VALUE ELEMENT ENGINEERING

SOLUTIONS

PROJETO - Memória Descritiva e Justificativa

Linha 400kV Subestação (SE) Grande Lago – Subestação (SE) Alqueva (REN)

edp Renewables

Revisão	Data	Descrição	Elaborado	Verificado	Aprovado
0	23/05/2025	Emissão inicial	JM	RS	MP
A	04/06/2025	Atualização de Sinalização para Avifauna	JM	RS	MP

	Nome	Assinatura	Data
Elaborado por:	José Carlos Martins		04/06/2025
Verificado por:	Rui Sá		04/06/2025
Aprovado por:	Marcelo Pereira		04/06/2025

ÍNDICE GERAL

1. CONSIDERAÇÕES GERAIS 1
1.1. OBJETO 1
1.2. CARACTERÍSTICAS DA LINHA DE LIGAÇÃO DOS CENTROS ELETROPRODUTORES, A 400 kV 2
1.3. CRITÉRIOS TÉCNICOS GERAIS 3
2. EQUIPAMENTO 5
2.1. APOIOS 5
2.2. FUNDAÇÕES 5
2.3. CABOS 6
2.3.1. ASPETOS GERAIS DO DIMENSIONAMENTO 6
2.3.2. DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA ASSOCIADAS A CABOS 8
2.4. ACESSÓRIOS DOS CABOS CONDUTORES E DE GUARDA 9
2.5. AMORTECEDORES DE VIBRAÇÕES 10
2.6. CADEIAS DE ISOLADORES 10
2.6.1. ASPETOS DE DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO 10
2.6.2. ACESSÓRIOS DE CADEIAS 12
2.6.3. FIXAÇÃO À ESTRUTURA 12
2.7. COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO 13
2.8. CIRCUITO DE TERRA DOS APOIOS 13
2.8.1. NORMALIZAÇÃO ADOTADA 13
2.8.2. CONSTITUIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS CIRCUITOS DE TERRA 14
3. CÁLCULOS 16
3.1. CÁLCULOS ELÉTRICOS 16
3.1.1. RESISTÊNCIA ELÉTRICA LINEAR DOS CONDUTORES 16
3.1.2. CAPACIDADE TÉRMICA 16
3.1.3. EFEITO COROA. CAMPO ELÉTRICO CRÍTICO. PERDAS POR EFEITO COROA 19
3.1.4. RUÍDO ACÚSTICO 20
3.1.5. INTERFERÊNCIAS RADIOELÉTRICAS 25

3.1.6. CONSTANTES ELÉTRICAS DA LINHA 25
4. DIRETRIZ DA LINHA 26
4.1. LOCALIZAÇÃO 26
5. TRAVESSIAS E CRUZAMENTOS 26
5.1. TRAVESSIAS DE VIAS DE COMUNICAÇÃO 26
5.1.1. TRAVESSIAS DE ESTRADAS 27
5.1.2. TRAVESSIAS DE SERVIDÕES DE VIAS-FÉRREAS 27
5.2. TRAVESSIAS DE CURSOS DE ÁGUA 27
5.3. SERVIDÕES AERONÁUTICAS CIVIS E MILITARES 27
5.4. CRUZAMENTOS E PARALELISMOS COM LINHAS DE TELECOMUNICAÇÕES 27
5.5. CRUZAMENTOS COM OUTRAS LINHAS ELÉTRICAS AÉREAS 27
5.6. CRUZAMENTOS E PARALELISMOS COM GASODUTOS 28
6. BALIZAGEM AÉREA 28
6.1. SINALIZAÇÃO PARA AERONAVES 28
6.1.1. BALIZAGEM DIURNA 28
6.1.2. BALIZAGEM NOTURNA 29
6.2. SINALIZAÇÃO PARA AVES 29
7. CONTACTOS ACIDENTAIS COM PEÇAS EM TENSÃO 30
8. RELAÇÃO DE OBSTÁCULOS A LIGAR À TERRA E DIMENSIONAMENTO DO CIRCUITO DE TERRA 30
9. EFEITOS DOS CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS 30
9.1. VALORES LIMITES 30
9.2. CÁLCULO DO CAMPO ELÉTRICO 31
9.3. CÁLCULO DO CAMPO MAGNÉTICO 34
9.4. MEDIDAS IMPLEMENTADAS NO PROJETO PARA MINIMIZAÇÃO DA EXPOSIÇÃO 35
10. ELEMENTOS DO PROJETO 37

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Caraterísticas gerais dos apoios 5

Tabela 2 - Fundações características para os apoios utilizados na linha em projeto 6
Tabela 3 - Distâncias de segurança 8
Tabela 4 - Classificação da poluição ao longo da linha 11
Tabela 5 - Tipo de cadeias a aplicar 11
Tabela 6 - Distâncias sob carga de vento com exceção do vento extremo EN50341 12
Tabela 7 - Limites especificados para a tensão de contacto e de passo 14
Tabela 8 - Características do tipo de circuito de terra apresentado 15
Tabela 9 - Correntes de defeito trifásico previstas 18
Tabela 10 - Comportamento dos cabos em regimes de defeito 18
Tabela 11 - Campo elétrico máximo à superfície 19
Tabela 12 - Perdas anuais 20
Tabela 13 - Probabilidade média para cada zona 23
Tabela 14 - Ruído ambiente previsto 25
Tabela 15 - Grandezas diretas 25
Tabela 16 - Grandezas homopolares 26
Tabela 17 - Localização da linha, segundo a Carta Administrativa Oficial de Portugal 26
Tabela 18 - Travessias de estradas 27
Tabela 19 - Cruzamentos com Outras Linhas Elétricas Aéreas 28
Tabela 20 - Limites de exposição a campos elétricos e magnéticos a 50 Hz 31
Tabela 21 - Valores calculados do campo elétrico 33
Tabela 22 - Valores calculados do campo magnético 35

1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1. OBJETO

A presente memória descritiva refere-se ao projeto da linha, a 400 kV, que fará a ligação da Subestação 30/60/400 kV do Grande Lago (SE Grande Lago) à Subestação de Alqueva (SE Alqueva), propriedade da REN, S.A., com o objetivo de interligação da Central Híbrida do Grande Lago à Rede Nacional de Transporte (RNT), para permitir o escoamento da energia produzida.

O projeto da Central Híbrida do Grande Lago, composto por dois núcleos eólicos (núcleo poente e núcleo nascente) e por um núcleo fotovoltaico flutuante, nasce com o intuito de aproveitar o recurso Sol e Vento, cujo potencial de exploração em Portugal é extremamente elevado, em comparação com outros países europeus em que não tem uma expressão quantitativa tão favorável. Em Portugal, as potencialidades de aproveitamento da energia solar, mesmo que em pequenas escalas é deveras considerável e substancial no sentido da substituição dos combustíveis fósseis.

O *mixing* energético nacional apresenta uma lacuna evidente, que se traduz no facto de nos anos secos, em que a produção hídrica diminui drasticamente, o país ser obrigado a importar essa energia de Espanha e de França, aumentando simultaneamente a produção das centrais a gás (combustível também importado), e em ambos os casos fazendo sair recursos financeiros que se traduzem num desequilíbrio das contas com o exterior nos anos secos. Assim, considera o proponente que outros recursos de energia renovável pode no momento atual, e com o correto dimensionamento, ser competitivo em termos de mercado, contribuindo para um aumento da autonomia energética do país, evitando a dependência de recursos como o gás natural e o carvão (necessariamente importados), a que acresce o facto de um contributo decisivo no aspeto de segurança energética nacional ao funcionar em "tandem" com a produção hídrica quando observado na perspetiva das características do *mixing* da produção energética.

Importa ter em conta os objetivos estabelecidos pelo país, nomeadamente, o Plano Nacional Integrado de Energia e Clima (PNEC 2030), que é o principal instrumento de política energética e climática para o período 2021-2030, tendo sido aprovado em Conselho de Ministros de 21 de maio de 2020 e posteriormente publicado através da Resolução de Conselho de Ministros n.º 53/2020, de 10 de julho. As medidas nele incluídas terão um papel fundamental para assegurar a concretização dos objetivos e metas, em matéria de energia e clima, definidos para Portugal no horizonte 2030. Este plano substitui o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) e o Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER) após 2020 e está igualmente orientado para os objetivos a longo prazo de Portugal, rumo à neutralidade carbónica, através da articulação com o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050).

A construção da Central Hídrica do Grande Lago contribui, assim, para alcançar as metas que Portugal assumiu referentes ao Quadro da Diretiva Comunitária, relativa a produção de eletricidade a partir de fontes renováveis de energia. Após as fortes apostas na energia hídrica e eólica, a energia solar posiciona-se como a tecnologia com maior potencial de desenvolvimento em Portugal durante a próxima década.

Na perspetiva de desenvolvimento de trabalho conjunto (técnico/económico e ambiental), sobre a área disponível para instalação da Central do Grande Lago, foram desenvolvidos os necessários estudos. A Central Híbrida (CH) do Grande Lago compreende as seguintes infraestruturas:

- Núcleo Fotovoltaico Flutuante;
- Núcleo Eólico Nascente;
- Núcleo Eólico Poente;
- Subestação 30/60 kV de Vera Cruz;
- Subestação de 30/60/400 kV do Grande Lago.

E ainda pelas seguintes linhas de ligação:

- Linha Elétrica Mista, a 30 kV, de ligação do Núcleo Fotovoltaico Flutuante (NFF) à Subestação 30/60/400 kV do Grande Lago, denominada de LN30 kV NFF - SE 30/60/400 kV Grande Lago;
- Linha Elétrica Mista, a 30 kV, de ligação do Núcleo Eólico Poente (NEP) ao Núcleo Eólico Nascente (NEN), denominada de LN30 kV NEP - NEN;
- Linha Elétrica Aérea, a 60 kV, de ligação da Subestação 30/60 kV de Vera Cruz à Subestação 30/60/400 kV do Grande Lago, denominada de LN60 kV SE 30/60 kV de Vera Cruz - SE 30/60/400 kV Grande Lago;
- Linha Elétrica Aérea, a 400 kV, de ligação da Subestação 30/60/400 kV do Grande Lago à Subestação de Alqueva (REN), denominada de LN400 kV SE 30/60/400 kV Grande Lago - SE Alqueva (REN).

1.2. CARACTERÍSTICAS DA LINHA DE LIGAÇÃO DOS CENTROS ELETROPRODUTORES, A 400 kV

A ligação da Subestação (SE) 30/60/400 kV do Grande Lago à RNT será feita através de uma linha aérea de terno simples, a 400 kV, até à Subestação (SE) de Alqueva. Esta linha tem uma extensão total de cerca de 1.82 km, com dois cabos condutores por fase (geminados), dispostos em apoios de esteira horizontal desde o pórtico da SE Grande Lago ao apoio P5 e, deste em diante, em apoios de esteira vertical dupla (apenas será utilizado o terno do lado direito, vista no sentido crescente da linha).

Está prevista a utilização de apoios da família Q para o troço de linha simples, e da família DL para o troço de linha dupla, cabos condutores do tipo ZAMBEZE (565-AL1/30-ST1A) e cabos de guarda do tipo OPGW (AS/AA 39/94 AST 2X20 FO) e DORKING (96-AL1/56-ST1A).

A linha será estabelecida entre a SE Grande Lago, a construir no concelho de Vidigueira, na freguesia de Pedrógão e a SE Alqueva da RNT, Rede Nacional de Transporte, de que é concessionária a REN - Rede Elétrica Nacional, S.A., localizada no concelho de Portel, na União de Freguesias de Amieira e Alqueva.

Uma das premissas bases da distribuição de apoios do projeto consistiu na não afetação de azinheiras e sobreiros. Esta análise foi feita pelo *LIDAR*, sendo necessário realizar o inventário em campo.

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 das famílias DL, utilizados em linhas aéreas duplas;
- Fundações do apoio constituídas por quatro maciços independentes formados por uma sapata e uma chaminé prismática;
- Cabo condutor, em alumínio-aço, do tipo ZAMBEZE (565-AL1/30-ST1A);
- Cabo de guarda, do tipo OPGW (AS/AA 39/94 AST 2X20 FO);
- Cabo de guarda, em alumínio-aço, do tipo DORKING (96-AL1/56-ST1A);
- 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 1 kV. 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;
- Condicionalismos 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, S. A;
- Lista de Documentos Técnicos de Referência elaborados pela REN, S. A;
- 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 no âmbito 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 das famílias Q e DL, incluindo perfis e chapas, estão calculados para o aço de designação: Fe510C/S355JO (σc = 355 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.

As diversas dimensões tipo, são as seguintes:

Tabela 1 - Caraterísticas gerais dos apoios

Tipo de Apoios	Altura Útil Mínima ao Solo [m]	Altura Útil Máxima ao Solo [m]	Altura Total Máxima [m]	Envergadura [m]
QT	20.60	40.60	45.60	24.10
QS	20.60	40.60	44.55	20.00
DLT	24.57	52.57	75.17	17.00

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"

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

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^3;
- 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 2 podemos observar o tipo de fundações características para os apoios utilizados na linha em projeto.

Tabela 2 - Fundações características para os apoios utilizados na linha em projeto

Tipo de Apoio	Tipo de Fundação
QS	DRE040
QT	DRE135
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, S.A. 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: **ZAMBEZE (565-AL1/30-ST1A);**
- Cabos de Guarda: **OPGW (AS/AA 39/94 AST 2X20 FO) + DORKING (96-AL1/56-ST1A).**

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 as condições de "Zona A", garantindo as condições mecânicas exigidas na condição EDS (*Every Day Stress*)[(2)] máximo, bem como a estabilidade das cadeias de isoladores, foram verificados os ângulos de oscilação das cadeias de suspensão na situação convencionalmente utilizada para a verificação dos desvios máximos, considerando uma 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 diferentes apoios, com o cabo ZAMBEZE (565-AL1/30-ST1A) e para a tensão nominal da linha, conduz a um campo elétrico máximo à superfície dos condutores de 14.86 kV/cm. 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 ZAMBEZE (565-AL1/30-ST1A) 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 9.1 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 x 50 kA = 47.50 kA, visto que 5% da corrente de curto-circuito se escoa para a subestação mais longe. O cabo ZAMBEZE (565-AL1/30-ST1A), 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 84°C ($T_{inicial} = 75°C$).

(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.

O mesmo se passa com os cabos de guarda do tipo DORKING (96-AL1/56-ST1A), 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 apoio(s). 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 (96-AL1/56-ST1A) encontram-se bem dimensionados para uma corrente de descarga atmosférica de 20 kA.

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 x 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 (96-AL1/56-ST1A) e OPGW (AS/AA 39/94 AST 2X20 FO), respetivamente ($T_{inicial} = 30°C$).

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, S.A. 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 3 - Distâncias de segurança

Obstáculos	400 kV	
	Critério adotado [m]	Mínimos RSLEAT [m]
Solo	14.00	8.00

Obstáculos	400 kV	
	Critério adotado [m]	Mínimos RSLEAT [m]
Árvores	8.00	5.00
Edifícios	8.00	6.00
Estradas	16.00	10.30
Vias-férreas eletrificadas [3]	16.00	16.00
Vias-férreas não eletrificadas	15.00	10.30
Outras linhas aéreas [3]	7.00	6.00
Obstáculos Diversos	7.00	5.00

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.

As uniões e pinças de amarração dos cabos, ZAMBEZE (565-AL1/30-ST1A) 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 300 kN e temperatura final do material abaixo do limite térmico para correntes de 50 kA durante 1 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.

[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 de conhecidas as 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 perspetiva 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 espetro 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 temperado do tipo U160BS para a linha e nas amarrações aos Pórticos. Estes isoladores que classificaremos de “normais” estão bem-adaptados às zonas de poluição média, que caraterizam 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 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 define a composição adequada para os diferentes tipos de cadeias na linha, dispostos na Tabela 5.

Tabela 5 - Tipo de cadeias a aplicar

Função da Cadeia de Isoladores	Tipo e Quantidade Isolador	Plano/Desenho (Ver Anexo A.07)
Cadeias de amarração dupla (pórtico da subestação)	2 x 23 U160BS	PL10192
Cadeias de amarração dupla	2 x 23 U160BS	PL10193
Cadeias de suspensão dupla	2 x 23 U160BS	PL10198
Cadeias de suspensão simples (Cadeias em "V" [90º]) - Condutor Central apoio tipo QS	2 x 23 U160BS	PL10199

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, nas cadeias com isoladores U160BS, é de 8740 mm, o que corresponde a 20.81 mm/kV, considerando a tensão máxima.

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 determinador 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, 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 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 em 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 1 s, sendo a densidade máxima de corrente limitada a 75 A/mm^2.

As hastes de guarda nas cadeias de amarração e suspensão são em varão de aço de ∅ 25 mm, os anéis de descarga são em tubo de aço de ∅ 60 mm, e com uma abertura de 50 mm e secção mínima de 500 mm^2.

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.06.

Nos apoios da família QT, estão disponíveis 3 pontos de fixação para o condutor central. Estes pontos têm como função permitir a manutenção das distâncias de segurança entre os elementos em tensão (fiadores) e a massa. Normalmente é utilizado o ponto de fixação central, contudo para apoios com ângulo de linha igual ou superior a 23 grados, torna-se necessário analisar em detalhe os distanciamentos e respetiva definição de ponto de ancoragem. No presente projeto será utilizado sempre o ponto de fixação central.

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 esta definição diga-se que se entende por **zonas publicas** 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

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 0.50 s, são respetivamente:

Tabela 7 - Limites especificados para a tensão de contacto e de passo

	Zona Pública	Zona Frequentada
U_c	189	255
U_p	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 < 0.50 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.

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 situações típicas para zonas pouco frequentadas e/ou não frequentadas, dos circuitos de terra.

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.

A configuração tipo de elétrodos 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 elétrodos de terra são estacas de *Copperweld* de 16 mm de diâmetro e 2.10 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 0.80 metros. Complementarmente, será instalado, em todos os apoios, um anel de terra (constituído por um cabo de cobre de Ø = 9 mm) enterrado horizontalmente a cerca de 0.80 m de profundidade, ligando os quatro elétrodos num anel que rodeará o poste.

Os cabos que interligam os elétrodos de terra às cantoneiras das bases são de cobre nu de 50 mm^2. 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 percentagem do potencial do circuito de terra, segundo a direção da diagonal do apoio ou maciço de fundação:

Tabela 8 - Características do tipo de circuito de terra apresentado

Tipo de Circuito de Terra	Resistência de Terra para ρ = 300 Ω.m [Ω]	Potencial máx. no solo em % do potencial do circuito de Terra	Tensão de Contacto em % do potencial do circuito de Terra [d = 1.00 m]	Tensão de Passo em % do potencial do circuito de Terra
4 estacas Ø = 16mm l = 2.10 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.04.

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 um condutor por fase do cabo ZAMBEZE (565-AL1/30-ST1A), 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 ZAMBEZE (565-AL1/30-ST1A) 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 0.20 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/m^3];

S - secção transversal [m^2];

T - temperatura absoluta do condutor [°K];

t - tempo [s];

R_T - resistência elétrica à temperatura absoluta T [Ω];

α - coeficiente de absorção solar (0.50);

R - radiação solar [1000 W/m^2];

d - diâmetro do condutor [m];

T_A - temperatura ambiente absoluta [°K];

v - velocidade do vento (0.60 m/s para o regime de calmia);

E - poder emissivo em relação ao corpo negro (0.60);

σ - constante de *Steffan* [5.70e-8 W/m^2.K^4].

