



**GEOMETRIC TALKS**  
CONSULTING



**Empreendimentos Eólicos de Ribadelide, S.A**



**Linha Mista a 20kV CSF RIBADELIDE – PC RIBADELIDE**

**Memória Descrita**

**ÍNDICE**

<b>1. OBJETIVO .....</b>	<b>5</b>
<b>2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS .....</b>	<b>5</b>
<b>3. CORRENTE E TENSÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>4. CARACTERÍSTICAS DA LINHA MISTA .....</b>	<b>7</b>
<b>5. LOCALIZAÇÃO E TRAÇADO .....</b>	<b>8</b>
<b>5.1 LOCALIZAÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>5.2 CONSTITUIÇÃO DE SERVIDÕES .....</b>	<b>8</b>
<b>5.3 CONDIÇÕES TOPOGRÁFICAS .....</b>	<b>8</b>
<b>5.4 IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS INTEGRADAS NA RESERVA AGRÍCOLA NACIONAL (RAN).....</b>	<b>11</b>
<b>5.5 IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS INTEGRADAS NA RESERVA ECOLÓGICA NACIONAL (REN).....</b>	<b>11</b>
<b>5.6 IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS INTEGRADAS NA REDE NATURA 2000.....</b>	<b>11</b>
<b>6. TROÇO DA LINHA AÉREA .....</b>	<b>11</b>
<b>6.1 CABOS .....</b>	<b>11</b>
<b>6.2 DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA ASSOCIADAS A CONDUTORES EM TENSÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>6.3 ISOLAMENTO E CADEIAS DE ISOLADORES.....</b>	<b>12</b>
<b>6.4 ACESSÓRIOS DOS CONDUTORES, CABO DE GUARDA E CABO DE TELECOMUNICAÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>6.5 AMORTECEDORES DE VIBRAÇÕES EÓLICAS .....</b>	<b>13</b>
<b>6.6 ARMAÇÕES .....</b>	<b>13</b>
<b>6.7 APOIOS .....</b>	<b>13</b>
<b>6.8 FUNDAÇÕES .....</b>	<b>13</b>
<b>6.9 LIGAÇÕES À TERRA .....</b>	<b>14</b>
6.9.1 RESISTÊNCIA DE TERRA.....	14
6.9.2 ELÉTRODOS DE TERRA .....	14
6.9.3 LIGAÇÃO DOS POSTES AOS ELÉTRODOS DE TERRA .....	14
6.9.4 LIGAÇÃO DAS ARMAÇÕES .....	15
6.9.5 LIGAÇÃO DO CABO DE GUARDA .....	15
<b>6.10 BALIZAGEM AERONÁUTICA.....</b>	<b>15</b>
6.10.1 BALIZAGEM DIURNA.....	<b>!ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>

6.10.2	BALIZAGEM NOTURNA.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
<b>6.11</b>	<b>SINALIZAÇÃO AVIFAUNA .....</b>	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
<b>6.12</b>	<b>TRAVESSIAS E CRUZAMENTOS COM OUTRAS INSTALAÇÕES .</b>	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
6.12.1	TRAVESSIAS DE AUTOESTRADAS, ESTRADAS NACIONAIS E MUNICIPAIS .....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6.12.2	CRUZAMENTO COM LINHAS BT.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6.12.3	CRUZAMENTO COM LINHAS MT .....	15
6.12.4	CRUZAMENTO COM LINHAS AT.....	15
6.12.5	CRUZAMENTO COM LINHAS MAT.....	15
6.12.6	CRUZAMENTO COM LINHAS DE TELECOMUNICAÇÃO .....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
<b>6.13</b>	<b>CÁLCULOS .....</b>	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
6.13.1	CÁLCULO ELÉTRICO.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6.13.2	CÁLCULO MECÂNICO DE CABOS .....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6.13.3	VERIFICAÇÃO DA DISTÂNCIA ENTRE CONDUTORES.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6.13.4	ESTABILIDADE DAS CADEIAS DE SUSPENSÃO.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6.13.5	CAMPO ELETROMAGNÉTICO.....	15
6.13.5.1	VALORES LIMITE.....	15
6.13.5.2	CÁLCULO DO CAMPO ELÉTRICO.....	16
6.13.5.3	CÁLCULO DO CAMPO MAGNÉTICO.....	16
<b>7.</b>	<b>TRANSIÇÃO AERO-SUBTERRÂNEA .....</b>	<b>18</b>
<b>8.</b>	<b>TROÇO DA LINHA SUBTERRÂNEA .....</b>	<b>18</b>
<b>9.</b>	<b>RISCOS ORIGINADOS PELA PRESENÇA E FUNCIONAMENTO DA LINHA .....</b>	<b>18</b>
9.1	INCÊNDIOS.....	18
9.2	QUEDA DE APOIOS OU DE CABOS.....	19
9.3	CONTACTOS ACIDENTAIS COM PEÇAS EM TENSÃO.....	19
9.4	TENSÕES INDUZIDAS.....	19
9.5	OBSTÁCULOS A LIGAR À TERRA E DIMENSIONAMENTO DO CIRCUITO DE TERRA .....	20
<b>10.</b>	<b>ELEMENTOS DO PROJETO.....</b>	<b>21</b>
<b>11.</b>	<b>AUTOR DO PROJETO .....</b>	<b>21</b>



## 1. OBJETIVO

---

A Empreendimentos Eólicos de Ribadelide, S.A é responsável pelo investimento e instalação da “Central Solar Fotovoltaica de Ribadelide”, projetada e licenciada em Lamego e Tarouca, Viseu.

