parcelar, que conterà ainda, a numeração das parcelas em correspondência com a Relação de Proprietários resultante do levantamento cadastral a efetuar.

No anexo A.01 estão incluídas as coordenadas dos centros de todos os apoios ao nível do solo.

5. TRAVESSIAS E CRUZAMENTOS

Nas travessias de vias de comunicação (estradas e cursos de água) serão respeitadas as distâncias mínimas apresentadas em 2.3.2.

Para melhorar a fiabilidade mecânica da linha, serão utilizadas cadeias duplas de suspensão nas travessias de estradas, caminhos-de-ferro, rios navegáveis e de outras linhas de alta tensão.

Tratando-se de apoios com cadeias de amarração e como estas são sempre duplas (nas linhas da RNT) a melhoria da fiabilidade está também garantida.

5.1. TRAVESSIAS DE ESTRADAS

No traçado da linha ocorrem as seguintes interseções com estradas:

Tabela 5.1 - Cruzamentos com Estradas

Vão de Travessia	Designação
P12-P13	A26/IP8
P12-P13	EN261-3

5.2. TRAVESSIAS DE SERVIDÕES DE VIAS-FÉRREAS

No traçado da linha ocorrem as seguintes interseções com caminhos de ferro:

Tabela 5.2 - Cruzamentos com Caminhos de Ferro

Vão de Travessia	Designação
P12-P13	Linha de Sines

5.3. TRAVESSIAS DE CURSOS DE ÁGUA

No traçado da linha ocorrem as seguintes interseções com cursos de água:

Tabela 5.3 - Cruzamentos com Linhas de Água

Vão de Travessia	Designação
P3-P4	Barranco dos Bêbedos
P14-P15	S/ designação

5.4. SERVIDÕES AERONÁUTICAS CIVIS E MILITARES

No traçado da linha não ocorrem interseções com servidões aeronáuticas civis e militares.

5.5. CRUZAMENTOS E PARALELISMOS COM LINHAS DE TELECOMUNICAÇÕES

A priori em nenhum ponto do traçado da linha de ligação ocorrem situações de paralelismo com linhas de telecomunicações.

A rede de 400 kV terá o neutro ligado à terra e possuirá em toda a sua extensão dois cabos de guarda também ligados à terra.

As f.e.m induzidas nas linhas de telecomunicação nas secções de cruzamento serão estimadas através de:

$$e = I \cdot M \cdot L \cdot k \times 10^{-3} [V]$$

onde I , em A, é o valor eficaz da corrente de defeito indutora (corrente de curto circuito monofásico à terra) no vão de cruzamento, M o valor médio do módulo da impedância mútua linear das duas linhas para a secção considerada em mΩ/km, L é o comprimento (valor algébrico) da projeção da secção sobre a linha de energia em km e k é um coeficiente redutor que tem em conta o retorno duma parte da corrente de defeito pelos cabos de guarda e o efeito de écran dos condutores ligados à terra e paralelos à linha de energia e aos circuitos de telecomunicação.

5.6. CRUZAMENTOS COM OUTRAS LINHAS ELÉTRICAS AÉREAS

No traçado da linha ocorrem as seguintes travessias com outras linhas elétricas:

Tabela 5.4- Cruzamentos com Outras Linhas Elétricas Aéreas

Vão de Travessia	Designação	Nível de Tensão [kV]
P9-P10	Monte da Pedra – Sines	150
P9-P10	Sines – Ermidas Sado	150
P10-P11	Sines - Ourique 1/2	150
P10-P11	Sines – Sabóia/Sines – Portimão 2	150
P11-P12	Palmela - Sines 2	400
P11-P12	Palmela - Sines 3/Fanhões	400
P14-P15	Ferreira do Alentejo - Sines	400
P14-P15	Central de Sines – Sines 1	150
P15-P16/36	Ramal da Linha Central de Sines – Sines 2 para CALB A	400

5.7. CRUZAMENTOS E PARALELISMOS COM GASODUTOS

No traçado da linha não se verificam cruzamentos com redes primárias abastecimento de gás.