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 35°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 (i. e., 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 35°C ("verão") a corrente máxima admissível, para o cabo ZAMBEZE (565-AL1/30-ST1A) é cerca de 1115 A, que corresponde uma capacidade de transporte da linha de 1545 MVA. Por sua vez, para uma temperatura ambiente de 15°C ("inverno") a corrente máxima admissível é cerca de 1339 A, a que corresponde a capacidade de transporte de 1856 MVA, 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 ZAMBEZE (565-AL1/30-ST1A) 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 9 - Correntes de defeito trifásico previstas

Subestação	Projeto 400 kV
Grande Lago	50 kA
Alqueva (REN)	50 kA

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

Tabela 10 - Comportamento dos cabos em regimes de defeito

Tipo de Condutor	I_{CC} [kA]	t_{CC} [s]	$T_{Inicial}$ [°C]	T_{Final} [°C]	ΔT [°C]	Limite [°C]	Validação
ZAMBEZE (565-AL1/30-ST1A)	23.75	0.35	75	84	9	125	OK
DORKING (96-AL1/56-ST1A)	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 ZAMBEZE (565-AL1/30-ST1A) como os cabos de guarda do tipo OPGW (AS/AA 39/94 AST 2X20 FO) e DORKING (96-AL1/56-ST1A).

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 altura média da linha, 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:

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

Onde $[\underline{E}]$ é o vetor dos fasores de campo elétrico (no modelo de cálculo o problema é de dimensão n, para ter em conta os cabos condutores e os dois cabos de guarda), $\varepsilon = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0$ (com ε_r= 1 e ε_0 = 8.859 x e $^{-12}$ A.s/V.m), $[D]$ é um vetor dos inversos dos raios dos cabos.

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

O $[A]^{-1}$ é a inversa da matriz dos coeficientes de potencial (A.s/V.m) e $[\underline{U}]$ 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 11 - Campo elétrico máximo à superfície

Tensão Nominal [kV/cm]	Tensão Máxima [kV/cm]
14.86	15.61

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:

$$\varepsilon_0 = 18.1 \cdot m \cdot \delta \cdot \left[1 + \left(\frac{0.54187}{\sqrt{r \cdot \delta}}\right)\right] \quad [kV/cm]$$

Onde r é o raio dos cabos, condutores e cabos de guarda, ($i = 1 \ldots 8$), 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 0.60), 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).

Os valores de altitude média foram estimados a partir das cotas no terreno, obtendo-se o valor de 262.30 metros. 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:

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

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 $\emptyset$ 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 climatéricas. 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 12 - Perdas anuais

Perdas Mínimas [kW/km]	Perdas Máximas [kW/km]
1.085	5.424

3.1.4. RUÍDO ACÚSTICO

O modelo de emissão REN/ACC tem duas componentes: uma que calcula, em condição favorável, (à produção de ruído), o nível L_{Aeq} da linha MAT (L_F), para um determinado ponto recetor e de acordo com os valores do campo elétrico E à superfície de cada condutor ou fase i, o diâmetro deste e a geometria da linha MAT em questão,

$$L_F = L_{Aeq,i} = -109.6 + 120 \cdot x \cdot \log_{10}(E_i) + 55 \cdot x \cdot \log_{10}(d_i) - 114 \cdot x \cdot \log_{10}(r_i) - 5.8 + \frac{q}{300} \quad [dB(A)]$$

e uma outra componente que calcula, agora em condição desfavorável, o valor do nível L_{Aeq} da linha MAT (L_H), para um determinado ponto recetor e de acordo com os valores do campo elétrico E à superfície de cada condutor ou fase i, o diâmetro deste e a geometria da linha MAT em questão.

$$L_H = L_{Aeq,i} = -120.93 + 120 \cdot x \cdot \log_{10}(E_i) + 55 \cdot x \cdot \log_{10}(d_i) - 114 \cdot x \cdot \log_{10}(r_i) - 5.8 + \frac{q}{300}\ [dB(A)]$$

Sendo r_i a distância radial considerada, ao condutor ou fase i. Esta distância depende da geometria da linha e calcula-se a partir das coordenadas do ponto recetor (X, Y) e da fase ou condutor (x, y) em questão, através da seguinte fórmula:

$$r_i = \sqrt{(x - X)^2 + \left((y + c_L) - (Y + c_R)\right)^2}$$

A coordenada y representa a altura da fase i relativa ao solo (a qual é adicionada à cota do terreno c_L de implantação da linha MAT existente ou futura) e a coordenada x representa a separação entre as várias fases. No caso de um circuito simples com três fases em esteira, a coordenada x terá valor 0 para a fase central. A coordenada Y representa a altura relativa (ao solo) do ponto recetor (a qual é adicionada à cota do terreno ou solo c_R do recetor) e X representa a distância horizontal ao eixo da linha MAT considerada (origem do referencial).

O fator $q/300$ diz respeito à correção para a altitude, pois as descargas parciais que originam o efeito de coroa dependem do designado "corona onset gradient" E_c, o qual determina o campo elétrico necessário para o surgir do efeito coroa. Este valor depende da densidade relativa do ar e, logo, da pressão atmosférica. Assim, resulta esta correção em dB dos níveis sonoros gerados por linhas MAT, proporcional à altitude q (em metros) da linha MAT em relação ao nível do mar (referida no modelo como a cota do terreno de implantação da linha).

Segundo a metodologia inicial da REN, S.A., a altura das fases ou condutores era dada pela altura média h_{med}, calculada a partir da equação da catenária. Este é um método comum, empregue no cálculo do campo magnético e elétrico gerado por uma linha MAT. Na aferição do modelo REN/ACC, foram seguidas as recomendações estipuladas por Chartier et al. (1981). Utilizaram-se, então, para a altura relativa das fases, os valores de altura mínima das fases, para cada linha MAT. No entanto, e sempre que tal seja possível, serão tomados os valores de altura das fases em relação ao solo que constam em cartografia digital relevante (perfis dos traçados).

A componente do cálculo da emissão sonora da linha MAT em situação desfavorável ou "homogénea" (L_H) foi introduzida de modo a permitir destrinçar a contribuição da linha (ruído particular) do ruído residual, visto que nas medições in situ tal relação pode não ser de fácil quantificação. O modelo de

emissão REN/ACC encontra-se ajustado para o conjunto de linhas que constituem a atual rede energética nacional de muito alta tensão.

É calculado o nível de emissão sonora $L_{Aeq,i}$ para cada fase i com base no campo elétrico à superfície do condutor ou fase i (em kV/cm), no diâmetro do condutor ou fase i (em mm) e na distância radial (em m) considerada, ao condutor ou fase i.

Os valores de $L_{Aeq,i}$ de cada fase i são de seguida adicionados energeticamente, obtendo-se o valor total:

$$L_{Aeq,t} = 10 \cdot \log_{10}\left[\sum_{i=1}^{n} 10^{\frac{L_{Aeq,i}}{10}}\right]$$

em que n é o número de fases. Para o caso das linhas MAT com circuitos duplos (apoios de circuito duplo, em esteira vertical), somam-se energeticamente as contribuições de cada grupo de três fases i e j.

$$L_{Aeq,t} = 10 \cdot \log_{10}\left[\sum_{i=1}^{n} 10^{\frac{L_{Aeq,i}}{10}} + \sum_{j=1}^{n} 10^{\frac{L_{Aeq,j}}{10}}\right]$$

O nível sonoro contínuo equivalente de longo termo, $L_{Aeq,LT}$, para o período de um ano, é obtido pesando as contribuições dos níveis calculados em situação favorável (L_F) com os níveis calculados em situação desfavorável ou "homogénea" (L_H). O peso das contribuições será dado pela probabilidade da ocorrência da situação favorável, ou seja, de precipitação. Como se prevê que esta probabilidade seja diminuta, o nível sonoro contínuo equivalente de longo termo será principalmente determinado pelos níveis calculados em situação desfavorável ou "homogénea" (L_H).

O valor do nível sonoro equivalente de longo termo, $L_{Aeq,LT}$, em cada ano de monitorização, com correção das condições atmosféricas, é calculado segundo a expressão:

$$L_{Aeq,LT} = 10 \cdot \log_{10}\left[p \cdot 10^{\frac{L_F}{10}} + (1-p) \cdot 10^{\frac{L_H}{10}}\right]$$

onde p é a probabilidade de ocorrência das condições favoráveis à geração de ruído.

Os dados meteorológicos disponíveis e que permitem uma melhor contagem da ocorrência efetiva de precipitação referem-se às séries temporais que calculam a intensidade horária de precipitação, por estação meteorológica ("horas-chuva"). Procedeu-se assim a um estudo estatístico detalhado das séries temporais anuais disponíveis no Serviço Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), o que conduziu a uma estimativa do valor de probabilidade p em função das condições meteorológicas médias existentes nas várias zonas do território nacional. Foram utilizados dados meteorológicos respeitantes a séries temporais da intensidade horária da chuva (mm/h) referentes a um (ou mais) anos hidrológicos (outubro a setembro). Tendo em conta os constrangimentos na resolução de medida dos

pluviómetros (> 0.20 mm/h) e também porque o fenómeno da geração do ruído acústico devido ao efeito de coroa necessita do aparecimento efetivo de gotas de água nos condutores (condição favorável), apenas foram consideradas como ocorrências ou "horas-chuva" aquelas em que a intensidade da chuva é superior a 0.10 mm por hora. Foram analisadas séries temporais para pelo menos um ano (8760 horas), tendo, sempre que possível, sido calculados valores médios com anos anteriores.

Foram selecionadas, das várias estações meteorológicas, aquelas que apresentavam séries completas e de modo a cobrirem as regiões relevantes de Portugal Continental.

Para cada estação foi, então, calculada a probabilidade anualizada p de ocorrência de precipitação (condição favorável), em que:

$$p = \frac{nº\ ocorrências}{8760\ horas}$$

As várias estações e respetivas probabilidades foram agrupadas em 4 zonas climáticas, de acordo com as divisões climatéricas assumidas no âmbito do território nacional, tendo-se calculado a probabilidade média para cada zona, tendo resultado os valores constantes na Tabela 13.

Tabela 13 - Probabilidade média para cada zona

Zona climática	Probabilidade anual $[p]$
Minho (Norte litoral entre o rio Minho e Douro)	0.10
Trás-os-Montes (Norte interior e incluindo parte da Beira interior)	0.07
Centro (zona entre o rio Douro e rio Tejo)	0.05
Sul (zona a Sul do Tejo)	0.04

Neste projeto o valor de p considerado é de 0.04 (4 %).

Como as condições desfavoráveis são largamente dominantes no território português, poderá ser utilizada, em alternativa, a expressão:

$$L_{Aeq,LT} = L_{Aeq} + 10 \cdot \log_{10}\left[p \cdot 10^{\frac{\Delta L}{10}} + (1-p)\right]$$

onde L_{Aeq} é o nível sonoro médio calculado em condição "homogénea" e $\Delta L = L_F - L_H$, o diferencial correspondente aos valores dos níveis sonoros nas distintas condições meteorológicas. O valor de L_F é calculado a partir do modelo REN/ACC, e o valor de L_H será também calculado com base nesse modelo ou por processos experimentais com medições in situ decorrentes de campanhas de monitorização.

O valor p corresponde à probabilidade de ocorrência efetiva das chuvas. Este valor será, previsivelmente inferior à probabilidade anualizada de precipitação, na medida em que como verificado pela via experimental, o nível de emissão sonora produzido pelo efeito de coroa reduz-se de forma significativa alguns minutos após cessação da precipitação, como resultado da secagem dos condutores.

Os valores calculados para o nível sonoro contínuo equivalente de longo termo, $L_{Aeq,LT}$, são adicionados, em termos de energia, aos valores dos indicadores do ruído ambiente residual medido (L_d, L_e e L_n), de modo a se poder apreciar a influência do ruído particular previsto no estabelecimento dos níveis sonoros locais e, em especial, da sua eventual responsabilidade na possível alteração da classificação acústica local (a partir dos indicadores L_{den} e L_n):

$$L_{ambiente} = 10 \cdot \log_{10}\left[10^{\frac{L_{Aeq,LT}}{10}} + 10^{\frac{L_x}{10}}\right]$$

Em que $L_{ambiente}$ é o ruído ambiente (particular+residual) previsto, a longo termo, para o local em consideração e L_x representa os valores medidos dos níveis sonoros para os períodos de referência diurno (L_d), entardecer (L_e) e noturno (L_n).

Numa situação de monitorização de linha MAT (condição desfavorável), e caso a linha seja audível, retira-se a sua contribuição energética para os níveis sonoros registados do ruído ambiente local. Obtém-se, assim, o ruído ambiente residual $L_{amb.,r}$, resultante da correção dos níveis sonoros do ruído ambiente medido $L_{amb.,m}$ pelos níveis sonoros previstos do ruído gerado pela linha MAT, em condição desfavorável (ruído particular L_{part}):

$$L_{amb.,r} = 10 \cdot \log_{10}\left[10^{\frac{L_{amb.,m}}{10}} + 10^{\frac{L_{part}}{10}}\right]$$

A aplicação desta correção apenas é efetuada caso os níveis sonoros do ruído ambiente medido localmente forem superiores (em pelo menos 1 dB) aos níveis sonoros previstos para a linha MAT em condição desfavorável. O valor do indicador de ruído diurno-entardecer-noturno L_{den}, associado ao incómodo geral, é calculado de acordo com a fórmula constante da alínea j) do artigo 3º do Regulamento Geral do Ruído pelo Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de janeiro:

$$L_{den} = 10 \cdot \log\frac{1}{24}\left[13 \cdot x \cdot 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \cdot x \cdot 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \cdot x \cdot 10^{\frac{L_n+10}{10}}\right]$$

No Anexo A.11 apresentam-se em detalhe todos os valores intervenientes para o cálculo dos indicadores anteriores, para a tensão nominal e máxima. Na tabela seguinte está identificado os resultados que apresentam ser os mais desfavoráveis, para a tensão máxima:

Tabela 14 - Ruído ambiente previsto

Recetor sensível (distância ao eixo [m])	L_d [dB(A)]	L_e [dB(A)]	L_n [dB(A)]	L_{den} [dB(A)]
0.00	34.70	34.70	34.70	41.0
22.50	33.30	33.30	33.30	39.60
50.00	30.50	30.50	30.50	36.80

3.1.5. INTERFERÊNCIAS RADIOELÉTRICAS

No Anexo A.13 apresentam-se também os valores do nível de ruído de radio interferência. Estes valores foram calculados, de acordo com a norma ANSI, através da expressão:

$$E = (53.75 \pm 5) + k \cdot (g_m - 16.95) + 40 \cdot \log\left(\frac{d}{3.93}\right) + E_n + 20 \cdot k_D \cdot \log\left(\frac{20}{D}\right) + E_{FW}$$

Sendo E o nível de ruído (RI) em dB [dB/μV.m], k uma constante aqui igual a 3.50, g_mo campo elétrico máximo em kVef/cm, d o diâmetro do condutor em cm, E_n tem o valor de 4 dB para condutores simples, k_D é o fator de atenuação para a faixa de frequências de 0.50 mHz a 1.60 Mhz e tem o valor 1.60 ± 0.10, D é a distância radial do condutor à antena de medição a 2 m do solo e E_{FW} é uma parcela de correção devida às condições atmosféricas, sendo $E_{FW} = 0$ para bom tempo e $E_{FW} = 17\ dB$ para chuva.

De acordo com o CISPR o nível de ruído interferente, a 15 m do condutor exterior, para as linhas de tensão entre 70 e 200 kV deve ser inferior a 46 dB e inferior a 53 dB para linhas de tensão entre 300 e 400 kV, com bom tempo. O valor calculado na situação mais desfavorável (mau tempo) obteve-se cerca de 42.69 dB, sendo este valor inferior aos limites atrás mencionados. Nestas condições e para uma receção classe A (S/R(dB) ≥ 32 dB) a relação sinal/ruído S/R(dB) = S(dB) - R(dB) a 21 m do eixo da linha deverá ser de pelo menos 51.94 dB, na situação mais desfavorável.

3.1.6. CONSTANTES ELÉTRICAS DA LINHA

3.1.6.1. GRANDEZAS DIRETAS

Tabela 15 - Grandezas diretas

Resistência linear [Ω/km]	Reactância longitudinal [Ω/km]	Susceptância longitudinal [S/km]
0.0364	0.3323	3.4564×10^{-6}

3.1.6.2. GRANDEZAS HOMOPOLARES

Tabela 16 - Grandezas homopolares

Resistência linear [Ω/km]	Reactância longitudinal [Ω/km]	Susceptância longitudinal [S/km]
0.2166	0.6761	2.4783×10^{-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 da linha aérea, LN400 kV SE 30/60/400 kV Grande Lago - SE Alqueva, com comprimento de 1.82 km, desenvolve-se nos seguintes distritos e atravessa os seguintes concelhos e freguesias:

Tabela 17 - Localização da linha, segundo a Carta Administrativa Oficial de Portugal

Distrito	Concelho	Freguesia
Évora	Portel	União das Freguesias de Amieira e Alqueva
Beja	Vidigueira	Pedrogão

O distrito, concelho e freguesias atravessadas estão indicados na planta de localização. O parcelamento dos terrenos na faixa de 60 metros centrada no eixo da linha assim como os tipos de exploração serão representados, em período de Projeto de Licenciamento, no perfil e respetiva planta parcelar, que conterá ainda, a numeração das parcelas em correspondência com a Relação de Proprietários resultante do levantamento cadastral efetuado.

5. TRAVESSIAS E CRUZAMENTOS

5.1. TRAVESSIAS DE VIAS DE COMUNICAÇÃO

Nas travessias de vias de comunicação (Estradas Municipais, Estradas Nacionais, Rios e Cursos de Água e Linhas de Caminho de Ferro) 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.

5.1.1. TRAVESSIAS DE ESTRADAS

No traçado da linha ocorrem as seguintes travessias de estradas:

Tabela 18 - Travessias de estradas

Vão de Travessia	Designação
Pórtico-P1	S/ designação

5.1.2. TRAVESSIAS DE SERVIDÕES DE VIAS-FÉRREAS

No traçado da linha não interseta com nenhuma linha de caminho-de-ferro.

5.2. TRAVESSIAS DE CURSOS DE ÁGUA

No traçado da linha não interseta com nenhum curso de água principal.

5.3. SERVIDÕES AERONÁUTICAS CIVIS E MILITARES

No traçado da linha não interseta com nenhuma zona de servidão aeronáutica civil ou militar.

5.4. 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.

5.5. CRUZAMENTOS COM OUTRAS LINHAS ELÉTRICAS AÉREAS

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

Tabela 19 - Cruzamentos com Outras Linhas Elétricas Aéreas

Vão de Travessia	Designação da Linha	Nível de Tensão [kV]
P5-P6	S/ designação	60
P8-Pórtico	LN60 6207 Alqueva (REN)-PS Insua (a reformular)	60

5.6. CRUZAMENTOS E PARALELISMOS COM GASODUTOS

No traçado da linha não se verificam interferências com redes primárias e secundárias de abastecimento de gás.

6. BALIZAGEM AÉREA

6.1. SINALIZAÇÃO PARA AERONAVES

Sobre este tema são tidas em consideração, em fase de projeto, as disposições indicadas na Circular de Informação Aeronáutica 10/03 de 6 de maio publicada pelo ANAC (Autoridade Nacional de Aviação Civil) que determina as zonas da linha sujeitas à instalação de balizagem para aeronaves.