Com o objetivo de interligação dos painéis solares da CSF Ribadelide ao Posto de Corte Ribadelide, vai ser construída uma linha mista de transporte de energia elétrica a 20kV.

É o projeto da linha mista de **20kV CSF RIBADELIDE – PC RIBADELIDE** que agora se realiza o projeto executivo para licenciamento.

## 2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

---

A interligação será estabelecida na tensão de 20kV, em circuito misto, sendo a saída da CSF Ribadelide em linha subterrânea seguida de transição para linha aérea no apoio 1 seguindo em linha aérea simples até o apoio 38 onde ocorre uma transição de linha aérea para subterrânea. A linha continua subterrânea até ao posto de Posto de Corte de Ribadelide.

Será instalado um cabo de telecomunicações em fibra ótica, para interligação da CSF Ribadelide e a Posto de Corte de Ribadelide.

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

RSLEAT- Regulamento de Segurança de Linhas Elétricas de Alta tensão (DR 1/92);

Circulares dos Serviços de Aviação Civil;

Circulares dos Serviços de Hidráulica;

Regulamento de Proteção às Espécies Florestais e Agrícolas;

Servidões Administrativas;

Normas nacionais e internacionais sobre os temas;

Efeitos dos Campos Eletromagnéticos;

Tensões Induzidas;

Perturbações Radioelétricas;

Crítérios de Funcionamento da Linha em Regime de Curto-circuito;



CEI EN IEC 60071	2018	Insulation co-ordination
DRE-C11-040/N	2015	Guia Técnico de Terras
DRE-C10-001/N	2008	Guia de Coordenação de Isolamento
IEC60183	1984 1990	Guide to the selection of high-voltage cables
IEC 60228	2004	Conductors of insulated cables
IEC 60287-1-1	2006	Electric cables – Calculation of the current rating – Part 1-1: Current rating equations (100% load factor) and calculation of losses – General
IEC 60287-2-1	2006	Electrical cables – Calculation of the current rating – Part 2-1: Calculation of thermal resistance
IEC 60949	1988 2008	Calculation of thermally permissible and short-circuit currents, considering non-adiabatic heating effects
IEC 60815	2008	Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions
IEC 60840	2011	Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 30 kV ( $U_m = 36$ kV) up to 150 kV ( $U_m = 170$ kV) – Test methods and requirements
IEC 61443	2008	Short-circuit temperature limits of electric cables with rated voltages above 30 kV ( $U_m = 36$ kV)
DMA-C33-281/N	2020	Condutores isolados e seus acessórios para redes de distribuição - Cabos isolados de alta tensão
EN 50575	2014 2016	Power, control and communication cables – Cables for general applications in construction works subject to reaction to fire requirements
EN 50341	2012	Overhead electrical lines exceeding AC 1 kV

### 3. CORRENTE E TENSÃO

---

A linha mista a estabelecer terá início com um traçado subterrâneo do PS da CSF Ribadelide até o apoio 1, onde ocorre uma transição para linha aérea. A linha segue aérea simples até o apoio 38 onde será realizada outra transição, desta vez, de linha aérea para linha subterrânea. A linha segue subterrânea até o Posto de Corte de Ribadelide. É constituída por dois tipos de condutores, no troço aéreo por condutores ACSR 160 mm<sup>2</sup> (“Partridge”) e no troço subterrâneo por cabos LXHIOZ1(cbe) 1x3x2 240mm<sup>2</sup> 12/20 (24) kV.

A potência máxima a transportar será de 13,33 MVA em cada terno, 384,90 A, sob a forma de corrente alternada trifásica, com frequência de 50 Hz e à tensão de 20 kV.

### 4. CARACTERÍSTICAS DA LINHA MISTA

---

O traçado da linha atravessa os concelhos de Vila Nova de Paiva, Castro Daire e Moimenta da Beira de acordo com o traçado representado na carta militar à escala 1:25000 no desenho n.º 22014.01.TL.001.

As condições de serviço a considerar no projeto são as seguintes:

- Temperatura ambiente máxima	+40 °C
- Temperatura ambiente mínima	-10 °C
- Temperatura média ambiente	<30 °C
- Velocidade máxima do vento	32 m/s
- Nível de poluição	Média (linha de fuga 20 mm/kV)
- Altitude	< 1060 m
- Radiação Solar	1000 W/m <sup>2</sup>
- O comprimento do troço aéreo será:	7700 m
- O comprimento do troço subterrâneo será:	250m
- O comprimento total da linha é de:	7950 m
- Tensão nominal, U <sub>n</sub> (simples/composta)	12/20 kV
- Tensão mais elevada (da rede trifásica), U <sub>s</sub>	24 kV
- Frequência Nominal	50 Hz
- Regime de neutro	Neutro ligado rigidamente à terra
- Potência máxima a transportar	13,33 MVA
- Corrente máxima de serviço (I <sub>n</sub> )	384,90 A

## 5. LOCALIZAÇÃO E TRAÇADO

### 5.1 LOCALIZAÇÃO

A linha a construir desenvolver-se-á nos locais a seguir indicados:

Freguesia	Lazarim
Concelho – Comprimento	Lamego – 2850 m

Freguesia	Várzea da Serra
Concelho – Comprimento	Tarouca – 5059 m

### 5.2 CONSTITUIÇÃO DE SERVIDÕES

O perfil e planta parcelar identifica as parcelas e respetivos proprietários dos prédios atravessados pela linha, que se consideram como únicas entidades para efeitos de constituição de servidões administrativas.