6. BALIZAGEM AÉREA

6.1. SINALIZAÇÃO PARA AERONAVES

De acordo com a Circular de Informação Aeronáutica 10/03 de 6 de maio, do Instituto de Nacional de Aviação Civil (INAC) considera-se necessário efetuar a balizagem dos seguintes obstáculos:

- ≡ Das linhas aéreas quando penetrem numa área de servidão geral aeronáutica e/ou que, ultrapassem as superfícies de desobstrução (que são para este nível de tensão de 25 m);
- ≡ Dos vãos entre apoios que distem mais de 500 m;
- ≡ Dos vãos que cruzem linhas de água, lagos, albufeiras, etc, com uma largura média superior a 80 m ou que excedam, em projeção horizontal, mais de 60 m relativamente às cotas de projeção sobre o terreno, no caso de vales ou referida ao nível médio das águas;
- ≡ Dos elementos de uma linha aérea que se situem nas proximidades de pontos de captação de água localizados em zonas de risco de incêndios florestais;
- ≡ Das linhas aéreas que cruzem Autoestradas, Itinerários Principais ou Complementares.

6.1.1. BALIZAGEM DIURNA

A sinalização diurna consiste na colocação de esferas de cor alternadamente vermelha ou laranja internacional e branca possuindo o diâmetro mínimo de 600 mm, que serão instaladas nos cabos de guarda do tipo OPGW com a utilização de pré-formados de proteção, de modo que a projeção segundo o eixo da linha da distância entre esferas consecutivas seja sempre igual ou inferior a 30 metros.

A balizagem diurna dos apoios consiste na pintura às faixas, de cor alternadamente vermelha ou laranja internacional e branca. As faixas a pintar correspondem a troços modulares das estruturas de forma a realçar a sua forma e dimensões. As faixas extremas são pintadas na cor vermelha ou laranja internacional.

6.1.1.1. VÃOS A SINALIZAR

No traçado da linha em projeto, existe necessidade de uso de balizagem diurna de vãos no vão P12-P13.

6.1.1.2. APOIOS A SINALIZAR

No traçado da linha em projeto, não foram identificadas situações onde exista necessidade de uso de balizagem diurna de apoios.

6.1.2. BALIZAGEM NOTURNA

A balizagem noturna consiste na colocação de balizores nos condutores superiores, próximo das fixações dos cabos às cadeias, de cada lado dos apoios, ou na sinalização no topo dos apoios com díodos eletroluminescentes (“LED”) alimentados por painéis solares e baterias acumuladoras de energia ou outro equipamento equivalente desde que aprovado pelo INAC. Estes dispositivos terão de emitir luz vermelha com uma intensidade mínima de 10 Cd.

No traçado da linha em projeto, existe necessidade de uso de balizagem noturna nos apoios P12 e P13.

6.2. SINALIZAÇÃO PARA AVIFAUNA

Os dispositivos de sinalização para a avifauna são do tipo “BFD” (*Bird Flight Diverter*), dispositivos de forma helicoidal de fixação dupla com 35 cm de diâmetro e 1 m de comprimento, de cor laranja/vermelho e branco, que se ajustam ao cabo de guarda por enrolamento no mesmo. Numa das extremidades, estes dispositivos têm um anel de maior diâmetro, que sobressai no perfil do cabo. Este anel, combinado com a cor do dispositivo, aumenta significativamente a visibilidade dos cabos pelas aves, sem lhe conferir um aspeto volumoso, e não introduzindo nenhum aumento significativo em relação à área exposta ao vento.

Uma vez que as linhas representam elementos de risco de colisão para as aves revela-se muito importante a aplicação de medidas de minimização que reduzam o impacte referido. Assim, recomenda-se que sejam implementadas medidas de minimização com vista à redução da potencial mortalidade de avifauna por colisão com os elementos condutores da linha, através da instalação de mecanismos salva-pássaros.