6.1.1. BALIZAGEM DIURNA

6.1.1.1. VÃOS A SINALIZAR

A balizagem diurna dos cabos de guarda será feita através de bolas alternadamente de cor branca e laranja internacional, com um diâmetro mínimo de 600 mm espaçadas de 60 m e dispostas em ziguezague, sensivelmente segundo o plano horizontal. Deste modo, as projeções ortogonais das bolas nos 2 cabos, sobre um plano vertical paralelo à linha, ficarão a 30 m umas das outras.

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

6.1.1.2. APOIOS A SINALIZAR

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.

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

6.1.2. BALIZAGEM NOTURNA

6.1.2.1. APOIOS A SINALIZAR

A balizagem noturna consiste na colocação de balisores 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 pela ANAC.

Estes dispositivos terão de emitir luz vermelha com uma intensidade mínima de 10 Cd.

No traçado da linha em projeto, não foram identificadas situações onde existe necessidade de uso de balizagem noturna dos apoios.

6.2. SINALIZAÇÃO PARA AVES

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, desde logo, foi equacionado um traçado que teve em consideração as zonas mais sensíveis para as aves. Serão ainda 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.

No âmbito de atuação da Comissão Técnica de Gestão e Acompanhamento dos Protocolos Avifauna (CTALEA), a E-REDES acordou com o ICNF a elaboração de um documento regulamentar interno, contendo disposições relativas à proteção da avifauna a respeitar no projeto e construção de novas linhas aéreas de AT e MT, harmonizando com o normativo do ICNF: "Manual de apoio à análise de projetos relativos à instalação de linhas aéreas de distribuição e transporte de energia elétrica – componente avifauna", de Junho de 2010. Com esse objetivo foi elaborado o documento interno designado por DRE-C11-300 – "Projeto e construção de infraestruturas elétricas em áreas importantes sob o ponto de vista da conservação da natureza e biodiversidade", aprovado em sede de CTALEA. A 2ª

edição da DRE-C11-300 (em vigor) incorpora as diretrizes dadas pelo ICNF no "Manual de apoio à análise de projetos relativos à instalação de linhas aéreas de distribuição e de transporte de energia elétrica – componente avifauna" emitido em janeiro de 2019, o qual foi tido em conta na elaboração deste projeto.

No traçado da linha em projeto, será aplicada sinalização para avifauna nos vãos compreendidos entre os apoios P1 e P8, correspondendo à instalação de sinalizadores, do tipo BFD, colocados no cabo de guarda, de forma a obter-se um espaçamento nunca inferior a 5 m entre dispositivos, em perfil (ou seja, os dispositivos deverão ser dispostos de 10 em 10 m, alternadamente, em cada cabo de guarda).

7. 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"**.

8. 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.

9. EFEITOS DOS CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS

9.1. VALORES LIMITES

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. Refª 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 e com DL 11/2003, transpôs para a Legislação Portuguesa os limites de exposição para o território nacional. No quadro II da referida portaria apresentam-se os

níveis de referência, de acordo com a tabela abaixo, para a exposição do público em geral e que são os seguintes:

Tabela 20 - 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

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 para o troço de linha em projeto apresentam-se no Anexo A.09 e A.10, respetivamente.

9.2. CÁLCULO DO CAMPO ELÉTRICO

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 em simultâneo as diversas configurações dos apoios utilizados e dois cabos de guarda, estes supostos ao potencial do solo. A disposição geométrica dos cabos corresponde à família de apoios Q, 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 minimia entre o condutor inferior e o solo). Esta distância é verificada no vão P4-P5.

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 $[(q_r + j \cdot q_i)j] = 1, \dots n$ 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 $[(v_r + j \cdot v_i)j] = 1, \dots n$ o vetor de fasores de tensões. A matriz $[\tilde{P}]$ é simétrica e os seus elementos definidos por:

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

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

Onde y_i e y_i 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):

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

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

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

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

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

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

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

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:

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

Cujo máximo em α deverá satisfazer:

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

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

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

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.

VALORES CALCULADOS

No Anexo A.09 apresentam-se os perfis transversais do campo elétrico máximo ao nível do solo e a 1.80 m do solo para uma faixa entre -40 e +40 m em torno do eixo da linha, para a configuração de apoios a utilizar, para 400 kV, com dois condutores por fase, cabos de guarda ao potencial do solo e valor eficaz do módulo da tensão na linha no seu valor nominal e para uma distância ao solo que corresponde à situação mais desfavorável em toda a extensão da linha (distância minimia entre o condutor inferior e o solo).

Tabela 21 - Valores calculados do campo elétrico

Altura mínima dos cabos ao solo [m]	Campo Elétrico Máximo (Nível do solo) [kV/m]	Campo Elétrico Máximo (a 1.80 m do solo) [kV/m]
22.53	1.76	1.79

Estes valores, como se verifica, estão dentro dos limites apresentados em 9.1.

9.3. CÁLCULO DO CAMPO MAGNÉTICO

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_i , y_i) 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 $\phi_{i,j}$ é o vetor unitário na direção do produto externo do vetor corrente com o vetor $\mathrm{r}_{i,j}$.

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:

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

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

VALORES CALCULADOS

No Anexo A.10 apresentam-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 distância ao solo que corresponde à situação mais desfavorável em toda a extensão da linha (distância minimia entre o condutor inferior e o solo). Neste cálculo admitiu-se um regime estabilizado e

[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 f. e. m. 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.

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. No Anexo A.10 apresentam-se os diversos perfis transversais da densidade de fluxo magnético a 1.80 m do solo para um módulo de corrente conforme o tipo de apoio utilizado. 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 1.80 m do solo é de:

Tabela 22 - Valores calculados do campo magnético

Altura média dos cabos ao solo [m]	Densidade de Fluxo Magnético (a 1.80 m do solo) [μT]
22.53	19.44

Os valores da indução magnética decaem rapidamente e para o caso mais desfavorável, a 30 m do eixo da linha, não excedem 8.80 μT. Todos os valores calculados são muito inferiores aos valores limites apresentados em 9.1 mesmo numa perspetiva de exposição pública permanente.

9.4. MEDIDAS IMPLEMENTADAS NO PROJETO PARA MINIMIZAÇÃO DA EXPOSIÇÃO

Como resultado do estudo das Grandes Condicionantes Ambientais, foi 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.

O desenvolvimento do traçado e a elaboração do perfil foram realizados 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 destas 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, como é o caso da linha, a 400 kV, SE 30/60/400 kV Grande Lago – SE Alqueva (REN), caso viesse a cruzar zonas especiais, seriam utilizadas adicionalmente as seguintes medidas mitigadoras:

- Alteamento 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).

Decorrente da análise do traçado, para este tema em concreto, verifica-se a necessidade de adoção de apoios de linhas duplas (apenas serão utilizados 3 braços) na Linha, a 400 kV, SE 30/60/400 kV Grande Lago – SE Alqueva (REN), a fim a respeitar as distâncias regulamentares de segurança no cruzamento com outras linhas elétricas.

10. ELEMENTOS DO PROJETO

Para o presente Projeto 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
    - A.11 Estudo do Ruído
    - A.12 Efeito Coroa
    - A.13 Interferências Radioelétricas
- Peças Desenhadas:

Planta Geral	P22.018.06.04-PP-001-01.A
Perfil e Planta Parcelar	P22.018.06.04-PP-002-01.A
Planta Condicionantes Ambientais	P22.018.06.04-PP-003-01.A
Planta Ortofotomapa	P22.018.06.04-PP-004-01.A
Planta Condicionantes Técnicas	P22.018.06.04-PP-005-01.A

Porto, 04 de junho de 2025,

O AUTOR DO PROJETO

_____

(José Carlos Martins)

VERIFICADO POR

_____

(Rui Sá)

O TÉCNICO RESPONSÁVEL

_____

(Marcelo Pereira)

Ordem Eng^{os} nº 065810

DGEG nº 56693

VALUE ELEMENT ENGINEERING

SOLUTIONS

ANEXOS

Linha 400 kV Subestação (SE) Grande Lago – Subestação (SE) Alqueva (REN)

edp Renewables

ANEXO A.01

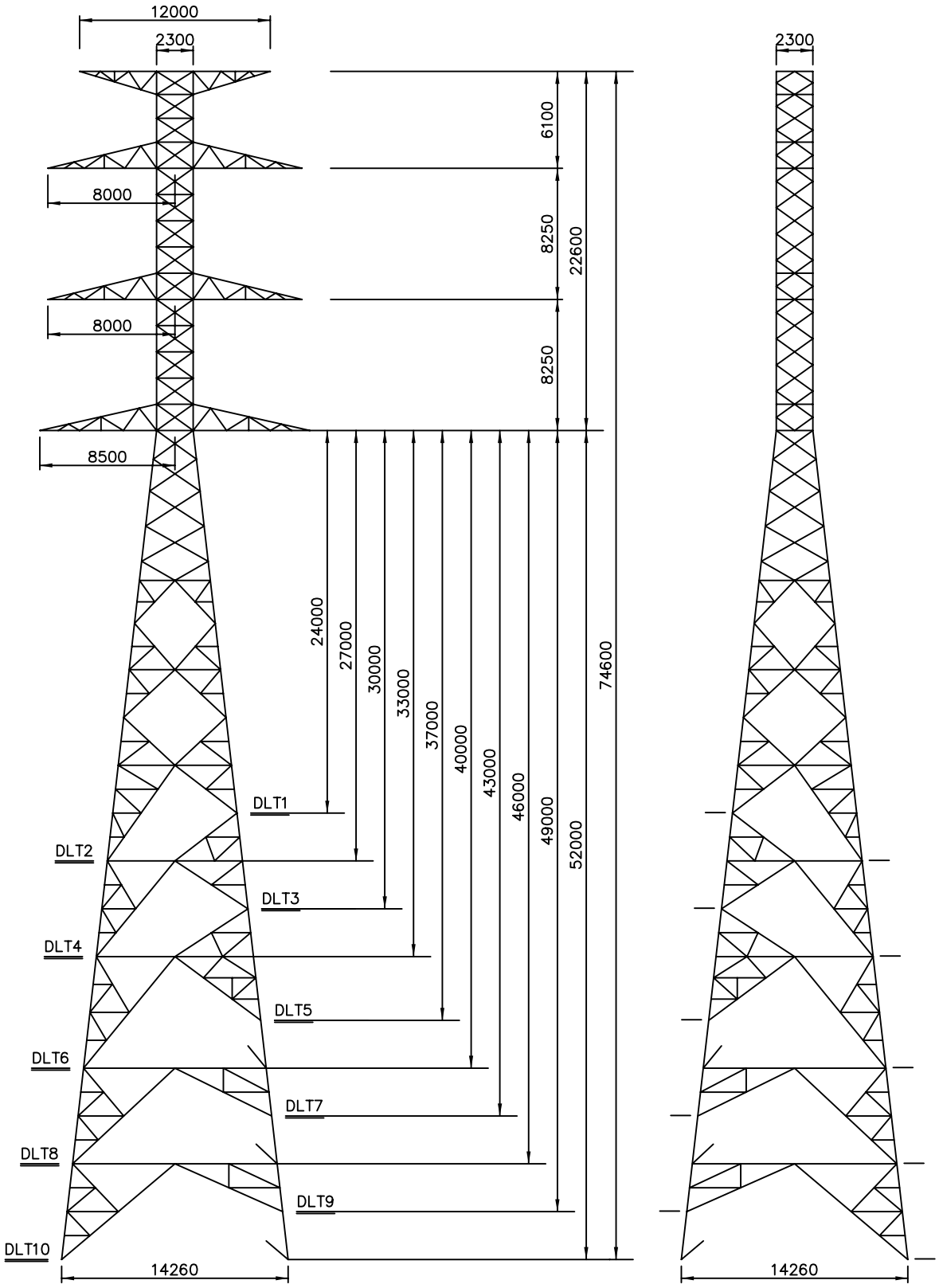
Elementos Gerais da Linha

LN400 kV SE 30/60/400 kV Grande Lago - SE Alqueva (REN)																
Apoio						Ângulo [grd]	Vão Topográfico [m]	Distância à Origem [m]	Coordenadas [ETRS89/Portugal TM06]			Fixação dos cabos			Tipo Fixação CC	Tipo Fixação CG
N.º	Tipo	Área de Ocupação [m^2]	Altura Total [m]	Altura Útil [m]	Fundação				Meridiano [m]	Perpendicular [m]	Cota [m]	C.Condutores	OPGW	Dorking		
Port.	PAL4	-	34.00	23.00	-	-	84.09	0.00	54187.22	-163423.33	220.34	4D4H2M150P5	10181	10183	AP20	A
1	QT4	77	40.60	35.60	DRE135	-20.81	180.63	84.09	54230.13	-163495.65	227.24	4D4H2M150N5	10181	10183	AD20	A
2	QT4	77	40.60	35.60	DRE135	-21.94	205.38	264.72	54367.30	-163613.17	260.12	4D4H2M150N5	10181	10183	AD20	A
3	QS5	60	44.55	36.43	DRE040	-	345.54	470.10	54559.24	-163686.23	244.38	4D4K2M150L5/4D4V2M150Q5	10182	10180	SD20	S
4	QS4	50	39.55	31.43	DRE040	-	343.54	815.64	54882.18	-163809.16	254.28	4D4K2M150L5/4D4V2M150Q5	10182	10180	SD20	S
5	QT5	92	45.60	40.60	DRE135	-	238.81	1159.18	55203.24	-163931.38	245.44	4D4H2M150N5	10181	10183	AD20	A
6	DLT7[(1)]	160	66.17	43.57	DRE266	-	177.57	1397.99	55426.43	-164016.34	242.69	4D4H2M150N5	10181	10183	AD20	A
7	DLT3[(1)]	94	53.17	30.57	DRE266	49.26	120.12	1575.56	55592.38	-164079.51	195.37	4D4H2M150N5	10181	10183	AD20	A
8	DLT3[(1)]	94	53.17	30.57	DRE266	60.71	128.73	1695.68	55642.81	-164188.54	194.07	4D4H2M150N5	10181	10183	AD20	A
Port.	PAL4	-	34.00	23.00	-	-	-	1824.41	55578.80	-164300.22	175.95	4D4H2M150P5	10181	10183	AP20	A

[(1)] Utilização apenas do terno do lado direito (sentido crescente da linha).

ANEXO A.02

Esquema Axial dos Apoios



Revisão	Designação	Des.	Verif.	Aprov.	Data
A	Alterações diversas	Alcide	H.Alexandre	M.Severina	04/02/2008

Desenhado
Alcide Silva
Verificado
Helder Alexandre
Estado
Released
Manuel Severina
Data
2/4/2008

LINHAS DUPLAS

POSTE TIPO DLT

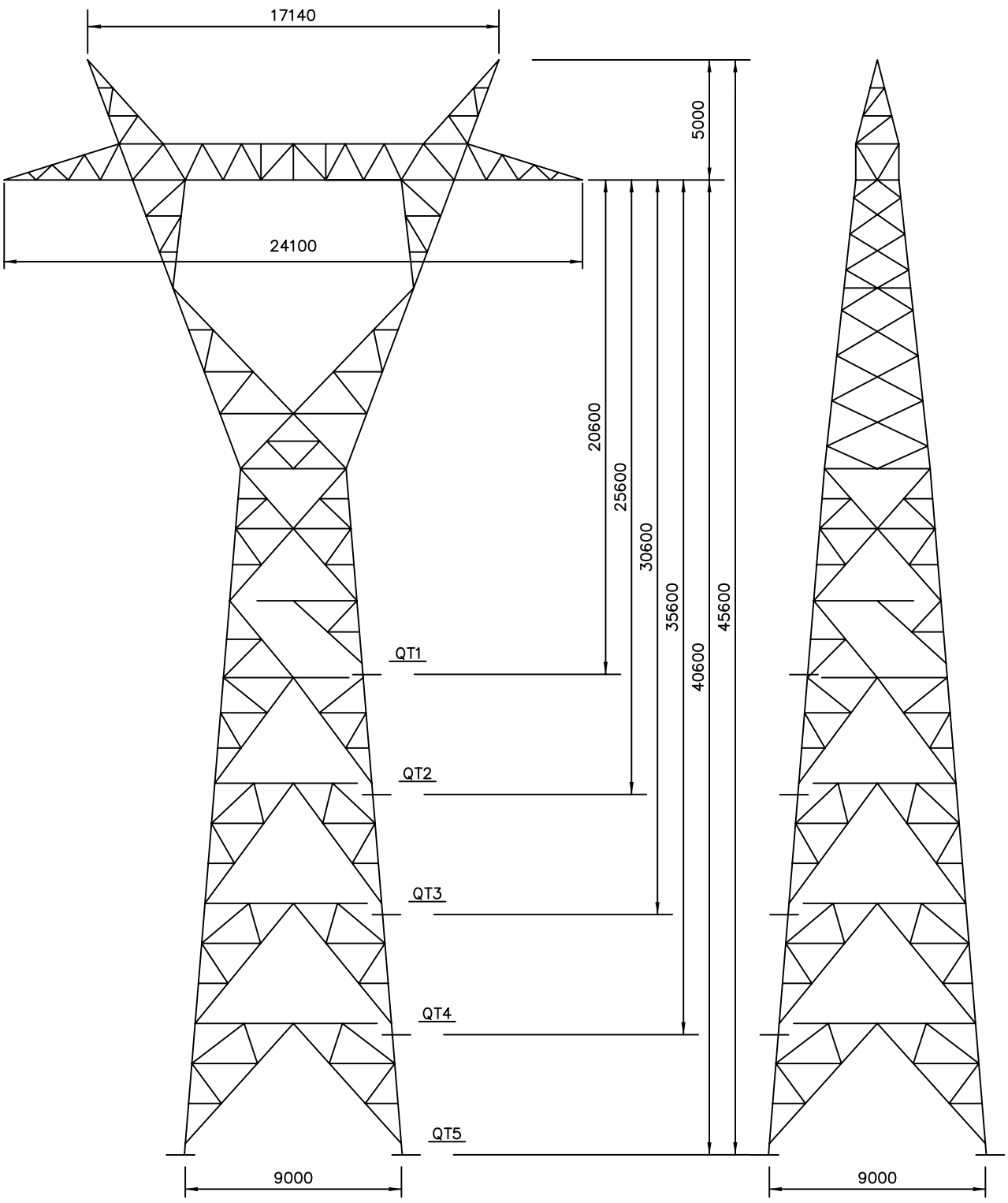
REN

Rede Eléctrica Nacional, S.A.
DIVISÃO EQUIPAMENTO

Desenho Nº LD31289

Revisão	Formato	Nº folha
A	A4	–

Escala –



Revisão	Designação	Des.	Verif.	Aprov.	Data
A	Alterações diversas	Alcide	H.Alexandre	M.Severino	04/02/2008

Desenhado
A.Teixeira
Verificado
Manuel Severina
Estado
Released
Manuel Severina
Data
2/4/2008