### 5.3 CONDIÇÕES TOPOGRÁFICAS

As características do território influenciam as condições de dimensionamento das linhas aéreas, dado que a ação dos agentes atmosféricos poderá interagir com os seus componentes.

A ação dos agentes atmosféricos é caracterizada no RSLEAT<sup>(1)</sup>, sendo função da zona do território onde se pretende estabelecer a linha.

#### a) Dimensionamento mecânico

Os agentes atmosféricos com influência sobre o comportamento mecânico dos componentes das linhas são o vento e o gelo.

Para cada um destes agentes são definidas duas zonas, conforme descrito no quadro seguinte:

ZONA	VENTO	GELO
ZONA A	Distância à orla marítima > 5 km Altitude < 600 m	-
ZONA B sem gelo	Distância à orla marítima ≤ 5 km	-
Zona B sem gelo	Altitude ≥ 600 m	-

<sup>1</sup> A EN50341 atualiza a informação definida no RSLEAT, sendo aplicados os princípios constantes desta EN. No que respeita à pressão dinâmica do vento serão tomados como referência para Zona A, os valores definidos no RSLEAT.

Zona B com gelo	Altitude $\geq$ 600 m	Altitude $\geq$ 700 m <sup>(2)</sup>
-----------------	-----------------------	--------------------------------------

Para as zonas consideradas deverão ser tomados os seguintes valores de carga de vento<sup>(3)</sup>:

ZONA	ALTURA ACIMA DO SOLO	VENTO MÁXIMO HABITUAL	VENTO REDUZIDO
ZONA A	<30 m	750 Pa a +15°C	300 Pa a -5°C
	30 m $\leq$ h <50 m	900 Pa a +15°C	360 Pa a -5°C
	h $\geq$ 50 m	1050 Pa a +15°C	420 Pa a -5°C
ZONA B sem gelo	<30 m	900 Pa a +15°C	360 Pa a -5°C
	30 m $\leq$ h <50 m	1050 Pa a +15°C	420 Pa a -5°C
	h $\geq$ 50 m	1270 Pa a + 15°C	508 Pa a -5°C
Zona B com gelo	<30 m	900 Pa a +15°C	360 Pa a -10°C
	30 m $\leq$ h <50 m	1050 Pa a +15°C	420 Pa a -10°C
	h $\geq$ 50 m	1270 Pa a + 15°C	508 Pa a -10C

Na zona B, sem gelo, poderão considerar-se condições de fabrico especial para os postes de betão, por aplicação de produtos de proteção contra a corrosão salina, sempre que se justifique.

### b) Dimensionamento térmico

Para o dimensionamento térmico de condutores para linhas aéreas são relevantes a radiação solar incidente sobre os condutores e a velocidade do vento sobre os mesmos, para aplicação na equação que exprime o balanço térmico de um condutor, adotada a partir do modelo Kuipers-Brown.

### c) Condições topográficas do projeto

O traçado da linha a construir desenvolve-se em sua totalidade na zona B com gelo.

<sup>2</sup> Considera-se possibilidade de formação de manga de gelo nos distritos de Viana do Castelo, Braga, Vila Real, Bragança, Porto, Viseu, Guarda, Castelo Branco, Coimbra e Portalegre.

<sup>3</sup> Considera-se como carga de vento a pressão dinâmica devida ao vento máximo habitual. A carga de vento reduzido corresponde a 40% da carga de vento máximo.

**d) Nível de Poluição**

Para o dimensionamento elétrico é relevante o nível de poluição considerado para cada local, que será determinante para definição do material a utilizar na constituição dos condutores nus e para o comprimento de linha de fuga específica mínima, em mm/kV, a observar entre fase e terra, nomeadamente ao longo dos isoladores ou cadeias de isoladores para fixação de condutores nus.

Na zona B, sem gelo, deve considerar um nível de poluição muito forte, visando a proteção contra a agressividade da poluição salina.

Os níveis de poluição definidos na norma IEC 60815 são:

- Leve:
  - Zona com baixa densidade industrial ou habitacional sujeitas a ventos e chuvas frequentes;
  - Zonas agrícolas;
  - Zonas montanhosas;
  - Zonas a mais de 10 km do mar sem exposição direta a ventos marítimos
- Médio:
  - Zonas com indústrias que não produzem fumos particularmente poluentes ou com densidade habitacional média;
  - Zonas com grande densidade habitacional ou industrial com ventos ou chuvas frequentes;
  - Zonas expostas a ventos marítimos, mas afastados da costa
- Forte:
  - Zonas com grande densidade industrial ou subúrbios de grandes cidades;
  - Zonas próximas da costa com exposição a fortes ventos marítimos
- Muito forte:
  - Zonas de extensão considerável sujeitas a fumos industriais que produzam depósitos de partículas relativamente grandes;
  - Zonas de extensão considerável, muito próximas da costa expostas diretamente a salitre ou fortes ventos marítimos diretos;
  - Zonas desérticas caracterizadas por ausência de chuvas durante longos períodos de tempo, expostas a ventos que transportam areia e sal, e sujeitas a condensação regular.