Os BFD’s são dispositivos de forma helicoidal que se ajustam ao cabo de guarda por enrolamento no mesmo. Numa das extremidades, estes dispositivos têm um anel de maior diâmetro, que sobressai no perfil do cabo. Este anel, combinado com a cor do dispositivo, aumenta significativamente a visibilidade dos cabos pelas aves, sem lhe conferir um aspeto volumoso, e não introduzindo nenhum aumento significativo em relação à área exposta ao vento.

As medidas de colisão e eletrocussão para aves serão aplicadas em fase de projeto de licenciamento,

de acordo com as imposições da Declaração de Impacte Ambiental (DIA) e/ou sugestão do consultor ambiental.

6.3. CONTACTOS ACIDENTAIS COM PEÇAS EM TENSÃO

A ocorrência desta situação é improvável e pode resumir-se à utilização de gruas ou outros equipamentos na proximidade das linhas.

A altura mínima ao solo da linha é muito superior ao mínimo regulamentar (como medida de segurança), ver 2.3.2, e torna improvável a hipótese daquela ocorrência, reduzindo-se o risco de acidente.

Refira-se ainda que todos os apoios, tal como está regulamentado, possuirão uma chapa sinalética em local visível, indicando “PERIGO DE MORTE”.

6.4. RELAÇÃO DE OBSTÁCULOS A LIGAR À TERRA E DIMENSIONAMENTO DO CIRCUITO DE TERRA

Não estão previstas, *a priori*, ligações particulares de obstáculos. Quaisquer situações deste tipo que se tornem aparentes em fase de construção ou de exploração serão resolvidas através de uma adequada ligação à terra, conforme preconizada no número anterior.

7. EFEITOS DOS CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS

7.1. VALORES LIMITES

A REN toma como referência a portaria n.º 1421, de 23 de Novembro, que retoma os valores limites de exposição do público em geral definidos na recomendação do Conselho da União Europeia (“*Council Recommendation on the Limitation of Exposure of the General Public to Electromagnetic Fields 0 Hz – 300 GHz*”) de 1999/07/05, previamente homologada na 2 188.ª Reunião do Conselho em 1999/06/08 pelos Estados Membros, e que as recomendações do ICNIRP (*International Commission on Non Ionizing Radiation Protection*) no que se refere aos limites de exposição do público em geral.

Tabela 7.1 - Limites de exposição a campos elétricos e magnéticos a 50 Hz

Características de Exposição	Campo Elétrico [kV/m] (RMS)	Densidade de Fluxo Magnético [µT] (RMS)
Público em geral (em permanência)	5	100

O Conselho Europeu emitiu, em 99/07/05, uma recomendação sobre os limites de exposição do público em geral aos campos eletromagnéticos, na gama de frequências de 0 Hz - 300 GHz (Doc. Ref^a 1999-1100-0001 / 8550/99 “*Council Recommendation on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz - 300 GHz)*”, e posteriormente o Governo Português, com a promulgação da Portaria 1421/2004 de 23 de novembro, que transpôs para a Legislação Portuguesa as recomendações do Conselho Europeu, definindo as restrições básicas e os níveis de referência relativos à exposição da população aos campos eletromagnéticos.

Por sua vez o Decreto-Lei nº11/2018 acima referido mantém válidos os limites de exposição do público em geral referidos na portaria e inclui a necessidade de monitorização periódica e a necessidade de garantir um afastamento mínimo entre o eixo do traçado do projeto das linhas e determinadas “infraestruturas sensíveis” definidas na alínea c) do artigo 3º do Decreto-Lei.