LINHAS SIMPLES

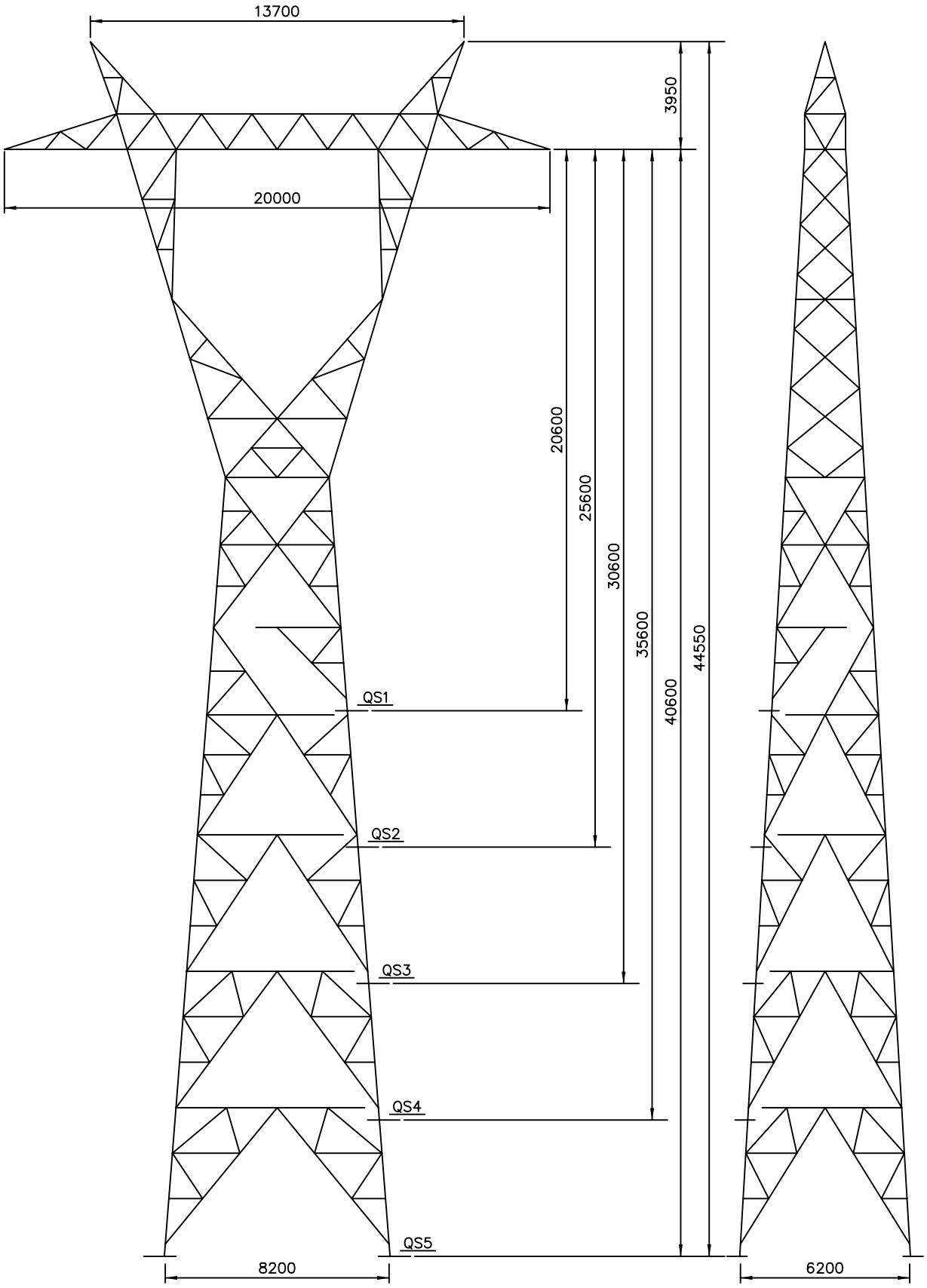
POSTE TIPO QT

Rede Eléctrica Nacional, S.A.
DIVISÃO EQUIPAMENTO

Desenho Nº
LD30602

Revisão	Formato	Nº folha
A	A4	

Escala
_



Edição	Designação	Des.	Verif.	Aprov.	Data
	.				

Des.	A. Teixeira
Proj.	CME
Verif.	M. Severina
Aprov.	José Peralta
Licenciamento DGE	
Data	2003-04-30

LINHAS A 400 kV

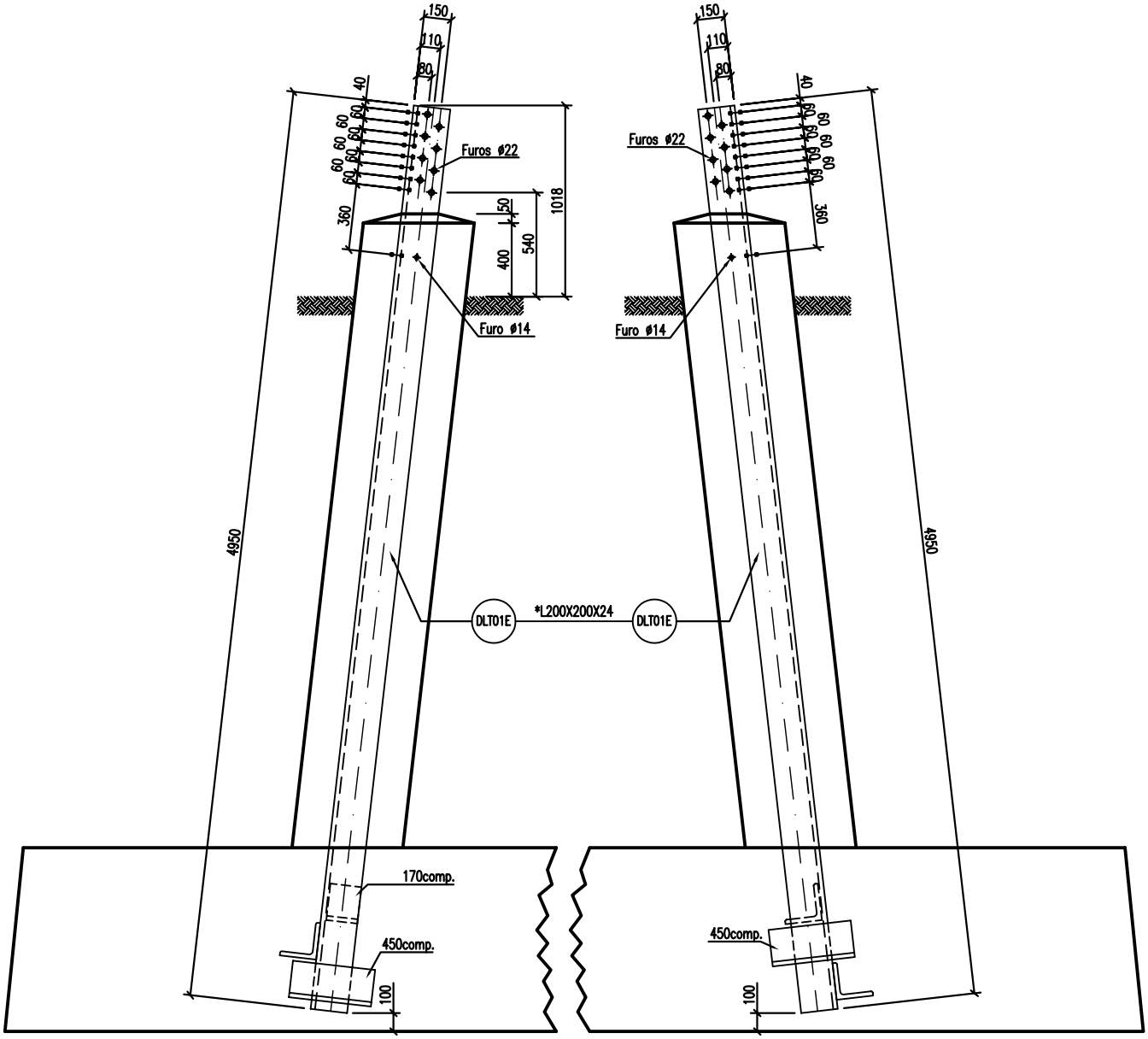
POSTE TIPO QS

ren
Rede Eléctrica Nacional, S.A.
DIVISÃO EQUIPAMENTO

Nº LD30599	Revisão .
Escala .	Formato A4
Estado Approved	Nº folha .

ANEXO A.03

Esquema das Fundações



FUNDAÇÃO DRE266

Nota: As dimensões são em milímetros.
Perfilado *L200X200X24.
Os esquadros são do mesmo perfil do montante.

Revisão	Designação	Des.	Verif.	Aprov.	Data
A	Mofificação do tipo de fundação.	J.Tavares	C.Homem	M.Severina	06/03/2007

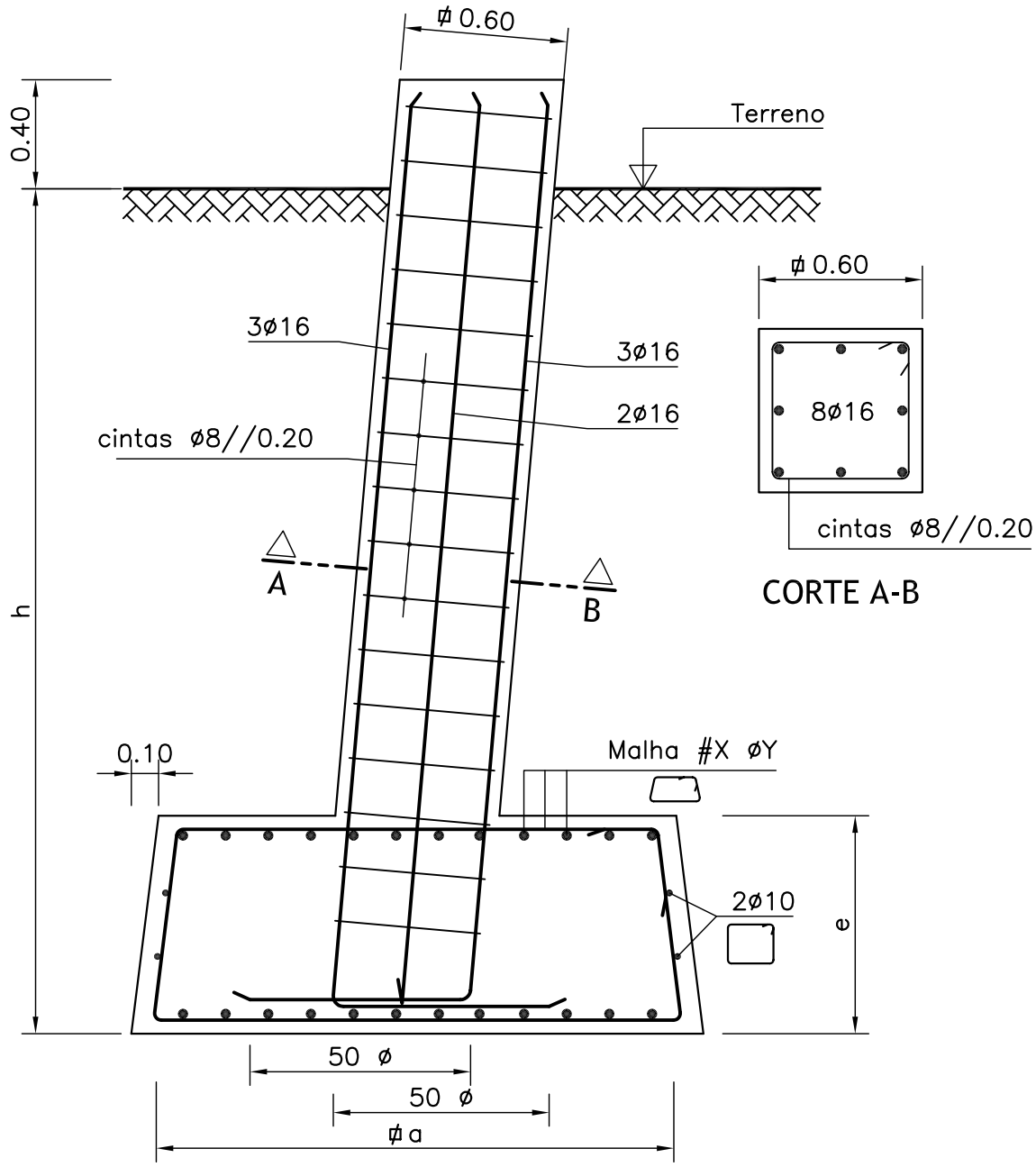
Desenhado: José Tavares
Verificado: Carlos Homem
Estado: Released
Manuel Severina
Data: 3/6/2007

POSTE DLT

FUNDAÇÕES
DLT 1, 2, 3, 4, 5 e 6

REN
Rede Eléctrica Nacional, S.A.
DIVISÃO EQUIPAMENTO

Desenho Nº: LD30362
Revisão: A | Formato: A4 | Nº folha: .
Escala: .



TIPO	a (m)	e (m)	h (m)	Malha	Peso Arm. (Kg)
DRE 081	1.90	0.80	3.10	#12 ø12	200
DRE 092	1.90	0.80	3.30	#12 ø12	205
DRE 101	2.10	0.80	3.30	#16 ø12	260
DRE 114	2.10	0.80	3.50	#16 ø12	260
DRE 124	2.30	0.80	3.50	#16 ø12	275
DRE 135	2.50	0.85	3.50	#16 ø12	290
DRE 147	2.70	0.90	3.50	#18 ø12	330
DRE 159	2.90	0.95	3.50	#18 ø12	360
DRE 171	3.10	1.00	3.50	#20 ø12	410

Betão= B 25/30
Aço= A 400NR
Rec.= 5cm

Nota:
#X øY – Malha constituda por X ferros de Y mm de diâmetro

Revisão	Designação	Des.	Verif.	Aprov.	Data
A	Alteração da especificação da malha	J.Tavares	C.Homem	M.Severina	01/03/2005
B	Especificação da constituição da malha	J.Tavares	C.Homem	M.Severina	28/09/2005
C	Alteração das cotas da chaminé	J.Tavares	C.Homem	M.Severina	31/03/2006
D	Alterações diversas	Alcide	C.Homem	M.Severina	03/03/2009

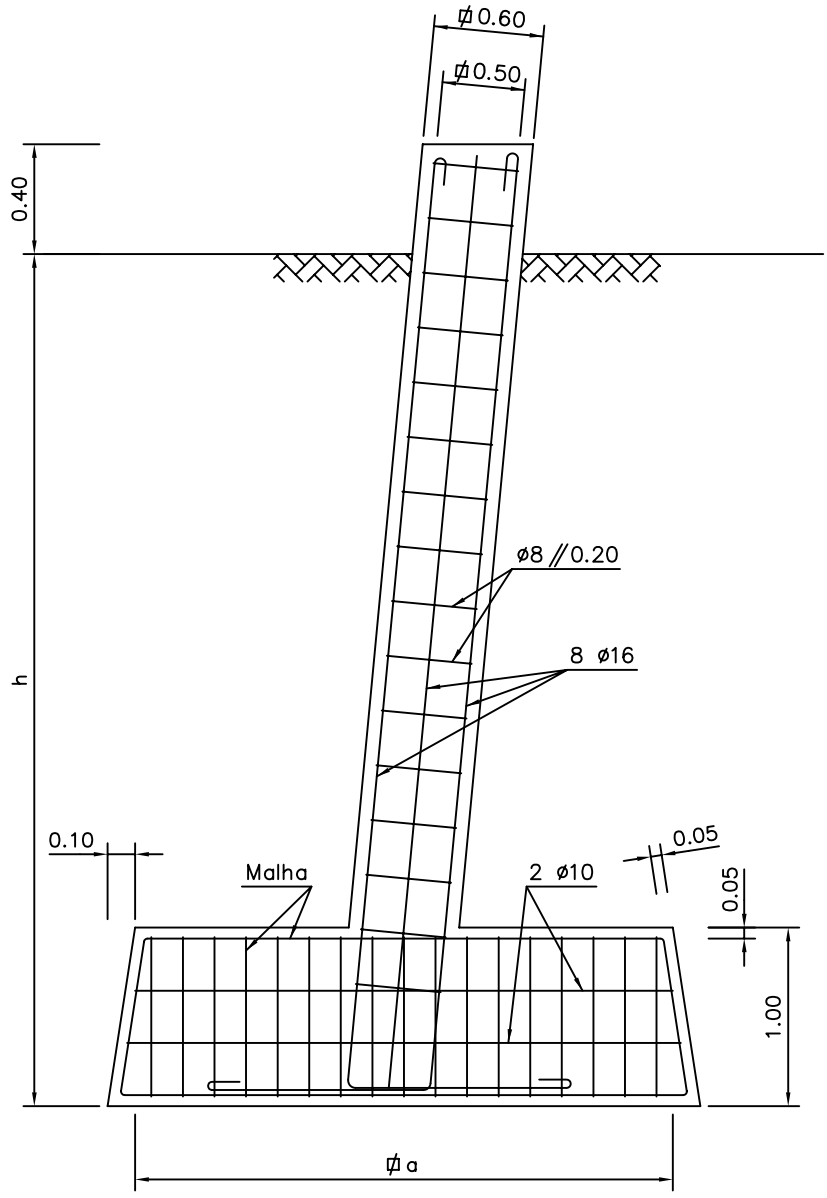
Desenhado: Alcide Silva
Verificado: Carlos Homem
Estado: Released
Manuel Severina
Data: 3/3/2009

MACIÇOS DE FUNDAÇÃO DE DRE081 A DRE171

REN
Rede Eléctrica Nacional, S.A.
DIVISÃO EQUIPAMENTO

Desenho Nº: LD31046
Revisão: D | Formato: A4 | Nº folha: .
Escala: S/ESCALA

FICHEIRO AUTOCAD: LD31046.dwg



TIPO	a (m)	h (m)	Malha	Peso Arm. (Kg)
DRE 184	3.30	3.50	#23 ø16	790
DRE 203	3.30	3.70	#23 ø16	795
DRE 218	3.50	3.70	#24 ø16	860
DRE 239	3.50	3.90	#24 ø16	865
DRE 266	3.70	4.00	#24 ø16	965

Notas:

Armaduras: Aço A 400 NR

#X øY – Malha constituda por X ferros de Y mm de diâmetro

Revisão	Designação	Des.	Verif.	Aprov.	Data
A	Alteração da especificação da malha.	J.Tavares	C.Homem	M.Severina	01-03-2005
B	Alteração das malhas.	J.Tavares	C.Homem	M.Severina	28-09-2005

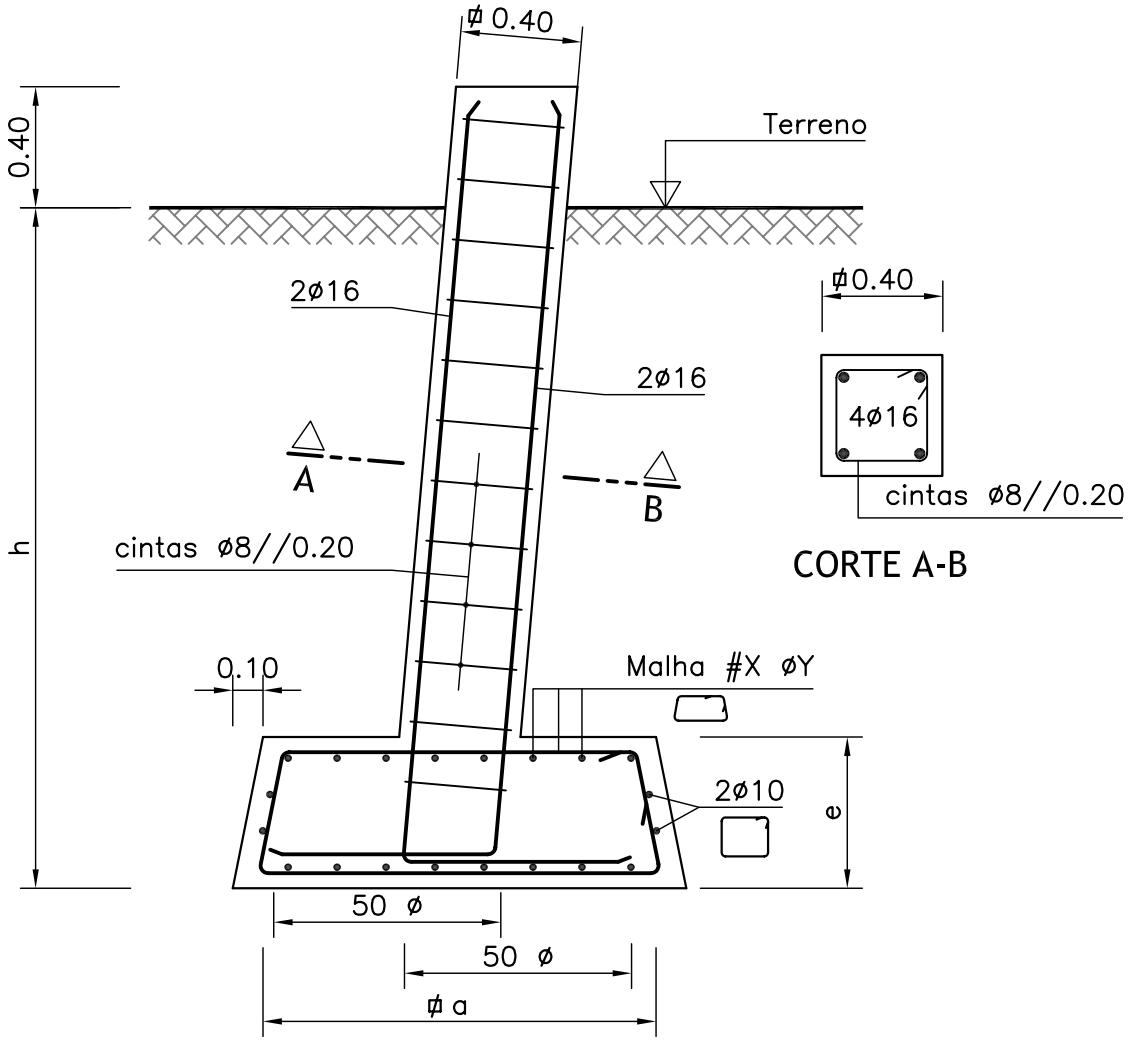
Desenhado: José Tavares
Verificado: Carlos Homem
Estado: Released
Manuel Severina
Data: 9/28/2005

MACIÇOS DE FUNDAÇÃO

De DRE184 a DRE266

Rede Eléctrica Nacional, S.A.
DIVISÃO EQUIPAMENTO

Desenho Nº: LD31013
Revisão: B | Formato: A4 | Nº folha: .
Escala: .