De acordo com o guia de coordenação de isolamento (DRE-C10-001/N), a linha de fuga específica a considerar para os diferentes níveis de poluição tem os valores a seguir indicados:

Média .....20 mm/ kV

Forte .....25 mm/ kV

Muito forte .....31 mm/ kV

Adotou-se para o projeto o nível de poluição média, cuja linha de fuga mínima é 20 mm/kV.

#### 5.4 IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS INTEGRADAS NA RESERVA AGRÍCOLA NACIONAL (RAN)

Elaborado no EIA.

#### 5.5 IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS INTEGRADAS NA RESERVA ECOLÓGICA NACIONAL (REN)

Elaborado no EIA.

#### 5.6 IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS INTEGRADAS NA REDE NATURA 2000

Elaborado no EIA.

### 6. TROÇO DA LINHA AÉREA

A linha será constituída por condutores de alumínio-aço em toda a sua extensão. O cabo de terra será em alumínio-aço e terá incorporado fibras óticas (OPGW).

O perfil da linha é o indicado no desenho n.º 22014.01.TL.002, desenho onde se assinala a implantação dos apoios, tipo e altura dos mesmos, tipos de fixação dos condutores, relação dos proprietários, cruzamentos e demais elementos necessários à definição do traçado da linha e suas características.

#### 6.1 CABOS

MATERIAL	Designação		Seção Útil	Diametro Cabo	Massa quilométrica	Peso unitário	Tração/Carga de rotura	Módulo de elasticidade final	Coefficiente de dilatação linear	Resistência elétrica a 20°C cc
	ANTIGA (CABOS)	NOVA	S <sub>UTIL</sub> [mm <sup>2</sup> ]	Ø [mm]	m <sub>c</sub> [kg/km]	p [N/m]	Tr [kN]	E <sub>FINAL</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	α <sub>T</sub> [1/K]	R <sub>20°C,DC</sub> [Ω/km]
ACSR	PARTRIDGE 160	136-AL1/22-ST1A	157,92	16,32	547,30	5,367	47,75	73000	1,89E-05	0,212
OPGW	Q&Q17KA-24FO	90-A3/SA1A-13/5	129,09	15,00	506,70	4,969	72,30	84500	1,77E-05	0,318

S <sub>UTIL</sub>	Secção útil
E	Diâmetro do cabo
FACTOR RMG	Fator de raio médio geométrico
RMG	Raio médio geométrico
m <sub>c</sub>	Massa quilométrica
p	Peso unitário
Tr	Tração/Carga de rotura
E <sub>FINAL</sub>	Módulo de elasticidade final
α <sub>T</sub>	Coefficiente de dilatação linear
R <sub>20°C,DC</sub>	Resistência elétrica a 20°C cc

## 6.2 DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA ASSOCIADAS A CONDUTORES EM TENSÃO

Observa-se o disposto no RSLEAT (DR 1/92), onde se definem distâncias mínimas várias:

- 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 são verificadas para a situação de flecha máxima, ou seja, temperatura dos condutores de 75 °C, na ausência de vento.

No entanto, neste projeto, adotaram-se os critérios de pelo menos mais 1 m do que os definidos pelas especificações regulamentares, criando-se assim uma servidão menos condicionada e aumentando-se o nível de segurança em geral. No quadro seguinte mostram-se os valores adotados.

Distâncias a:	Critério Projeto [m]	Mínimos RSLEAT [m]
Solo	7,5	6,15
Árvores	3,5	2,5
Edifícios	5,0	4,0
Estradas	8,0	7,0
Vias-férreas eletrificadas	14,5	13,5

## 6.3 ISOLAMENTO E CADEIAS DE ISOLADORES

As distâncias de isolamento mínimas para linhas de 10 kV, 15kV e 30kV de acordo com a CEI 60071, são apresentadas a seguir:

Tensão suportável ao choque atmosférico	250 kV (pico)
Distância de isolamento mínima fase-terra	480 mm
Distância de isolamento mínima fase-fase	540 mm

## 6.4 ACESSÓRIOS DOS CONDUTORES, CABO DE GUARDA E CABO DE TELECOMUNICAÇÃO

Os acessórios de fixação, pinças de amarração, de suspensão e uniões estão dimensionados para as ações mecânicas transmitidas pelos cabos e para os efeitos térmicos e eletrodinâmicos.

As uniões e pinças de amarração do cabo ACSR 160 mm<sup>2</sup> ("Partridge"), 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.

## **6.5 AMORTECEDORES DE VIBRAÇÕES EÓLICAS**

Se necessário, utilizar-se-ão amortecedores anti vibratórios, tipo “Stockbridge”, de acordo com o critério de aplicação.