De referir que a minimização da exposição a campos elétrico e magnético, associados ao transporte de energia elétrica, consegue-se essencialmente atuando na fonte da emissão – a linha. Assim a minimização pode efetuar-se de duas formas distintas:

- ≡ Atuando na localização da fonte do campo (linha) com a escolha adequada e possível do traçado de forma a maximizar o afastamento a “infraestruturas sensíveis”;
- ≡ Atuando na fonte do campo diretamente com a adoção de medidas de projeto nos materiais e equipamentos embora na maior parte dos casos a sua implementação seja bastante complexa e a redução dos valores dos campos pouco significativos.

Nas linhas da RNT, em qualquer escalão de tensão, e de acordo com os registos conhecidos, não ocorrem valores superiores aos referidos atrás. Esta conclusão está bem fundamentada por análise comparativa com cálculos teóricos e medições efetuadas em linhas similares em todo o mundo. O cálculo concreto dos valores do campo elétrico e magnético apresenta-se no Anexo A.09 e Anexo.10, respetivamente.

7.2. CÁLCULO DO CAMPO ELÉTRICO

7.2.1. MODELO DE CÁLCULO

O cálculo dos campos elétricos efetua-se a partir do conhecimento das cargas elétricas em cada um dos cabos da linha. No presente caso considerou-se que as cargas, assim como os cabos de guarda estão dispostas de acordo com a configuração dos apoios Q e DL, conforme o apresentado no anexo A.02, considerando uma distância ao solo que corresponde à situação mais desfavorável em toda a extensão da linha (distância mínima entre o condutor inferior e o solo). Foi tida em conta a distância mínima recomendada pela REN, para os apoios Q, e a distância mínima útil, para os apoios DL.

Os valores que se obtiveram correspondem, portanto a valores máximos absolutos do campo elétrico, nos planos horizontais em que foram calculados e que correspondem, sensivelmente ao nível do solo e ao nível da cabeça de um homem (1.80 m do solo).

Para o cálculo da distribuição de cargas elétricas sobre os condutores da linha considerou-se um modelo de cálculo bidimensional onde a geometria é definida num plano vertical transversal à linha, o solo é considerado plano, horizontal e de extensão infinita. Neste modelo os condutores são também supostos paralelos entre si e ao solo, e os condutores inferiores situam-se a uma distância do solo correspondente ao mínimo absoluto acima referido. O plano de corte transversal considera-se afastado dos apoios ⁽⁷⁾. Nesta conformidade o vetor de fasores das cargas $[(q_r + j \cdot q_i)j] = 1, \dots, 8$ calculou-se através de:

$$[\tilde{Q}] = [\tilde{P}]^{-1} \cdot [\tilde{V}]$$

Onde $[\tilde{P}]$ é a matriz dos coeficientes de potencial de Maxwell e $[(v_r + j \cdot v_i)j] = 1, \dots, 8$ o vetor de fasores de tensões. A matriz $[\tilde{P}]$ é simétrica e os seus elementos definidos por:

$$P_{ii} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon} \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot y_i}{d_i} \right)$$

$$P_{ij} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon} \cdot \ln \left(\frac{(x_i - x_j)^2 + (y_i + y_j)^2}{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \right)^{1/2}$$

Onde y_i e y_j são as alturas dos condutores i e j acima do solo, d_i é o diâmetro do condutor i e x_i e x_j são as coordenadas horizontais dos condutores i e j .

Uma vez calculadas as cargas elétricas em cada condutor, o campo elétrico num determinado ponto $N(x_N, y_N)$ do espaço é calculado através de:

$$\vec{E}_j = \tilde{E}_{x,j} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} + \tilde{E}_{y,j} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Onde as componentes horizontal e vertical do campo referentes à carga j são dadas por (método das imagens):

$$E_{x,j} = \frac{(q_{rj} + j \cdot q_{ij}) \cdot (x_N - x_j)}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot [(x_j - x_N)^2 + (y_j - y_N)^2]} - \frac{(q_{rj} + j \cdot q_{ij}) \cdot (x_N - x_j)}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot [(x_j - x_N)^2 + (y_j + y_N)^2]}$$