TIPO	a (m)	e (m)	h (m)	Malha	Peso Arm. (Kg)
DRE 021	1.00	0.50	2.10	#6 ø8	45
DRE 023	1.10	0.50	2.10	#6 ø10	55
DRE 027	1.30	0.50	2.10	#8 ø10	65
DRE 031	1.30	0.50	2.25	#8 ø10	70
DRE 035	1.50	0.60	2.25	#10 ø10	90
DRE 040	1.50	0.60	2.40	#10 ø10	90
DRE 045	1.70	0.70	2.40	#12 ø10	115
DRE 052	1.70	0.70	2.60	#12 ø10	115
DRE 060	1.70	0.70	2.80	#12 ø10	115
DRE 066	1.80	0.70	2.85	#12 ø12	160
DRE 073	1.80	0.70	3.00	#12 ø12	160

Betão= B 25/30
Aço= A 400NR
Rec.= 5cm

Nota:
#X øY – Malha constituda por X ferros de Y mm de diâmetro

Revisão	Designação	Des.	Verif.	Aprov.	Data
A	Alteração da especificação da malha	J.Tavares	C.Homem	M.Severino	01/03/2005
B	Especificação da constituição da malha	J.Tavares	C.Homem	M.Severino	28/09/2005
C	Alterações diversas	Alcide	C.Homem	M.Severino	03/03/2009
D	Alteração da cotagem do maciço	Alcide	C.Homem	M.Severino	17/02/2011

Desenhado: Alcide Silva
Verificado: Carlos Homem
Estado: Released
Manuel Severina
Data: 2/17/2011

MACIÇOS DE FUNDAÇÃO DE DRE021 A DRE073

REN
Rede Eléctrica Nacional, S.A.
DIVISÃO EQUIPAMENTO

Desenho Nº: LD31045
Revisão: D | Formato: A4 | Nº folha: .
Escala: S/ESCALA

FICHEIRO AUTOCAD: LD31045.dwg

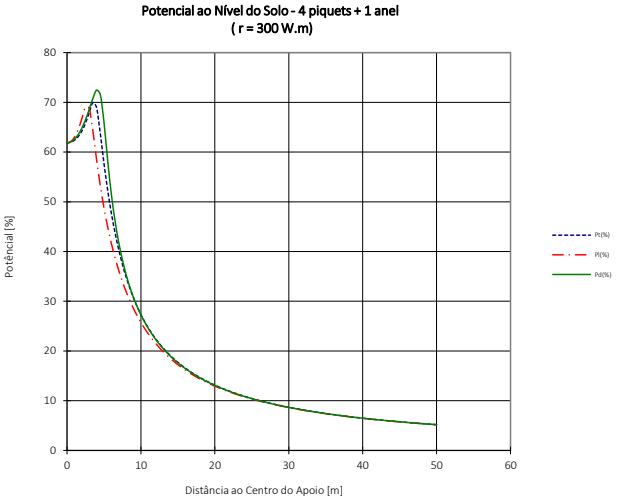
ANEXO A.04

Circuitos de Terra dos Apoios

Perfis de Potencial ao Nível do Solo - Malha de 4 piquets + 1 anel

Perfis Transversal (t), Longitudinal(l) e Diagonal(d), solo homogéneo de resistividade 300 Ohm.m

DEixo [m]	Pt(%)	Pl(%)	Pd(%)	dPt(%)	dPl(%)	dPd(%)
0.00	61.85	**61.85**	61.85			
0.50	61.98	**62.12**	62.03			
1.00	62.38	62.97	62.57	0.53	1.13	0.72
1.50	63.09	64.49	63.49	1.11	2.37	1.46
2.00	64.20	66.71	64.80	1.82	3.73	2.23
2.50	65.80	**69.06**	66.51	2.71	4.57	3.02
3.00	67.94	68.80	68.58	3.75	2.09	3.77
3.50	**69.94**	**64.21**	70.79	4.14	-4.84	4.28
4.00	68.92	58.44	**72.46**	0.97	-10.35	3.88
4.50	**63.76**	53.24	71.57	-6.18	**-10.98**	0.77
5.00	57.72	48.77	65.99	-11.20	-9.67	-6.47
5.50	52.32	44.95	**58.28**	**-11.44**	-8.29	-13.29
6.00	47.70	41.63	51.51	-10.02	-7.14	**-14.48**
6.50	43.75	38.73	46.12	-8.57	-6.21	-12.16
7.00	40.35	36.19	41.80	-7.35	-5.44	-9.71
7.50	37.41	33.93	38.28	-6.33	-4.80	-7.84
8.00	34.85	31.92	35.35	-5.50	-4.26	-6.45
8.50	32.61	30.13	32.87	-4.80	-3.80	-5.41
9.00	30.63	28.52	30.74	-4.22	-3.41	-4.61
9.50	28.88	27.06	28.89	-3.74	-3.07	-3.98
10.00	27.31	25.74	27.26	-3.32	-2.78	-3.48
10.50	25.90	24.54	25.81	-2.97	-2.52	-3.07
11.00	24.63	23.44	24.52	-2.68	-2.30	-2.74
11.50	23.48	22.44	23.36	-2.42	-2.10	-2.45
12.00	22.43	21.51	22.31	-2.20	-1.93	-2.21
12.50	21.48	20.66	21.35	-2.00	-1.78	-2.01
13.00	20.60	19.87	20.48	-1.83	-1.64	-1.83
13.50	19.79	19.14	19.67	-1.69	-1.52	-1.68
14.00	19.05	18.46	18.93	-1.55	-1.41	-1.55
14.50	18.35	17.83	18.24	-1.44	-1.31	-1.43
15.00	17.71	17.24	17.61	-1.33	-1.23	-1.32
15.50	17.11	16.68	17.01	-1.24	-1.15	-1.23
16.00	16.55	16.16	16.46	-1.16	-1.07	-1.15
16.50	16.03	15.67	15.94	-1.08	-1.01	-1.07
17.00	15.54	15.21	15.46	-1.01	-0.95	-1.00
17.50	15.08	14.78	15.00	-0.95	-0.89	-0.94
18.00	14.64	14.37	14.57	-0.90	-0.84	-0.89
18.50	14.23	13.98	14.17	-0.84	-0.80	-0.84
19.00	13.85	13.61	13.78	-0.80	-0.76	-0.79
19.50	13.48	13.26	13.42	-0.75	-0.72	-0.75
20.00	13.13	12.93	13.08	-0.71	-0.68	-0.71
20.50	12.80	12.62	12.75	-0.68	-0.65	-0.67
21.00	12.49	12.32	12.44	-0.64	-0.62	-0.64
21.50	12.19	12.03	12.14	-0.61	-0.59	-0.61
22.00	11.91	11.76	11.86	-0.58	-0.56	-0.58
22.50	11.64	11.50	11.59	-0.56	-0.53	-0.55
23.00	11.38	11.25	11.34	-0.53	-0.51	-0.53
23.50	11.13	11.01	11.09	-0.51	-0.49	-0.50
24.00	10.89	10.78	10.86	-0.48	-0.47	-0.48
24.50	10.67	10.56	10.63	-0.46	-0.45	-0.46
25.00	10.45	10.35	10.42	-0.44	-0.43	-0.44
25.50	10.24	10.14	10.21	-0.43	-0.41	-0.42
26.00	10.04	9.95	10.01	-0.41	-0.40	-0.41
26.50	9.85	9.76	9.82	-0.39	-0.38	-0.39
27.00	9.66	9.58	9.63	-0.38	-0.37	-0.38
27.50	9.48	9.41	9.46	-0.36	-0.36	-0.36
28.00	9.31	9.24	9.29	-0.35	-0.34	-0.35
28.50	9.14	9.08	9.12	-0.34	-0.33	-0.34
29.00	8.98	8.92	8.96	-0.33	-0.32	-0.32
29.50	8.83	8.77	8.81	-0.31	-0.31	-0.31
30.00	8.68	8.62	8.66	-0.30	-0.30	-0.30
30.50	8.54	8.48	8.52	-0.29	-0.29	-0.29
31.00	8.40	8.34	8.38	-0.28	-0.28	-0.28
31.50	8.26	8.21	8.24	-0.27	-0.27	-0.27
32.00	8.13	8.08	8.11	-0.27	-0.26	-0.26
32.50	8.00	7.96	7.99	-0.26	-0.25	-0.26
33.00	7.88	7.84	7.87	-0.25	-0.25	-0.25
33.50	7.76	7.72	7.75	-0.24	-0.24	-0.24
34.00	7.65	7.61	7.63	-0.23	-0.23	-0.23
34.50	7.54	7.50	7.52	-0.23	-0.22	-0.23
35.00	7.43	7.39	7.41	-0.22	-0.22	-0.22
35.50	7.32	7.28	7.31	-0.21	-0.21	-0.21
36.00	7.22	7.18	7.21	-0.21	-0.21	-0.21
36.50	7.12	7.09	7.11	-0.20	-0.20	-0.20
37.00	7.02	6.99	7.01	-0.20	-0.19	-0.20
37.50	6.93	6.90	6.92	-0.19	-0.19	-0.19
38.00	6.83	6.81	6.82	-0.19	-0.18	-0.19
38.50	6.75	6.72	6.74	-0.18	-0.18	-0.18
39.00	6.66	6.63	6.65	-0.18	-0.17	-0.18
39.50	6.57	6.55	6.56	-0.17	-0.17	-0.17
40.00	6.49	6.46	6.48	-0.17	-0.17	-0.17
40.50	6.41	6.39	6.40	-0.16	-0.16	-0.16
41.00	6.33	6.31	6.32	-0.16	-0.16	-0.16
41.50	6.25	6.23	6.25	-0.16	-0.15	-0.16
42.00	6.18	6.16	6.17	-0.15	-0.15	-0.15
42.50	6.11	6.08	6.10	-0.15	-0.15	-0.15
43.00	6.03	6.01	6.03	-0.14	-0.14	-0.14
43.50	5.96	5.94	5.96	-0.14	-0.14	-0.14
44.00	5.90	5.88	5.89	-0.14	-0.14	-0.14
44.50	5.83	5.81	5.82	-0.13	-0.13	-0.13
45.00	5.76	5.75	5.76	-0.13	-0.13	-0.13
45.50	5.70	5.68	5.69	-0.13	-0.13	-0.13
46.00	5.64	5.62	5.63	-0.13	-0.12	-0.13
46.50	5.58	5.56	5.57	-0.12	-0.12	-0.12
47.00	5.52	5.50	5.51	-0.12	-0.12	-0.12
47.50	5.46	5.44	5.45	-0.12	-0.12	-0.12
48.00	5.40	5.39	5.40	-0.12	-0.11	-0.12
48.50	5.35	5.33	5.34	-0.11	-0.11	-0.11
49.00	5.29	5.28	5.29	-0.11	-0.11	-0.11
49.50	5.24	5.22	5.23	-0.11	-0.11	-0.11
50.00	5.18	5.17	5.18	-0.11	-0.11	-0.11



Dimensões consideradas na base : transversal = 7 x 5

Rsistência da malha = **18.47** Ohm

Upt=	-11.44 %	Uct=	36.24 %
Upl=	-10.98 %	Ucl=	35.79 %
Upd=	**-14.48** %	Ucd=	**41.72** %

Umáx solo t = 69.94 %

Umáx solo l = 69.06 %

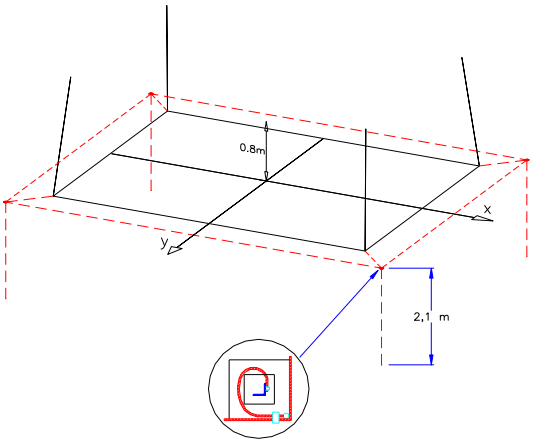
Umáx solo d = 72.46 %

Valores em % da tensão da malha de terra.

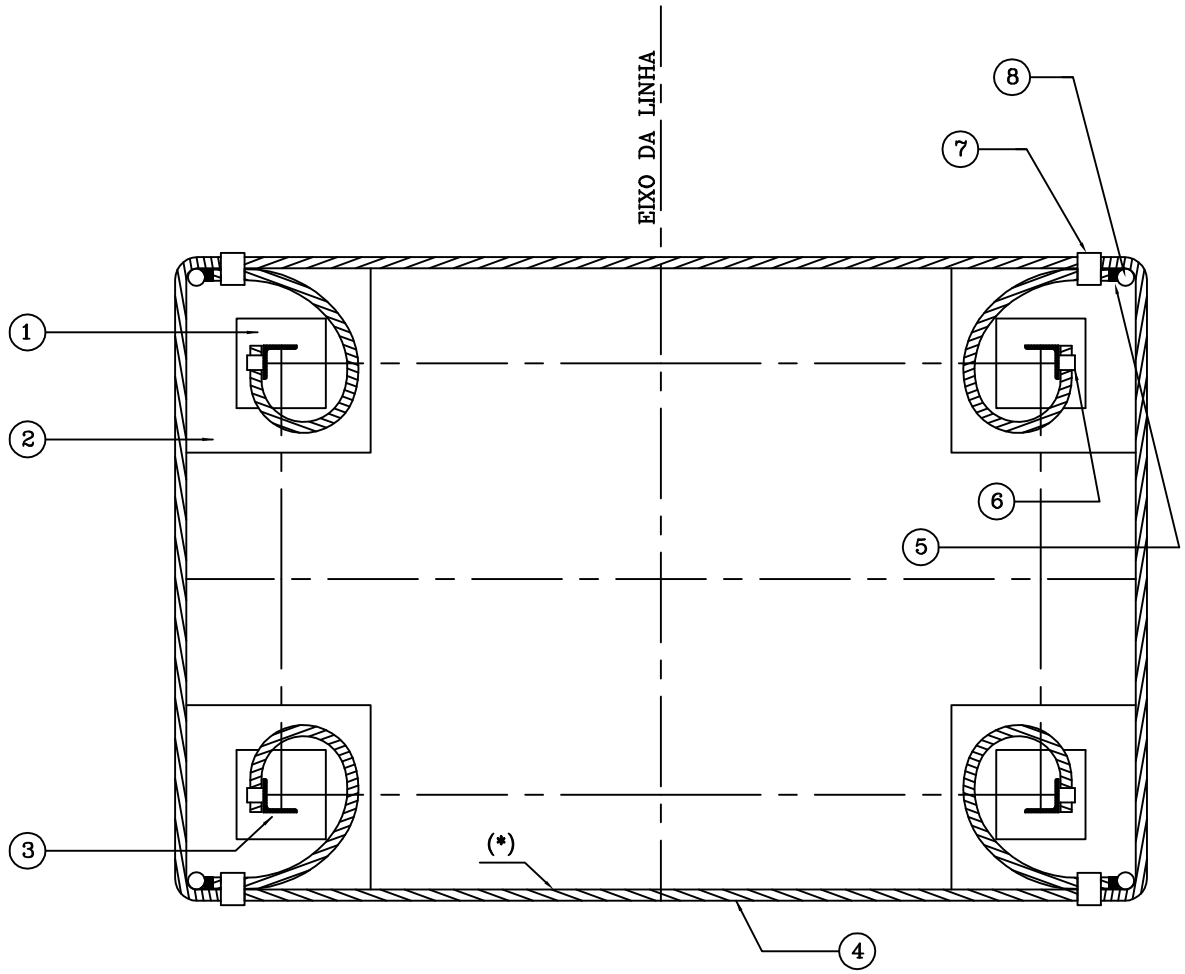
A tensão da malha é estimada em função da parte da corrente de curto-circuito que se escoa num dado apoio. Esta corrente depende da evolução ao longo da linha e das resistências dos apoios na vizinhança, bem como da resistividade e homogeneidade do solo.

Medições feitas nos EUA mostram que a maior parte da corrente de curto-circuito se escoa pelos cabos de guarda, variando a parte que se escoa para o solo num dado apoio entre 0 e 12% de Icc.

Na vizinhança das subestações (3-4 km iniciais) a corrente de curto-circuito escoa-se práticamente toda pelos cabos de guarda para a terra da subestação.