## **6.6 ARMAÇÕES**

Em postes metálicos: o fabrico é integrado na estrutura. São constituídas por perfis de aço, ligados por chapas e parafusos, galvanizados por imersão a quente para proteção contra a corrosão atmosférica.

Em postes de betão: fabrico de acordo com as especificações da E-Redes. São constituídas por perfis de aço, ligados por chapas e parafusos, galvanizados por imersão a quente para proteção contra a corrosão atmosférica.

## **6.7 APOIOS**

Utilizar-se-ão postes metálicos normalizados, dos tipos indicados nos elementos anexos e no perfil e planta parcelar.

O cálculo mecânico dos postes metálicos integra:

- o Projeto Tipo de Postes Metálicos da série “F” para linhas Aéreas de MT/AT da METALOGALVA-IRMÃOS SILVA LDA., aprovado em 3 de março de 1994 pela DGE;
- Apoios da série “DR”

Os referidos apoios, bem como o cálculo da sua estabilidade, estão descritos no projeto tipo já licenciado, pelo que nos dispensamos de os enviar com o presente projeto, dado que os esforços a que estão submetidos são inferiores aos valores para que foram licenciados.

## **6.8 FUNDAÇÕES**

Apoios com postes metálicos executados segundo o projeto tipo daqueles apoios.

Conforme estipula o RSLEAT 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, 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/m<sup>3</sup>;
- Ângulo de Talude Natural = 30 a 32°;
- Pressão Admissível (*ensaio 'SPT'*) > 200 kPa.

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

O tipo e dimensões das fundações são os normalmente usados, para os respetivos tipos de apoios. As fundações são para tipos de terrenos considerados normais.

Caso, durante a construção, se verifique existirem terrenos com características diferentes, estes serão avaliados caso a caso, preconizando-se soluções tecnicamente adequadas para cada caso.

## **6.9 LIGAÇÕES À TERRA**

### **6.9.1 RESISTÊNCIA DE TERRA**

Zonas públicas e frequentadas: máximo de 20  $\Omega$ .

Proximidade de até 1 km de subestações e postos de corte: máximo de 20  $\Omega$ , exceto em apoios localizados dentro das instalações cujo valor máximo é de 1  $\Omega$ .

### **6.9.2 ELÉTRODOS DE TERRA**

Postes metálicos: elétrodo de terra vertical, constituído no mínimo por 2 varetas (no caso de fundações monopódicas), ou por 4 varetas (no caso de fundações polipódicas), com 14,3 mm de diâmetro e 2,1 m de comprimento, ligadas em paralelo, devendo as extremidades superiores situar-se abaixo do nível do solo, a uma profundidade não inferior a 0,8 m.

Reforço do elétrodo de terra: caso seja necessário, será instalado pelo menos um anel circundante aos postes com cabo de cobre nu de 35 mm<sup>2</sup> interligando as varetas de terra, de forma a garantir os valores estipulados. Poderão ainda ser instalados elétrodos de terra horizontais em cabo de cobre nu de 35 mm<sup>2</sup> (configuração em serpentina, simples, dupla ou longa, ou configuração em estrela) enterrados a uma profundidade compreendida entre 0,5 m a 1 m.

### **6.9.3 LIGAÇÃO DOS POSTES AOS ELÉTRODOS DE TERRA**

Postes metálicos: ligação dos terminais de terra existentes em cada um dos montantes os elétrodos de terra, e interligando-os entre si, através de cabo VV 1x35 mm<sup>2</sup> (secção mínima, onde não existam equipamentos complementares aplicados) com bainha exterior preta e isolamento verde/amarela.

Postes no interior de subestações ou postos de corte: ligação à terra geral da subestação, através de cabo de cobre nu de 95 mm<sup>2</sup>.

**6.9.4 LIGAÇÃO DAS ARMAÇÕES**

Postes metálicos: não necessário.

**6.9.5 LIGAÇÃO DO CABO DE GUARDA**

Ligação individual ao circuito de terra de cada um dos apoios através do terminal de terra aéreo existente nos postes de betão, ou, à estrutura metálica de fixação destes cabos.

A ligação à terra deverá ser efetuada através de fio de cobre ou do mesmo material do cabo de guarda, de secção pelo menos equivalente à deste.

**6.10 BALIZAGEM AERONÁUTICA**

A utilização de equipamento de sinalização aeronáutica resulta das disposições da Circular de Informação Aeronáutica (CIA 10/03 de 06 de maio) do Instituto Nacional de Aviação Civil.

**6.10.1 CRUZAMENTO COM LINHAS MT**

Neste presente projeto está previsto 4 cruzamentos com linhas MT.

**6.10.2 CRUZAMENTO COM LINHAS AT**

Neste presente projeto está previsto um cruzamento com linhas AT. Cruzamento com linhas MAT

**6.10.3 CAMPO ELETROMAGNÉTICO**

O projeto da linha de 20 kV cumpre com o disposto no ponto 1 do Artigo 7.º do Decreto-Lei n.º 11/2018 de 15 de fevereiro, no que respeita aos critérios de minimização da exposição humana a campos eletromagnéticos.