⁽⁷⁾ O campo elétrico é distorcido pela presença dos apoios, sendo estas estruturas metálicas, e, portanto, condutoras ao potencial do solo. Este efeito - efeito écran - é no sentido favorável, ie, de diminuição dos valores daqueles campos pelo que o modelo utilizado é simultaneamente mais simples e pelo lado da segurança.

$$E_{y,j} = \frac{(q_{rj} + j \cdot q_{ij}) \cdot (y_N - y_j)}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot [(x_j - x_N)^2 + (y_j - y_N)^2]} - \frac{(q_{rj} + j \cdot q_{ij}) \cdot (y_N + y_j)}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot [(x_j - x_N)^2 + (y_j + y_N)^2]}$$

As componentes horizontais e verticais referentes a todas as cargas obtêm-se fazendo o somatório das contribuições de todas as cargas:

$$\tilde{E}_x = \sum_{j=1}^k \tilde{E}_{x,j} \quad \tilde{E}_y = \sum_{j=1}^k \tilde{E}_{y,j}$$

O campo elétrico é assim um vetor de fasores à frequência de 50 Hz da forma:

$$\vec{E} = (\tilde{E}_x, \tilde{E}_y) = (E_{x,r} + j \cdot E_{x,i}, E_{y,r} + j \cdot E_{y,i})$$

O qual descreve no plano xy uma trajetória pulsante elíptica. A componente máxima do fasor do campo elétrico num determinado ponto do espaço é dada pelo valor do semieixo maior daquela elipse.

O valor E_α do módulo do campo ao longo de uma direção definida por um ângulo α , medido em relação à horizontal, é dado por:

$$(E_\alpha)^2 = (E_{ry} \cdot \sin(\alpha) + E_{rx} \cdot \cos(\alpha))^2 + (E_{iy} \cdot \sin(\alpha) + E_{ix} \cdot \cos(\alpha))^2$$

Cujo máximo em α deverá satisfazer:

$$\frac{d(E_\alpha)^2}{d\alpha} = 0$$

O que conduz à relação quadrática em $\tan(\alpha)$:

$$\tan^2(\alpha) \cdot (E_{ry} \cdot E_{rx} + E_{iy} \cdot E_{ix}) + \tan(\alpha) \cdot (-E_{iy}^2 + E_{ix}^2 - E_{ry}^2 + E_{rx}^2) - (E_{ry} \cdot E_{rx} + E_{iy} \cdot E_{ix}) = 0$$

Válida para $\alpha \neq \pi/2$, valor onde simplesmente $E_{\pi/2} = E_y$. As duas soluções para $\tan(\alpha)$ correspondem aos dois semieixos da elipse do campo, calculando-se assim o valor máximo do módulo do campo através da expressão acima para E_α .

7.2.2. VALORES CALCULADOS

No Anexo A.09 apresentam-se os perfis transversais do campo elétrico máximo ao nível do solo e a 1.8 m do solo para uma faixa entre -40 e +40 m em torno do eixo da linha, para a configuração de apoios QA e DLT, com dois condutores por fase, cabos de guarda ao potencial do solo e valor eficaz do módulo da tensão na linha no seu valor máximo e para uma distância ao solo que corresponde à situação mais desfavorável em toda a extensão da linha (distância mínima entre o condutor inferior e o solo). Foi tida em conta a distância mínima recomendada pela REN, para os apoios QA, e a distância mínima útil, para os apoios DLT.

Tabela 7.2 - Valores calculados do campo elétrico

Apoios QA			Apoios DLT		
Altura mínima dos cabos ao solo [m]	Campo Elétrico Máximo (Nível do solo) [kV/m]	Campo Elétrico Máximo (a 1.8m do solo) [kV/m]	Altura mínima dos cabos ao solo [m]	Campo Elétrico Máximo (Nível do solo) [kV/m]	Campo Elétrico Máximo (a 1.8m do solo) [kV/m]
14.00	4.01	4.11	22.25	3.82	3.91

Estes valores, como se verifica, estão dentro dos limites apresentados em 7.1.