REN	MATERIAL DE LIGAÇÃO À TERRA	PL LTE 001
EQPJ–LN	CONFIGURAÇÃO TIPO DA MALHA DE TERRA	Data: 96.03.29



(*) – Pode não existir anel fechado

Posição	Designação
(1)	CHAMINÉ DO MACIÇO
(2)	CABOUCO
(3)	CANTONEIRA DA BASE
(4)	CABO COBRE COM 9mmø ENTERRADO À PROFUNDIDADE DE 800mm
(5)	LIGADOR TIPO "E"
(6)	LIGADOR TIPO "M"
(7)	LIGADOR TIPO "C"
(8)	ELECTRODO

Revisão nº	Data	Designação	Efect.	Verif.	Desenhado por: J. Tavares
01	02.04	Alteração do logotipo.	JT	JV	
02	08.09	Introdução do Novo Logotipo	JT	CH	Verificado por: C. Homem
03					
04					

EQPJ–LN	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	PL LTE 002 Data: 96.03.29
DESIGNAÇÃO	E L E C T R O D O D E T E R R A	Tipo de Peça LIGAÇÃO MALHA DE TERRA Elemento de Alta Segurança Sim ☐ Não ☐
UTILIZAÇÃO	Ligação da malha de terra ao solo.	

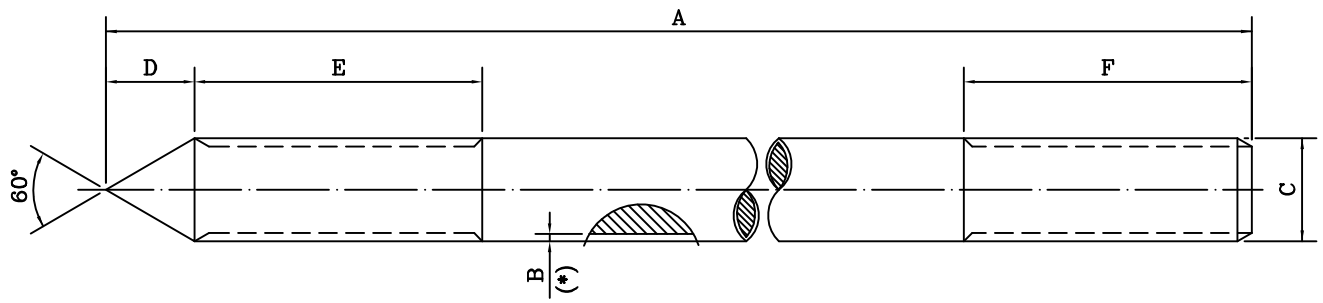
1 – Estes acessórios devem obrigatóriamente ter as seguintes indicações:

- Marca de identificação
- Marca do fabricante
- Milésima de fabricação

2 – Se não for dito nada em contrário as tolerâncias deverão ser:

± 0,7mm se a dimensão for ≤35mm

± 2% se a dimensão for >35mm



(*) – B – Espessura mínima do revestimento.

CÓDIGO	Ref.ª (**) Fabricante	A (mm)	B (mm) (**)	C (mm)	D (mm) (**)	E (mm) (**)	F (mm) (**)	Carga de rotura (kN) (**)	Massa (Kg) (**)
ELECT. 16		2000		ø16					

(**) – A fornecer pelo fabricante.

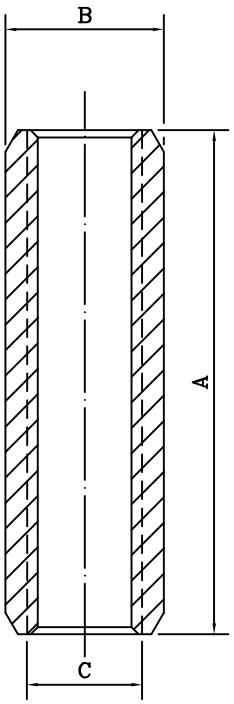
ELEMENTO	Produtos Siderúrgicos				Resi–liência kVC 0° C (***)	Norma de Referência (***)	Tipo de Revestimento (***)
	Tipo de Aço (***)	Tracção					
		Re MPa (***)	R MPa (***)	A % (***)			
ELECT. 16							

(***) – A fornecer pelo fabricante.

Revisão nº	Data	Designação	Efect.	Verif.	Desenhado por: J. Tavares
01	02.04	Alteração do logotipo	JT	JV	
02	08.09	Introdução do Novo Logotipo	JT	CH	Verificado por: C. Homem
03					
04					

REN	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	PL LTE 003
EQPJ–LN		Data: 96.03.29

DESIGNAÇÃO	U N I Ã O E L E C T R O D O	Tipo de Peça LIGAÇÃO MALHA DE TERRA Elemento de Alta Segurança Sim ☐ Não ☐
UTILIZAÇÃO	Ligação de topo de dois electrodos de terra.	



1 – Estes acessórios devem obrigatóriamente ter as seguintes indicações:
- Marca de identificação
- Marca do fabricante
- Milésima de fabricação

2 – Se não for dito nada em contrário as tolerâncias deverão ser:
- ± 0,7mm se a dimensão for ≤35mm
- ± 2% se a dimensão for >35mm

CÓDIGO	Refª (*) Fabricante	A (mm) (*)	B (mm) (*)	C (mm) (*)	Carga de rotura (kN) (*)	Massa (Kg) (*)
UN. ELECT.16						

(*) – A fornecer pelo fabricante.

ELEMENTO	Produtos Siderúrgicos						Norma de Referência (**)	Tipo de Revestimento (**)
	Tipo de (**) Material	Composição (**)						
UN. ELECT. 16								

(**) – A fornecer pelo fabricante.

Revisão nº	Data	Designação	Efect.	Verif.	Desenhado por: J. Tavares
01	02.04	Alteração do logotipo	JT	JV	
02	08.09	Introdução do Novo Logotipo	JT	CH	Verificado por: C. Homem
03					
04					

EQPJ–LN	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	PL LTE 004 Data: 96.03.29
DESIGNAÇÃO	L I G A D O R T I P O "M"	Tipo de Peça: LIGAÇÃO MALHA DE TERRA Elemento de Alta Segurança Sim ☐ Não ☐
UTILIZAÇÃO	Ligação cabo de cobre e fixação a montante do apoio.	

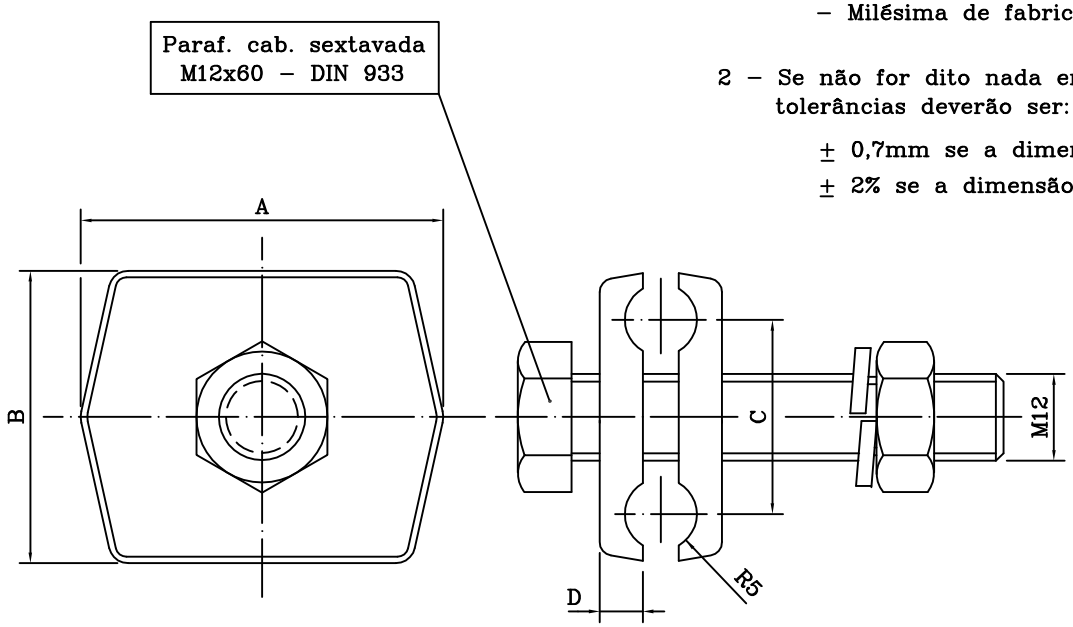
1 – Estes acessórios devem obrigatóriamente ter as seguintes indicações:

- Marca de identificação
- Marca do fabricante
- Milésima de fabricação

2 – Se não for dito nada em contrário as tolerâncias deverão ser:

± 0,7mm se a dimensão for ≤35mm

± 2% se a dimensão for >35mm



CÓDIGO	Refª (*) Fabricante	A (mm) (*)	B (mm) (*)	C (mm) (*)	D (mm) (*)	Carga de rotura (kN) (*)	Massa (Kg) (*)
LIG. "M"							

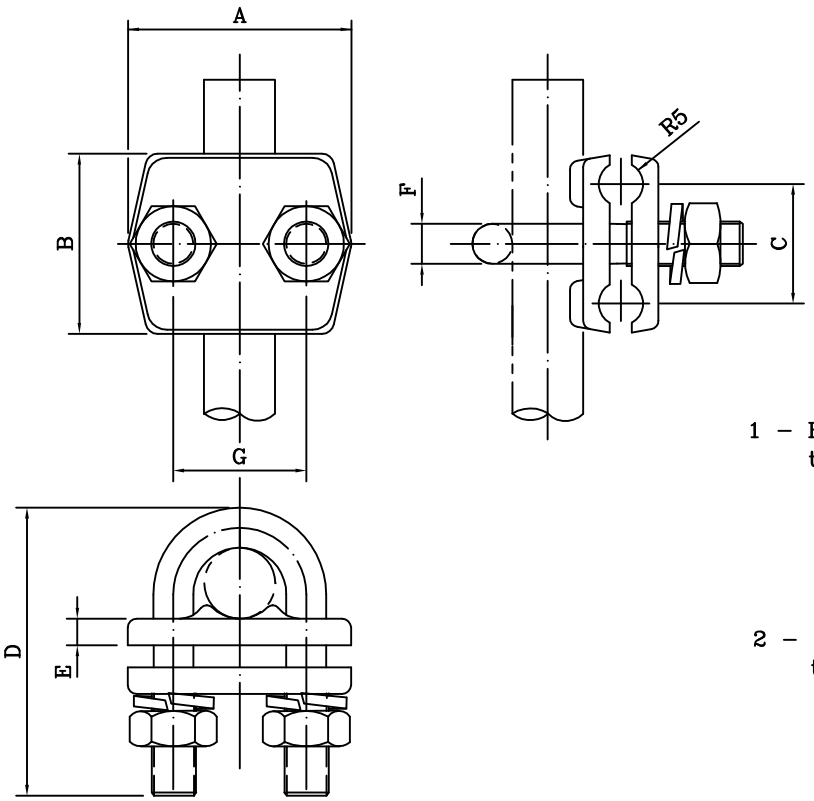
(*) – A fornecer pelo fabricante.

ELEMENTO	Produtos Siderúrgicos						Norma de Referência (**)	Tipo de Revestimento (**)
	Tipo de (**) Material	Composição (**)						
LIG. "M"								

(**) – A fornecer pelo fabricante.

Revisão nº	Data	Designação	Efect.	Verif.	Desenhado por: J. Tavares
01	02.04	Alteração do logotipo	JT	JV	
02	08.09	Introdução do Novo Logotipo	JT	CH	Verificado por: C. Homem
03					
04					

EQPJ–LN	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	PL LTE 005 Data: 96.03.29
DESIGNAÇÃO	L I G A D O R T I P O "E"	Tipo de Peça: LIGAÇÃO MALHA DE TERRA Elemento de Alta Segurança Sim ☐ Não ☐
UTILIZAÇÃO	Ligação de electrodo de terra e cabo de cobre nú.	



1 – Estes acessórios devem obrigatóriamente ter as seguintes indicações:

- Marca de identificação
- Marca do fabricante
- Milésima de fabricação

2 – Se não for dito nada em contrário as tolerâncias deverão ser:

± 0,7mm se a dimensão for ≤35mm

± 2% se a dimensão for >35mm

CÓDIGO	Refª (*) Fabricante	A (mm) (*)	B (mm) (*)	C (mm) (*)	D (mm) (*)	E (mm) (*)	F (mm) (*)	G (mm) (*)	Carga de rotura (kN) (*)	Massa (Kg) (*)
LIG. "E"										

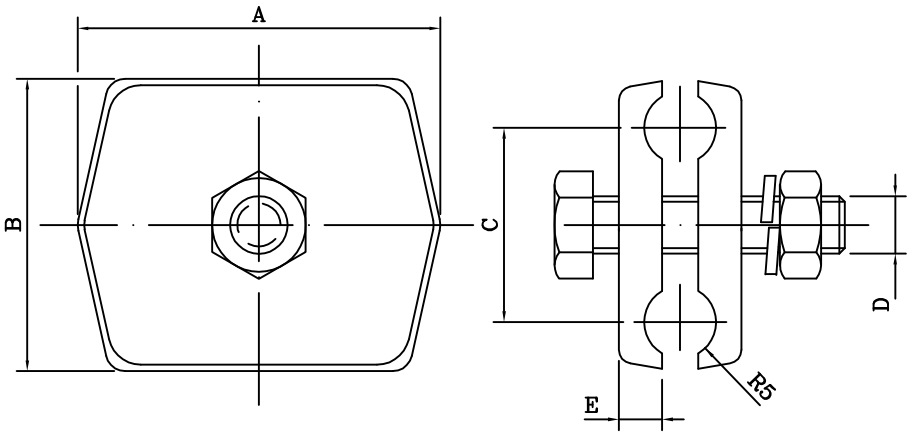
(*) – A fornecer pelo fabricante.

ELEMENTO	Produtos Siderúrgicos						Norma de Referência (**)	Tipo de Revestimento (**)
	Tipo de (**) Material	Composição (**)						
LIG. "E"								

(**) – A fornecer pelo fabricante.

Revisão nº	Data	Designação	Efect.	Verif.	
01	02.04	Alteração do logotipo	JT	JV	Desenhado por: J. Tavares
02	08.09	Introdução do Novo Logotipo	JT	CH	Verificado por: C. Homem
03					
04					

EQPJ–LN	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	PL LTE 006 Data: 96.03.29
DESIGNAÇÃO	L I G A D O R T I P O "C"	Tipo de Peça: LIGAÇÃO MALHA DE TERRA Elemento de Alta Segurança Sim ☐ Não ☐
UTILIZAÇÃO	Ligação de dois cabos de cobre nús.	



1 – Estes acessórios devem obrigatóriamente ter as seguintes indicações:

- Marca de identificação
- Marca do fabricante
- Milésima de fabricação

2 – Se não for dito nada em contrário as tolerâncias deverão ser:

± 0,7mm se a dimensão for ≤35mm
± 2% se a dimensão for >35mm

CÓDIGO	Refª (*) Fabricante	A (mm) (*)	B (mm) (*)	C (mm) (*)	D (mm) (*)	øE (mm) (*)	Carga de rotura (kN) (*)	Massa (Kg) (*)
LIG. "C"								

(*) – A fornecer pelo fabricante.

ELEMENTO	Produtos Siderúrgicos						Norma de Referência (**)	Tipo de Revestimento (**)
	Tipo de (**) Material	Composição (**)						
LIG. "C"								

(**) – A fornecer pelo fabricante.

Revisão nº	Data	Designação	Efect.	Verif.	Desenhado por: J. Tavares
01	02.04	Alteração do logotipo	JT	JV	
02	08.09	Introdução do Novo Logotipo	JT	CH	Verificado por: C. Homem
03					
04					

ESTUDO DAS CORRENTES DE CURTO-CIRCUITO AO LONGO DA LINHA

Corrente de Curto-Circuito ao Longo da Linha

DADOS

Apoios	Q
Cond. Geminados	Sim
N.º de ternos	1

C. Condutor	ZAMBEZE
Diâmetro CC [mm]	31.80

C. Guarda	OPGW
Diâmetro CG [mm]	15.80

	Parte Real	Parte Imag.		
Zd - Impedância Directa [Ω / km]	0.0364	0.3323	⇨ |Zd| =	0.3343 Ω / km
Zh - Impedância Homopolar [Ω / km]	0.2166	0.6761	⇨ |Zh| =	0.7099 Ω / km

Comprimento total da linha [km]	1.82

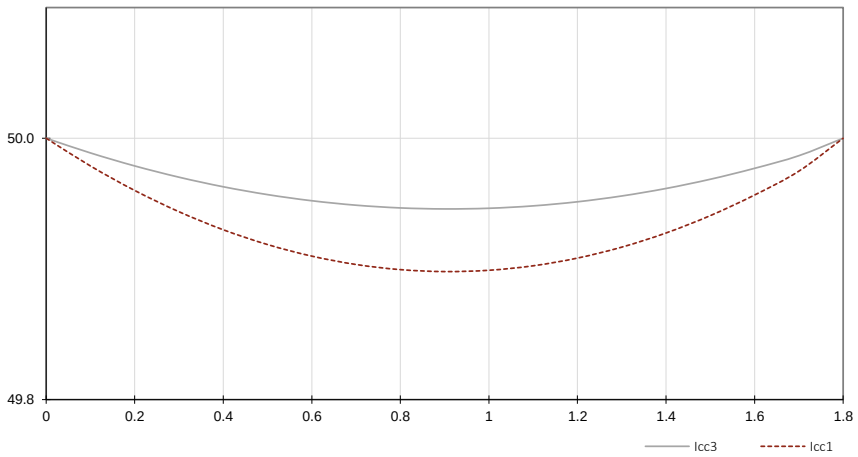
	ICC_1	ICC_2
Correntes de curto-circuito nas extremidades da linha [kA]	50.00	50.00

	U_c	U_s
Tensão nominal [kV]	400.00	230.94

Dist. [km]	Icc3 [kA]	Icc1[kA]
0.0	50.00	50.00
0.1	49.99	49.98
0.2	49.98	49.96
0.3	49.97	49.94
0.4	49.96	49.93
0.5	49.96	49.92
0.6	49.95	49.91
0.7	49.95	49.90
0.8	49.95	49.90
0.9	49.95	49.90
1.0	49.95	49.90
1.1	49.95	49.90
1.2	49.95	49.91
1.3	49.96	49.92
1.4	49.96	49.93
1.5	49.97	49.94
1.6	49.98	49.96
1.7	49.99	49.97
1.8	50.00	50.00

Icc3 -> corrente de curto-circuito trifásico
Icc1 -> corrente de curto-circuito monofásico

Evolução da Corrente de Curto-Circuito Trifásico Simétrico(3) e Monofásico(1)



Impedância directa equivalente a montante das subestações = 8.9434 Ohm
Impedância homopolar equivalente a montante das subestações = 8.6282 Ohm

ANEXO A.05

Características dos Cabos

Projeto	ETCCO01 - Cabos nus para linhas aéreas de MAT	REN
Data act. 14-06-2016 **REV. C**		