**6.10.3.1 VALORES LIMITE**

De acordo com a Portaria n.º 1421/2004, 23 de novembro, publicada no Diário da República – I Série B, n.º 275, os níveis de referência da exposição aos campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos (0 Hz – 300GHz, valores eficazes não perturbados), são os seguintes:

LIMITES DE EXPOSIÇÃO A CAMPOS ELÉTRICOS E MAGNÉTICOS		
a 50 Hz		
Características de exposição	Campo Elétrico [KV/m] (RMS)	Densidade de fluxo magnético [ $\mu$ T] (RMS)
Público Permanente	5	100

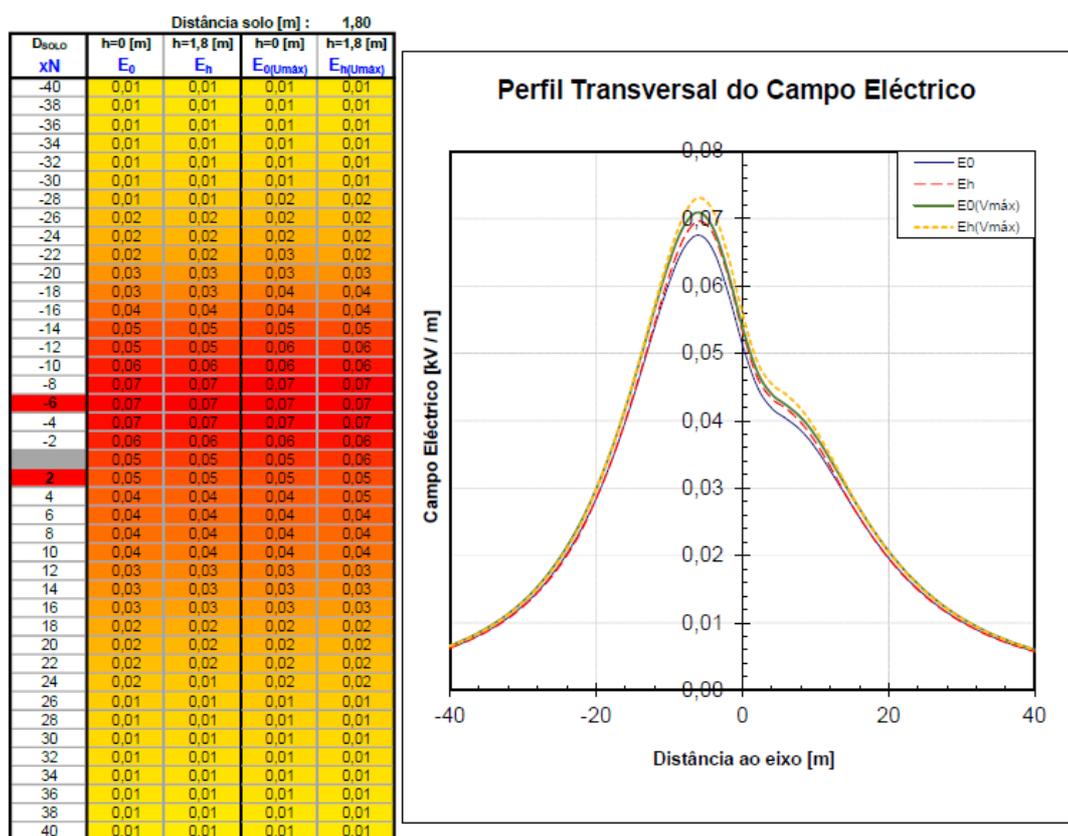
### 6.10.3.2 CÁLCULO DO CAMPO ELÉTRICO

O Campo Elétrico apresenta-se com 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 o apoio F95CA/21, com um condutor por fase, um cabo de guarda ao potencial do solo e valor eficaz do módulo da tensão na linha no seu valor nominal. O valor máximo do campo é 0,07 kV/m a 1,8 m do solo. Todos os valores, como se verifica, estão dentro dos limites apresentados na figura abaixo.

Figura 1 - Campo Elétrico

### 6.10.3.3 CÁLCULO DO CAMPO MAGNÉTICO

O Campo Magnético apresenta-se de uma forma sistemática os valores do módulo do vetor densidade de fluxo



magnético em perfis transversais numa faixa de -40 a +40 m em torno do eixo da linha e para a altura média ao solo. 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 caráter permanente esta condição é perfeitamente legítima. No Figura 2 apresenta-se o perfil transversal da densidade de fluxo magnético a 1,8 m do solo para um módulo de corrente conforme o tipo de cabo utilizado. Para a linha em projeto, com a configuração imposta pelo apoio utilizado, com regime de correntes suposto trifásico e equilibrado o valor máximo da densidade de fluxo magnético a 1,8 m do solo é de 0,651  $\mu$ T. Os valores da indução magnética decaem rapidamente, e a 30 m do eixo da linha não excedem 0,229  $\mu$ T. Todos

os valores calculados são muito inferiores aos valores limites apresentados nas figuras abaixo mesmo numa perspetiva de exposição pública permanente.