7.3. CÁLCULO DO CAMPO MAGNÉTICO

7.3.1. MODELO DE CÁLCULO

O campo magnético foi calculado usando um modelo bidimensional geometricamente idêntico ao descrito para o campo elétrico. O valor do campo magnético num ponto de coordenadas (x_i, y_i) em resultado da corrente I_i que percorre um condutor centrado no ponto de coordenadas (x_j, y_j) pode ser dado por:

$$\vec{H}_{j,i} = \frac{\vec{I}_i \cdot \vec{r}_{j,i}}{2 \cdot \pi \cdot r_{i,j}^2} = \frac{I_i}{2 \cdot \pi \cdot r_{i,j}} \cdot \vec{\phi}_{i,j}$$

Onde $\vec{\phi}_{i,j}$ é o vetor unitário na direção do produto externo do vetor corrente com o vetor $\vec{r}_{i,j}$. Teremos portanto:

$$\vec{\phi}_{i,j} = -\frac{y_i - y_j}{r_{i,j}} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} + \frac{x_i - x_j}{r_{i,j}} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

e

$$r_{i,j} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

O campo magnético total é dado pela soma das contribuições devidas às correntes em todos os condutores:⁽⁸⁾

$$\vec{H}_j = \sum_{i=1}^m \frac{I_i}{2 \cdot \pi \cdot r_{i,j}} \cdot \vec{\phi}_{i,j}$$

A densidade de fluxo magnético é então:

⁽⁸⁾ Aqui desprezam-se as correntes de retorno pela terra e correntes nos cabos de guarda. As correntes de defeito que se escoam pelos cabos de guarda produzem picos de campo magnético de muito curta duração, cuja energia, relevante na perspetiva de fem induzidas em linhas de telecomunicações, não são relevantes na perspetiva dos efeitos sobre pessoas. No caso de linhas simples o número de condutores são 3.

$$\vec{B} = \mu \cdot \vec{H}$$

Onde $\mu = 4 \cdot \pi \times 10^{-7}$, tanto no solo como no ar.

7.3.2. VALORES CALCULADOS

No Anexo A.10 apresentam-se de uma forma sistemática os valores do módulo do vetor densidade de fluxo magnético a 1.8 m do solo em perfis transversais numa faixa de -40 a +40 m em torno do eixo da linha e para a altura mínima adotada pela REN, SA. Neste cálculo admitiu-se um regime estabilizado e equilibrado de funcionamento para as correntes. Para efeitos da avaliação dos valores máximos de densidade de fluxo magnético correspondentes a exposições com carácter permanente esta condição é perfeitamente legítima. A evolução das correntes da nova linha a projetar pode ser vista no Anexo A.08. Para a linha em projeto, com a configuração imposta pelos apoios utilizados, com regime de correntes suposto trifásico e equilibrado o valor máximo da densidade de fluxo magnético a 1.8 m do solo é de:

Tabela 7.3 - Valores calculados do campo magnético

Apoios QA		Apoios DLT	
Altura mínima dos cabos ao solo [m]	Densidade de Fluxo Magnético (a 1.8m do solo) [μ T]	Altura mínima dos cabos ao solo [m]	Densidade de Fluxo Magnético (a 1.8m do solo) [μ T]
14.00	34.08	14.00	27.44

Os valores da indução magnética decaem rapidamente e para o caso mais desfavorável a 30 m do eixo da linha não excedem 11.219 μ T. Todos os valores calculados são muito inferiores aos valores limites apresentados em 7.1, mesmo numa perspetiva de exposição pública permanente.