CARACTERISTICAS DOS CABOS

ANEXO 1

Cabos		Composição						Composição	Diâm.	Diâm.	Secção	Secção	massa	massa neutra		Mod.	C.Dilat.	Carga	R cor cont	Kr	CCL	Coef.	Normas
Designação	N.comercial	Nr	Dia	Tipo	Nr	Dia	Tipo	por camada	cabo (mm)	aço (mm)	cabo (mm^2)	aço (mm^2)	s/m.n. (kg/m)	min. (g/m)	max. (g/m)	Elast. (MPa)	Térmica (/º)	Rotura (daN)	a 20 ºC (Ohm/m)	(/k)	(J/m/k)	E.Pel.	ref[a]
AAAC 570	Aster 570	61	3.45	Lal				1;6;12;18;24	31.05		570.24	0.00	1.575		0.00	53980	0.0000230	18360	0.0000583	0.00360	1397.09	1.024	NF C34-125
ACSR 325	Bear	30	3.35	Al	7	3.35	Aç	1;6;12;18	23.45	10.05	326.12	61.70	1.213	10.77	15.39	79500	0.0000178	10938	0.0001093	0.00403	881.06	1.003	BS 215 P 2
ACSR 153	Dorking	12	3.20	Al	7	3.20	Aç	1;6;12	16.00	9.60	152.81	56.30	0.719	9.80	14.00	104500	0.0000153	7708	0.0002992	0.00403	449.26		CSA49.1-1957
ACSR 130	Guinea	12	2.92	Al	7	2.92	Aç	1;6;12	14.60	8.76	127.24	46.88	0.588	8.16	11.65	104500	0.0000153	6646	0.0003594	0.00403	374.09		CSA49.1-1957
ACSR 260	Panther	30	3.00	Al	7	3.00	Aç	1;6;12;18	21.00	9.00	261.20	49.50	0.974			78155	0.0000177			0.00403			BS 215 P 2
AACSR147.1	Pastel147.1	30	2.25	Lal	7	2.25	Aç	1;6;12;18	15.75	6.75	147.11	27.83	0.547	4.86	6.94	83970	0.0000181	8185	0.000279	0.00360	397.43		NF C34-125
ACSR 374	Tejo	42	2.79	Al	19	2.79	Aç	1;6;12;18;24	25.11	13.95	373.90	116.40	1.615			91630	0.0000158			0.00403			
ACSR 595	Zambeze	42	4.14	Al	7	2.32	Aç	1;6;8;14;20	31.80	6.96	594.97	29.59	1.792	5.15	7.36	61500	0.0000212	11967	0.0000511	0.00403	1497.03	1.021	BS 215 P 2
ACSR 485	Zebra	54	3.18	Al	7	3.18	Aç	1;6;12;18;24	28.62	9.54	484.48	55.60	1.620	9.71	13.87	68000	0.0000193	12849	0.0000674	0.00403	1260.92	1.011	BS 215 P 2
ACST 121	OPGW 14,6			Lal			ACS		14.60		120.64		0.526			93880	0.0000172	6362	3.11E-04				
ACST 137- 40fo	OPGW 15,5	12	3.10	Lal	5	3.10	ACS		15.50		136.80	37.70	0.551	10.50		86400	0.0000175	7470	3.19E-04			1.100	EN 50182
ACST 151-40fo	OPGW 16,3			Lat			ACS		16.25		151.21		0.633			92520	0.0000175	8910	2.80E-04				
ACSR/AW 517	RAIL AW	45	3.70	Al	7	2.47	Aç	1;6;9;15;21	29.61	7.41	517.39	33.53	1.563			61937	0.0000213	11370	0.0000585	0.00403	1312.20	1.018	ASTM B549/93
ACSR 546	Cardinal	54	3.38	Al	7	3.38	Aç	1;6;9;15;21	30.38	10.13	546.10	62.70	1.791			68670	0.0000193	15262	0.0000597	0.00403	1424.03		CSA49.1-1957
ACSR 570	570/40	45	4.02	Al	7	2.68	Aç	1;6;9;15;21	32.20		610.60	39.40	1.852					13620	0.0000511	0.00403			DIN 48204
ACSR 538	CAMEL	54	3.35	Al	7	3.4	Aç	1;6;12;18;24	30.15	10.05	537.66	61.70	1.798					14592					BS 215 P 2
ACSR 597	Moose	54	3.53	AL	7	3.5	aç	1;6;12;18;24	31.77	10.59	596.99	68.50	1.996					16097					BS 215 P 2
ACSR 565	500	54	3.43	Al	7	3.4	Aç	1;6;12;18;24	30.90		563.6	64.60	1.888					15380	0.0000578	0.00403			CEI 61089 A1/S1A
ACSR 560	560	45	3.98	Al	7	2.7	Aç	1;6;9;15;21	31.83		598.5	38.70	1.854					13200	0.0000517	0.00403			ASTM B 232
ACSR/AW860	LapwingAW	45	4.77	Al	7	3.3	Aç		38.16	9.55	861.16	55.48	2.599	0.00	2.599	58961		19499	0.0000351	0.00403	2183.63	1.060	ASTM B-549
AACSR147.1	PHLOX147,1	18	2.25	Lal	19	2.3	Aç	1;6;12;18	15.80	11.3	147.11	75.5	0.791	0	10	124000	0.0000142	13280	4.68E-04	0.0036	460.83		CEI 61089

Legenda:

- Kr - Coeficiente de variação da resistência do cabo com a temperatura (/ºk)
- CCL - Capacidade calorifica linear (J/m/k) C = Cs*Ss+Ca*Sa
- Cs - Calor especifico do aço = 3,78+6 $J/m^3/k$;
- Ca - Calor especifico do alumínio = 2,45E+6 $J/m^3/k$;
- Coef.Ef.Pel. - Coeficiente de Efeito Pelicular
- Ss, Sa - Secções respectivamente do aço e alumínio (mm^2)
- Al - Alumínio
- Aç - Aço
- Lal - Liga de alumínio
- Clal- Calor específico da liga de alumínio = 2,45E+6 J/m3/k;

CABELTE
cabos eléctricos e telefónicos, sa

ESPECIFICAÇÃO DE PRODUTO

EPO10790

CABO OPGW AS/AA 39/94 AST 2x 20 F

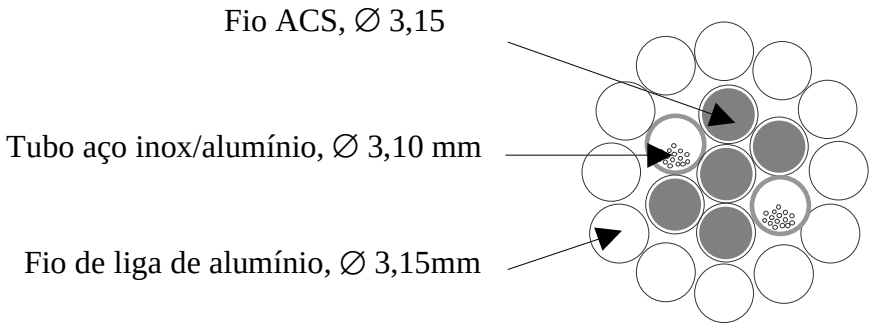
1. Descrição geral

O cabo é constituído por duas camadas concêntricas de fios metálicos, com a seguinte composição e distribuição:

grupo central - 1 fio de ACS (aço revestido a alumínio - *aluminium cladded steel*)
primeira camada - 4 fios de ACS e 2 tubos de aço inox, revestido a alumínio contendo no seu interior um composto de geleia e as fibras ópticas;
segunda camada - 12 fios de liga de alumínio.

Os fios são cableados com os passos adequados ao cumprimento das características finais aplicáveis. O sentido de cableamento é invertido entre camadas sucessivas.
Os interstícios do interior do cabo são preenchidos com uma massa de protecção.

2. Secção recta esquemática



3. Características do cabo completo

Dimensionais

Diâmetro nominal do fio de ACS (mm)	3,15
Diâmetro nominal do fio de liga de alumínio (mm)	3,15
Diâmetro nominal do tubo de aço inox (mm)	3,10
Diâmetro interior do tubo de aço inox (mm)	2,20
Número de fios de aço	5
Número de fios de liga de alumínio	12
Número de tubos de aço inox	2 com 20 fibras cada
Secção total dos fios de ACS (mm^2)	38,96
Secção total dos fios de liga de alumínio (mm^2)	93,52
Secção efectiva do cabo (mm^2)	132,5
Peso total do cabo (kg/m)	0,565
Diâmetro nominal do cabo (mm)	15,8
Direcção de cableamento da camada externa	direita
Passo de cableamento da camada externa	aprox. 10xdiâmetro do cabo

Mecânicas

Tensão de ruptura calculada - RMC (kgf)	7235
Tensão máxima permanente (EDS) (kgf/mm^2)	8,74
Tensão máxima admissível (kgf/mm^2)	21,84
Módulo de elasticidade (kgf/mm^2)	9068
Coeficiente de dilatação linear (10^{-6}/ºC)	17,6
Raio mínimo de curvatura (mm)	400

Eléctricas

Resistência ohmica, 20ºC (Ω/km)	0,320
Coeficiente de correcção da resistência com a temperatura	0,0036
Capacidade de curto circuito (kA^2s)	90

Temperatura inicial = 30ºC; Temperatura final = 180ºC

(A corrente de curto circuito é transportada por todos os elementos metálicos do cabo)

4. Características dos fios metálicos que compoem o cabo

Material	**Aço revestido a alumínio**
Norma aplicável	CEI 1232-20SA-A
Diâmetro nominal (mm)	3,15
Tensão mínima de ruptura (kgf/ mm^2)	136,64
Tensão mínima a 1% de alongamento (kgf/ mm^2)	122,37
Espessura mínima do alumínio (mm)	0,16 (10% raio do fio ACS)
Condutividade eléctrica mínima, 20ºC (%IACS)	20,3
Coeficiente de correcção da resistência com a temperatura	0,0036

Material	**Liga de Alumínio**
Norma aplicável	CEI 104-A
Diâmetro nominal (mm)	3,15
Tensão mínima de ruptura (kgf/ mm^2)	33,14
Resistividade a 20ºC (nΩm)	32,840
Coeficiente de correcção da resistência com a temperatura	0,00403

5. Table 5 Format cable specifications

Item	Value	Unit
General specifications		
Maximum length on reel	6	km
Cable diameter	15,8	mm
Cable weight including grease	0,565	kg/m
Normal operation load (Q_n) 16% RTS	11	kN
Maximum operation load (Q_m) 40% RTS	28	kN
Specified mechanical Strength (R_s) 100% RTS	71	kN
Permissible cable load (Q_p) 70% RTS	50	kN
Cable elongation at Q_m	0,24	%
Minimum, maximum cable temperature	-40..+85	ºC
Temperature coefficient of resistance	0,0036	/K
Loose tube dimensions (inner/outer diameter)	Outer: 3,1	mm
Optical performance		
Wavelength 1300 nm		
- attenuation coefficient	0,40	dB/km
- minimum zero dispersion wavelength	1300	nm
- maximum zero dispersion wavelength	1324	nm
- total dispersion	3,5	ps/nmkm
- slope of the dispersion wavelength function	≤ 0,093	ps/nm$_2$km
Wavelength 1550 nm		
- attenuation coefficient	0,23	dB/km
- total dispersion	20	ps/nmkm
- slope of the dispersion wavelength function	≤ 0,093	ps/nm$_2$km
Macro bending according measuring method	≤ 0,05	dB
Cut-off wavelength cabled fibre (I_{cc})	≤ 1250	nm
PMD of cabled fibre, normalised to 1 km	≤ 0,5	ps normalised to 1 sqrt(km)
Cable design		
Maximum number of fibres per loose tube	20	
Maximum number of loose tubes within the design	2	
Composition loose tube	stainless steel tube, alluminium covered with jelly	
Composition water screen	stainless steel tube	
Composition of filler elements	not include	
Composition waterblocking	jelly and grease	
Composition strength member	not included	
Composition filling compound in loose tube	Jelly	
Composition filling compound in optical cable core	Grease	
Bare fibre data		
Proof test level	100	kpsi
Proof test time	1	s
Cut-off of bare fibre (I_c) – indicative value (this value is not guaranteed by the fibre supplier).	<1330	nm
Mode field diameter at 1310nm	9,3 ±0,5	µm

Mode field concentricity error	≤ 1,0	µm
Mode field non circularity	≤ 6	%
Cladding diameter	0,125	mm
Cladding non circularity	2	%

Código de cores das fibras: vermelho, verde, azul, amarelo, cinzento, castanho, violeta, turquesa, preto, branco, laranja, cor de rosa, para as restantes fibras, as mesmas cores de base com marcação de aneis.

ESPECIFICAÇÃO DE PRODUTO

EPA00490

Aplicação

Condutor nu para linhas áereas

ACSR 153 Dorking

Especificação de construção e ensaios

REN EQPJ/ET/CCO01 Abr.2007

Constituição

O cabo possuí uma alma de aço constituída por 7 fios de aço galvanizado (1+6), em torno da qual são cableados 12 fios de alumínio duro. Os fios de aço e de alumínio são dispostos em camadas concêntricas que se desenvolvem alternada e sucessivamente em sentidos contrários. Os fios da última camada são enrolados à direita (sentido Z). A alma de aço é protegida contra a corrosão de acordo com a fig. 2 do anexo C da norma CEI 61089.

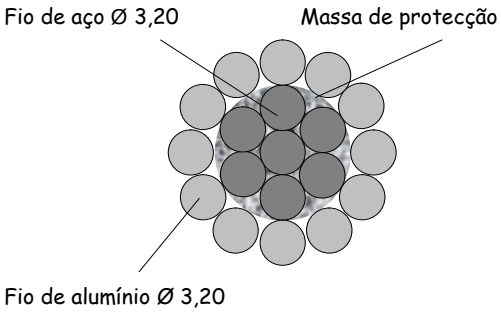


fig. 1 - Desenho da secção transversal do cabo

Fios de aço	De acordo com a CEI 60888
Fios de alumínio	De acordo com a CEI 60889
Massa de protecção	De acordo com a CEI 61394

Acondicionamento

Comprimentos modulares: 1x2000 m/bobina

Características

Secção nominal do cabo (mm^2)	153
Diâmetro do fio de aço (mm)	3,20
Diâmetro do fio de alumínio (mm)	3,20
Secção total do cabo (mm^2)	152,81
Secção total de aço (mm^2)	56,30
Secção total de alumínio (mm^2)	96,51
Peso do cabo, sem massa de protecção (kg/m)	0,711
Peso da massa neutra gr/(m cabo))	11
Diâmetro exterior (mm)	16,0
Carga de ruptura mínima (daN)	7708
Modúlo de Young (N/mm^2)	104 500
Coeficiente de dilatação linear ($1/°C\ 10^{-6}$)	15,3
Resistência eléctrica máxima, em c.c., a 20°C (Ω/km)	0,2992

Cabo alumínio/aço ACSR 595 - "ZAMBEZE"

. NORMA

REN ESLN/ET/CCO01

. COMPOSIÇÃO

Componente	Descrição
Fios de aço	7 fios de aço, dispostos em duas camadas concêntricas (1+6) contendo uma massa neutra de protecção.
Fios de alumínio	42 fios de alumínio duro, dispostos em três camadas concêntricas (8+14+20), sobre o núcleo de fios de aço.

. CARACTERÍSTICAS

		ZEBRA
Dimensionais	Diâmetro do fio de aço (mm)	2,32
	Diâmetro do fio de alumínio (mm)	4,14
	Secção total do cabo (mm^2)	594,97
	Secção total de aço (mm^2)	29,59
	Secção total de alumínio (mm^2)	565,38
	Secção nominal do cabo (mm^2)	595
	Peso total do cabo (kg/m) (Sem massa de protecção)	1,792
	Diâmetro total do cabo (mm)	31,80
Mecânicas	Módulo de elasticidade (N/mm^2)	61500
	Carga de rotura mínima (daN)	11 967
Eléctricas	Resistência eléctrica máxima a 20ºC (Ω/km)	0,0511
Outras	Coeficiente de dilatação térmica linear (1/ºC)	$21,2x10^{-6}$

. ACONDICIONAMENTO

		BOBINAS			
	Comprimentos modulares (m)	Diâmetro mín. do núcleo (mm)	Espessura mín. das abas (mm)	Diâmetro máximo (mm)	Largura int. máx. entre abas (mm)
ZAMBEZE	2000	800	100	2300	1000

ANEXO A.06

Características dos Isoladores

ESLN	ESLN/ET/ICA01	REN

CARACTERÍSTICAS DO ISOLADOR

ANEXO II

DISCRIMINAÇÃO		
DESIGNAÇÃO (CEI):	U160 BS	
I) CARACTERÍSTICAS DIMENSIONAIS:		
DIÂMETRO NOMINAL MÁXIMO:	280 mm	
DIÂMETRO DO ESPIGÃO (Segundo Publicação CEI 120):	20 mm	
PASSO:	146 mm	
LINHA DE FUGA NOMINAL MÍNIMA:	380 mm	
II) CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS:		
TENSÃO SUPORTÁVEL A SECO A 50 H_Z-1 min:	75 kV	(eficaz)
TENSÃO SUPORTÁVEL SOB CHUVA A 50 H_Z-1 min:	45 kV	(pico)
TENSÃO SUPORTÁVEL AO CHOQUE AMOSFÉRICO:	110 kV	(pico)
TENSÃO MÍNIMA DE PERFURAÇÃO EM ÓLEO:	130 kV	(eficaz)
III) CARACTERÍSTICAS ELECTROMECÂNICAS:		
CARGA DE ROTURA MÍNIMA GARANTIDA:	160 kN	
IV) CARACTERÍSTICAS DOS COMPONENTES:		
SAIA DIELÉCTRICA:	Vidro temperado ou porcelana	
CAMPÂNULA:	Ferro fundido maleável	
ESPIGÃO:	Aço forjado $\geq$ 65 kgf/mm^2	
CIMENTO DE COLAGEM:	Cimento aluminoso	
GOLPILHAS:	Bronze fosforoso ou aço inox	

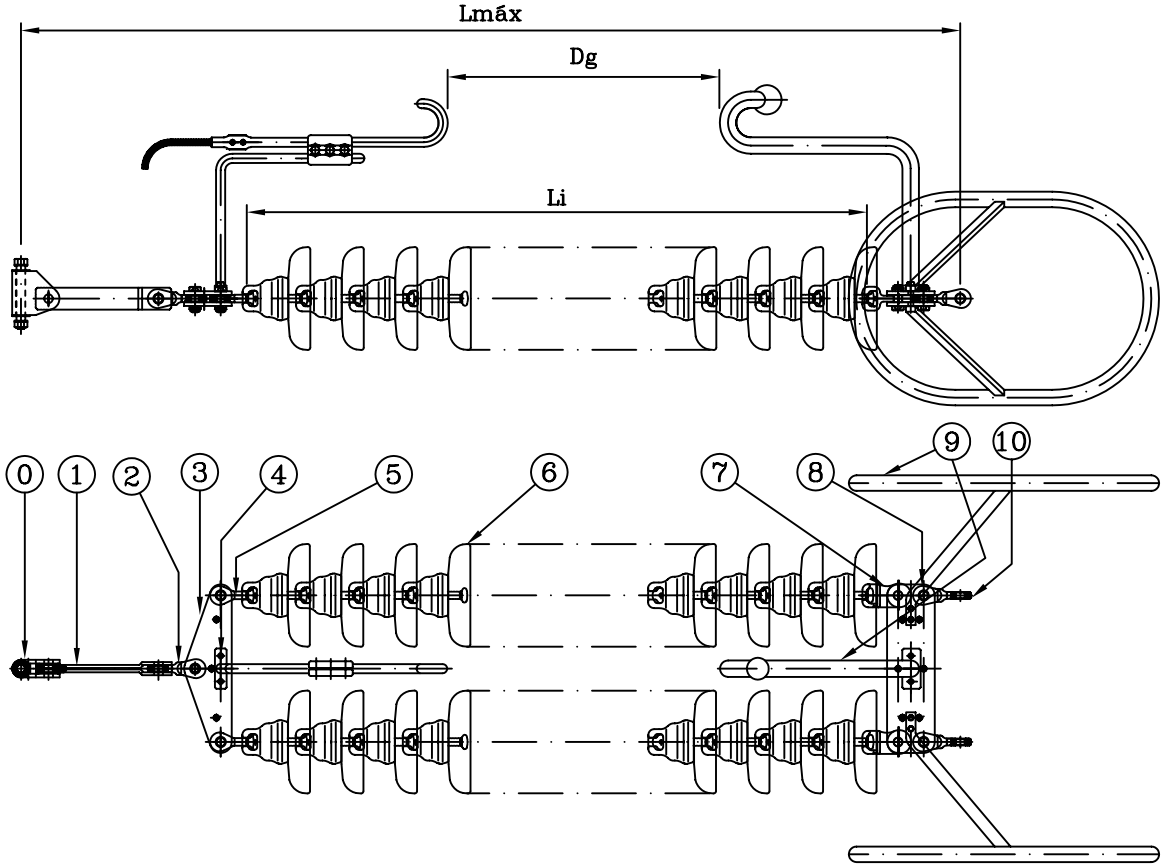
REV. Nº	DESIGNAÇÃO	EXEC.	APROV.
2003-02-25	Novo Logotipo. Alteração linha de fuga mínima	Carlos Homem	Manuel Severina
2007-04-13	Novo Logotipo.	Carlos Homem	Manuel Severina