CABO DE GUARDA LIGADO À TERRA

xN [m]	h = 1 [m]		
	B <sub>máx</sub>	B <sub>x</sub>	B <sub>y</sub>
-40	0,155	0,140	0,104
-38	0,168	0,154	0,109
-36	0,182	0,169	0,113
-34	0,197	0,187	0,118
-32	0,214	0,206	0,123
-30	0,233	0,228	0,128
-28	0,255	0,251	0,134
-26	0,278	0,277	0,141
-24	0,304	0,304	0,152
-22	0,332	0,332	0,166
-20	0,363	0,360	0,188
-18	0,397	0,386	0,218
-16	0,433	0,409	0,258
-14	0,470	0,424	0,309
-12	0,508	0,431	0,369
-10	0,545	0,425	0,436
-8	0,579	0,408	0,505
-6	0,609	0,382	0,567
-4	0,632	0,355	0,616
-2	0,646	0,342	0,645
2	0,651	0,352	0,648
4	0,645	0,382	0,627
6	0,629	0,420	0,584
8	0,605	0,452	0,528
10	0,574	0,471	0,466
12	0,539	0,474	0,405
14	0,502	0,465	0,351
16	0,463	0,445	0,305
18	0,426	0,419	0,268
20	0,391	0,389	0,240
22	0,357	0,357	0,217
24	0,327	0,326	0,200
26	0,299	0,297	0,185
28	0,273	0,269	0,173
30	0,250	0,244	0,162
32	0,229	0,221	0,153
34	0,211	0,200	0,144
36	0,194	0,182	0,136
38	0,179	0,165	0,128
40	0,165	0,151	0,121
40	0,153	0,137	0,114

Perfil Transversal da Densidade de Fluxo Magnético B

Distância ao solo: h = 1 [m]

Corrente por fase: 385 [A]

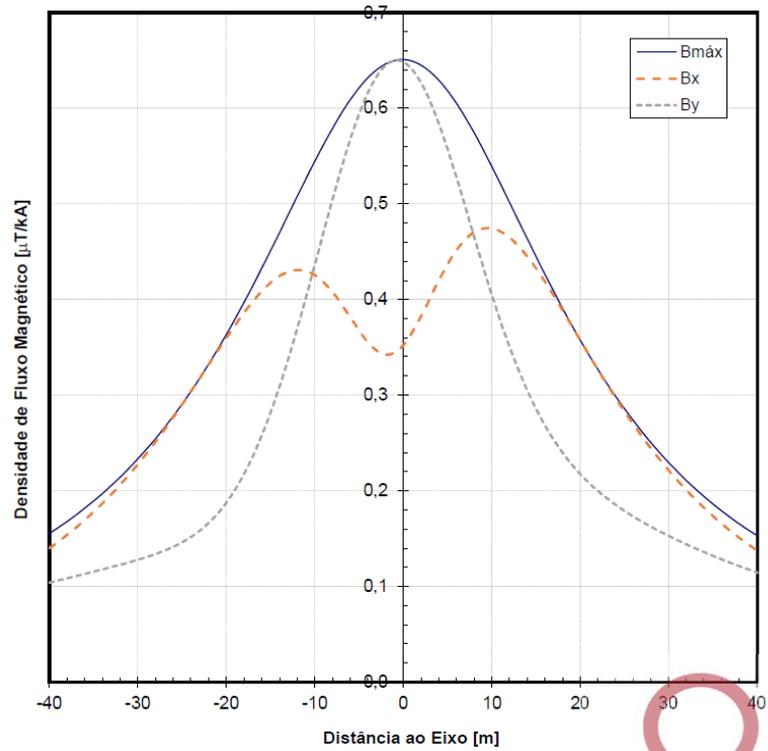


Figura 2 - Campo Magnético

## **7. TRANSIÇÃO AERO-SUBTERRÂNEA**

---

A saída da CSF de Ribadelide é em troço subterrâneo. No apoio 1 são realizadas as transições de linha subterrânea para linha aérea do traçado subterrâneo vindo da Central Solar Fotovoltaica. Esta transição será constituída por um apoio do tipo GR1.

Para entrada no Poste de Corte Ribadelide em linha subterrânea, será feita uma transição de linha aérea para linha subterrânea no apoio 38 do tipo GR1.

O Guia de Coordenação de Isolamento indica que em transições aero-subterrâneas devem ser instalados descarregadores de sobretensões com a finalidade de proteger o isolamento não auto-regenerável dos equipamentos de uma avaria permanente devido a uma sobretensão transitória.

## **8. TROÇO DA LINHA SUBTERRÂNEA**

---

A linha de média tensão a 20kV CSF RIBADELIDE – PC RIBADELIDE contém um troço subterrâneo entre CSF Ribadelide e o apoio 1 e outro troço subterrâneo entre o apoio 38 à no Poste de Corte Ribadelide.

## **9. RISCOS ORIGINADOS PELA PRESENÇA E FUNCIONAMENTO DA LINHA**

---

Os riscos associados à presença e funcionamento da linha, incluindo os que decorrem de circunstâncias adversas e externas à própria linha, podem considerar-se abrangidos pelas situações que a seguir se referem:

- Incêndios;
- Queda dos apoios ou dos cabos condutores ou de guarda;
- Contactos acidentais com elementos em tensão;
- Tensões induzidas;
- Obstáculos a ligar à terra e dimensionamento do circuito de terra associado;
- Efeito dos campos eletromagnéticos.