7.3.3. MEDIDAS IMPLEMENTADAS NO PROJETO PARA MINIMIZAÇÃO DA EXPOSIÇÃO

Como resultado de uma análise ambiental preliminar de corredores, é escolhido um corredor que se considera como o que melhor minimiza os impactes nos diversos fatores ambientais. Foi explicitamente dada particular atenção à existência de áreas urbanas e procurou-se que o corredor se mantivesse afastado daquelas.

Para o corredor escolhido realizou-se o respetivo levantamento aerofotogramétrico e produziu-se cartografia atualizada à escala 1:2000, que permitiu desenvolver o traçado da linha no seu interior de modo a garantir um maior afastamento de eventuais “infraestruturas sensíveis” isoladas que possam existir no interior do corredor.

O desenvolvimento do traçado e a elaboração do perfil foi realizado de modo a garantir sempre distâncias mínimas ao solo no plano vertical de 14 m (para linhas de 400 kV), e também aos restantes obstáculos que são bastante mais conservadoras do que as distâncias mínimas definidas regulamentarmente. Por outro lado, no plano horizontal procurou-se garantir que não existisse nenhuma “infraestrutura sensível” (como definida no Decreto Lei nº 11/2018) no interior da zona de proteção da linha.

Ao longo do traçado da linha foram ainda identificadas zonas especiais, caracterizadas designadamente por serem zonas de povoamento disperso, com potencial para virem a ser humanizadas (zonas de lazer, com fáceis vias de acesso), de atividade agrícola intensa, para serem objeto de medidas específicas.

O cálculo dos Campos Eletromagnéticos é sempre efetuado para as situações mais desfavoráveis designadamente para a corrente máxima e tensão máxima e altura mínima ao solo que ocorra na linha ainda que a probabilidade de estas situações poderem acontecer ao longo do ano serem muito reduzidas. Se existirem zonas especiais serão igualmente efetuados cálculos para essas zonas.

Quando se trata de linhas simples, caso viesse a cruzar zonas especiais, seriam utilizadas adicionalmente as seguintes medidas mitigadoras:

- Alçamento do troço da linha (os apoios terão uma altura acima da necessária para dar cumprimento ao critério REN);
- Utilização apoios compactos (distâncias entre fases mais reduzidas) o que implicaria vãos mais curtos;
- Colocação de apoios de linhas duplas, mas em que apenas serão utilizados 3 braços (configuração em triângulo).

No entanto decorrente da análise do traçado, para este tema em concreto, verifica-se não ser necessário a adoção na linha em projeto, de nenhuma das medidas adicionais atrás referidas.

8. ELEMENTOS DO PROJETO PRÉVIO

Para o presente Projeto Prévio produziram-se e juntaram-se as seguintes peças:

☰ Peças Escritas:

- ↳ Memória Descritiva
- ↳ Anexos à Memória Descritiva
 - A.01 Elementos Gerais da Linha
 - A.02 Esquema Axial dos Apoios
 - A.03 Esquema das Fundações
 - A.04 Circuitos de Terra dos Apoios
 - A.05 Características dos Cabos
 - A.06 Características dos Isoladores
 - A.07 Planos de Cadeias de Isoladores e Fixação dos CG
 - A.08 Capacidade Térmica dos Cabos (Em Regime Permanente)
 - A.09 Campo Elétrico
 - A.10 Indução Magnética

☰ Peças Desenhadas:

Planta Geral do Traçado da Linha, à escala 1:25000	P23.010.03-PP-001-01
Perfil e Planta Parcelar	P23.010.03-PP-002-01
Planta Condicionantes	P23.010.03-PP-003-01 a 03
Planta Ortofotomapa	P23.010.03-PP-004-01 a 03

Porto, 30 de agosto de 2023,

O AUTOR DO PROJETO

(José Martins)

VERIFICADO POR

(Rui Sá)

O TÉCNICO RESPONSÁVEL

(Marcelo Pereira)

Ordem Eng^{os} n.º 065810

DGEG n.º 156693