### **9.1 INCÊNDIOS**

No âmbito da análise deste tipo de riscos, há a considerar a situação em que a linha está na origem do incêndio e, por outro lado, o caso em que a mesma é afetada por incêndios de outra origem.

A probabilidade de o funcionamento da linha estar na origem de incêndios é muito reduzida, uma vez que na fase de construção serão garantidas distâncias de segurança aos obstáculos situados dentro de uma zona de proteção adequada.

Durante a exploração, procede-se a rondas periódicas, a fim de detetar atempadamente construções ou crescimento exagerado de árvores que possam aproximar-se da linha a distâncias inferiores aos valores de segurança.

A probabilidade de a linha ser afetada por incêndios de outra origem é reduzida, com incidência na qualidade de exploração e na continuidade de serviço (interrupção do transporte de energia). Associadas a estas situações haverá que considerar o risco de danos ou inutilização dos equipamentos (apoios, cabos e cadeias de isoladores), com eventual risco de indução de outro tipo de acidentes, nomeadamente queda de apoios, ou dos cabos condutores ou de guarda.

As opções de conceção adotadas, (distâncias aos obstáculos na vizinhança da linha de acordo com os valores de segurança), permitem concluir que estão minimizados os riscos de a linha originar ou vir a ser afetada por incêndios.

## **9.2 QUEDA DE APOIOS OU DE CABOS**

Em face das características dos cabos condutores e de guarda e dos coeficientes de segurança adotados na sua instalação pode afirmar-se ser praticamente nula a probabilidade de ocorrência de rotura de qualquer destes elementos da linha.

O risco deste tipo de ocorrências é muito reduzido e pode traduzir-se, tal como no caso dos incêndios, numa incidência na continuidade de serviço da linha, embora se possa associar o risco sobre pessoas e bens na sequência da queda daqueles elementos.

A queda de apoios apresenta um risco mínimo em face das suas características e dos coeficientes de segurança adotados no dimensionamento dos mesmos e das respetivas fundações.

Por outro lado, a intensidade das ações consideradas, resultantes dos agentes naturais, como por exemplo o vento, correspondem a valores muito elevados, ou seja, as ocorrências cuja probabilidade de ser ultrapassada é muitíssimo baixa. Estes critérios não são arbitrários, mas fazem parte da Legislação Nacional aplicável (RSLEAT) e internacional, após estudos muito aprofundados e experiência real de quase um século de História da Indústria de Transporte e Distribuição de Energia Elétrica. Estes critérios são técnica e legalmente considerados pelos projetistas como suficientes no que se refere à segurança das populações.

De um modo geral, no dimensionamento global dos diversos componentes estruturais da linha, procura-se estabelecer uma coordenação de resistências onde, no caso do componente principal apoio, os subcomponentes crescentemente mais fortes serão apoio, fundações, acessórios e no caso do componente principal cabos, os subcomponentes crescentemente mais fortes serão cabos, isoladores, acessórios.

## **9.3 CONTACTOS ACIDENTAIS COM PEÇAS EM TENSÃO**

A ocorrência desta situação é improvável e pode resumir-se à utilização de guias ou outros equipamentos na proximidade da linha.

## **9.4 TENSÕES INDUZIDAS**

A existência de objetos metálicos (vedações e aramados), isolados ou ligados à terra, na vizinhança de Linhas Aéreas e acompanhando estas em grandes extensões, são afetados por campos elétricos, magnéticos ou ainda

por elevação de potencial no solo, tornando possível o aparecimento de tensões induzidas, com incidência na segurança de pessoas (contactos ocasionais). Face ao traçado desta linha, ao nível de tensão utilizado e às distâncias ao solo e a obstáculos preconizadas não se preveem situações deste tipo.

Relativamente à elevação de potencial do solo, na sequência de um defeito monofásico, seguiu-se o preconizado nas várias normas já referidas atrás, devendo ainda tomar em consideração:

- A existência de cabo de guarda que transporta a maior parte da corrente de defeito, funciona como elemento protetor em termos de segurança de pessoas;
- Tempo de eliminação do defeito ser  $\leq 0,5s$  (proteções rápidas);
- Ser muito baixa a probabilidade de coincidência de um contacto ocasional com a ocorrência do defeito no mesmo instante;
- A improvável combinação negativa de todas as ocorrências referidas leva que a atual normalização aponte métodos probabilísticos para estes aspetos.

Deste modo, pode inferir-se que os riscos ligados às correntes que provêm das tensões induzidas são extremamente baixos e muito abaixo dos critérios técnicos e ambientais mais restritivos que se conhecem.

## **9.5 OBSTÁCULOS A LIGAR À TERRA E DIMENSIONAMENTO DO CIRCUITO DE TERRA**

Não estão previstas 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.



## **10. ELEMENTOS DO PROJETO**

---

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

Peças Escritas:

- Memória Descritiva

Peças Desenhadas:

Planta geral.....n.º 22014.03.TL.001

Perfil e planta parcelar.....n.º 22014.03.TL.002

## **11. AUTOR DO PROJETO**

---

17 de junho de 2022

O Autor do Projeto

---

Pedro Machado  
(Inscrito na OET c/ n.º 6336)