ANEXO A.07

Planos das Cadeias de Isoladores e Fixação dos CG

REN	420 kV	PLANO DAS CADEIAS DE AMARRAÇÃO		DUPLA	PL 10192
					Data: 08.05.21
EQPJ–LN	Un=400 kV	Feixe Duplo	Ao Pórtico da Subestação	50 kA	Revisão: 1

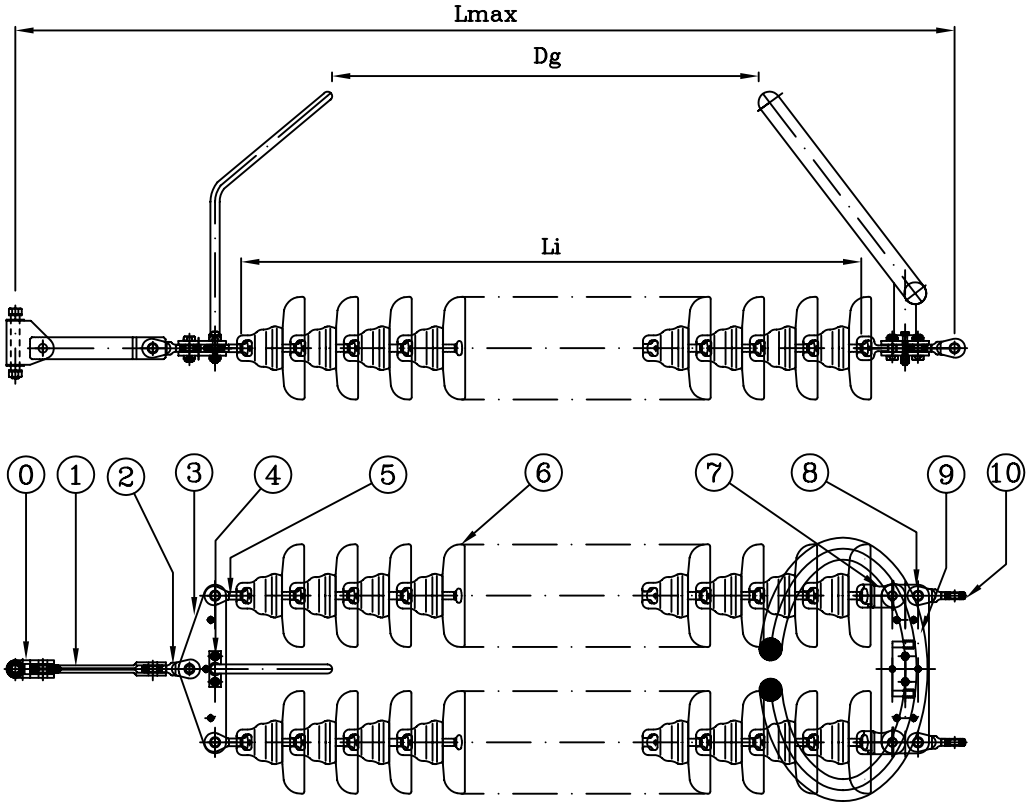
1 – A haste de descarga do lado da estrutura é regulável, enquanto do lado do condutor é fixa.
2 – O espigão dos isoladores é de ø20mm de acordo com a publicação CEI – 60120.
3 – Os dispositivos de protecção, hastes, são em varão de aço de ø25mm e devem–se associar 2 anéis regularizadores do potencial (lado do condutor).
4 – As dimensões da golpilha são de acordo com a publicação CEI – 60372.
5 – Os dispositivos de protecção, hastes, devem estar dispostos de modo a que o arco permaneça sempre a uma distância dos isoladores pelo menos, igual ao seu diâmetro e nunca inferior a 250mm.
6 – Pode ser prevista a utilização de "shunts" quer do lado da estrutura quer do lado do condutor. A ligação do "shunt" da haste regulável, não deve ser feita ás peças intermédias da cadeia, mas sim à estrutura de fixação da cadeia.



Posição	Comp. Útil (mm)	4 D 4 H 2 M 150 P 5	4 D 4 H 2 F 150 P 5
(0)	75	CHARNEIRA CH 300	
(1)	300	PROLONGO PF 300	
(2)	100	LIGADOR CRUZADO LC 300	
(3)	70	BALANCEIRO BT 300	
(4)	----	HASTE DE DESCARGA SUPERIOR REGULÁVEL HDr 25	
(5)	70	OLHAL COM BOLA (2xOB 150 – Norma CEI 60120 ø20mm)	
(6)	----	2x23 * U160BS	2x20 * Antipoluição 160 kN
(7)	85	BALL SOCKET COM PATILHA (2xBS 150 – Norma CEI 60120 ø20mm)	
(8)	70	BALANCEIRO BR 300	
(9)	----	HASTE DE DESCARGA INFERIOR FIXA C/ ANÉIS HDf/AR 25	
(10)	100	LIGADOR CRUZADO 2xLC 150	
Lmáx	4228 mm		4270 mm
Li	3358 mm		3400 mm
Dg	1700 mm ±50 mm		
Carga rotura	300 kN		300 kN
Peso aprox.	354 Kg		396 Kg

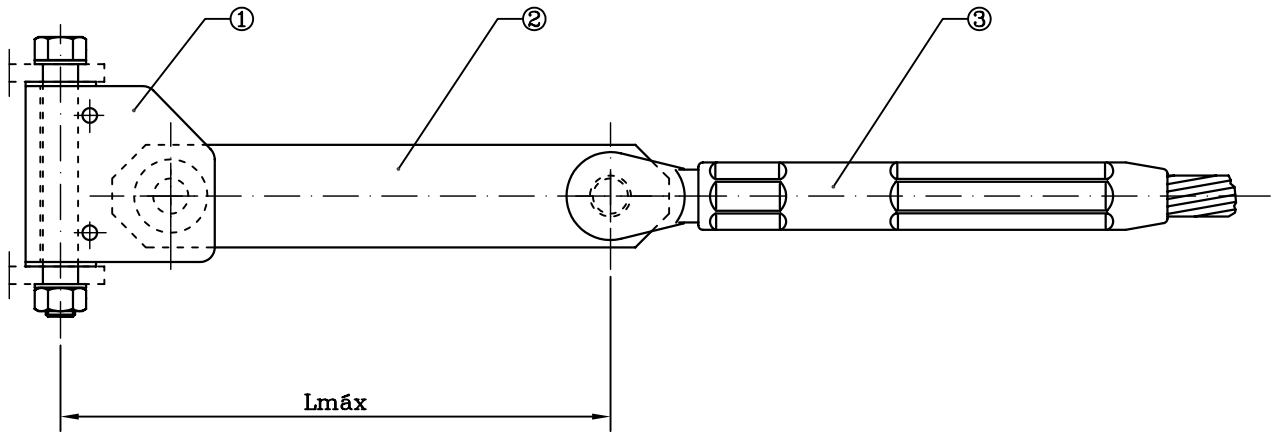
REN	420 kV	PLANO DAS CADEIAS DE AMARRAÇÃO		DUPLA	PL 10193
					Data: 08.05.21
EQPJ–LN	Un=400 kV	Feixe Duplo	Linha Simples Linha Dupla	≤50 kA	Revisão: 1

1 – Os dispositivos de protecção como a haste são em varão de aço de ø25mm, enquanto o anel de descarga será em tubo de aço com secção mínima de 500mm^2 (ø ±60mm) aberto, devendo nesta zona ser maciço (intervalo entre pontas do anel 50 ±5mm).
2 – O espigão dos isoladores é de ø20mm de acordo com a publicação CEI – 60120.
3 – As dimensões da golpilha são de acordo com a publicação CEI – 60372.
4 – Os dispositivos de protecção, haste e anel de descarga, devem estar dispostos de modo a que o arco permaneça sempre a uma distância dos isoladores pelo menos, igual ao seu diâmetro e nunca inferior a 250mm.



Posição	Comp. Útil (mm)	4 D 4 H 2 M 150 N 5	4 D 4 H 2 F 150 N 5
(0)	75	CHARNEIRA CH 300	
(1)	300	PROLONGO PF 300	
(2)	100	LIGADOR CRUZADO LC 300	
(3)	70	BALANCEIRO BT 300	
(4)	----	HASTE DE DESCARGA SUPERIOR HD 25C1	
(5)	70	OLHAL COM BOLA (2xOB 150 – Norma CEI 60120 ø20mm)	
(6)	----	2x23 * U160BS	2x20 * Antipoluição 160 kN
(7)	85	BALL SOCKET COM PATILHA (2xBS 150 – Norma CEI 60120 ø20mm)	
(8)	70	BALANCEIRO BR 300	
(9)	----	ANEL DE PROTECÇÃO INFERIOR AP60 N1	
(10)	100	LIGADOR CRUZADO 2xLC 150	
Lmáx	4228 mm		4270 mm
Li	3358 mm		3400 mm
Dg	2828 mm		2870 mm
Carga rotura	300 kN		300 kN
Peso aprox.	341 Kg		383 Kg

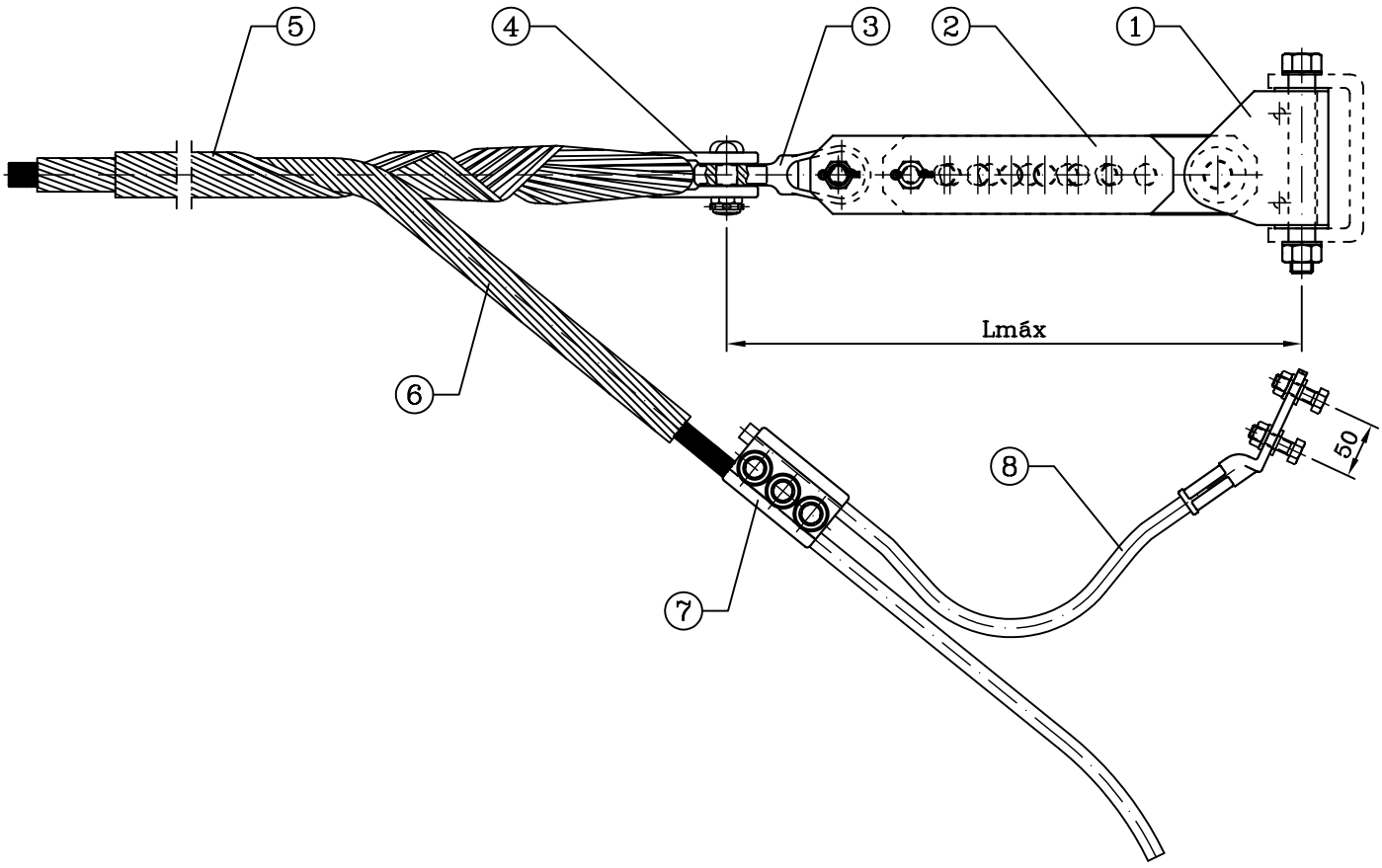
REN	PLANO DE CONJUNTO DE AMARRAÇÃO		≤50 kA	PL 10181
EQPJ–LN	Cabo de Guarda	Linha Simples Linha Dupla		Data: 08.05.08 Revisão: 2



Posição	Comp. Útil (mm)	DESIGNAÇÃO
(1)	75	CHARNEIRA CH 150
(2)	300	PROLONGO PR 150
(3)	460	PINÇA DE AMARRAÇÃO PAP (secção)
Lmáx	375 mm	
Carga rotura	FUNÇÃO DA PINÇA DE AMARRAÇÃO UTILIZADA	
Peso aprox.	11 Kg	

REN	PLANO DE CONJUNTO DE AMARRAÇÃO		≤50 kA	PL 10183
EQPJ–LN	Cabo de Guarda OPGW	Linha Simples Linha Dupla		Data: 08.11.03 Revisão: 3

SHUNT – Cabo de alumínio de ø 14mm.
Os materiais constituintes do Shunt devem permitir a passagem da corrente de curto circuito, 10 kA–1S, sem deterioração.



Posição	Comp. Útil (mm)	DESIGNAÇÃO
(1)	75	CHARNEIRA CH 150
(2)	340–550	PROLONGO REGULÁVEL
(3)	100	LIGADOR CRUZADO LC 150
(4)		PASSA CABOS
(5)		CONJUNTO DE VARETAS DE FIXAÇÃO
(6)		CONJUNTO DE VARETAS DE PROTECÇÃO
(7)		LIGADOR PARALELO
(8)		SHUNT
Lmáx		515–725 mm
Carga rotura		150 kN
Peso aprox.		14 Kg

ANEXO A.08

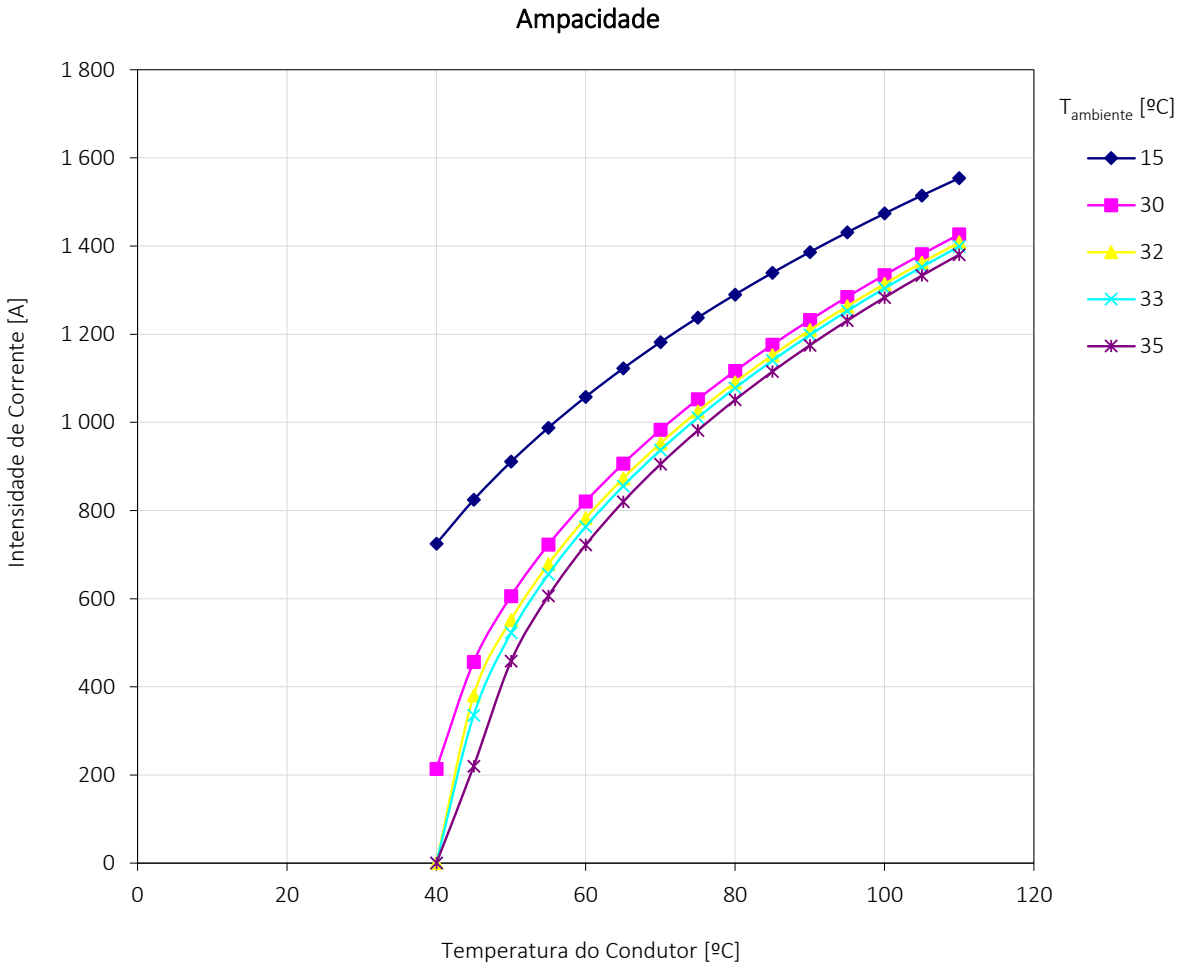
Capacidade Térmica dos Cabos
(Em Regime Permanente)

Capacidade Térmica - Regime Permanente	
Cabo	ZAMBEZE
Rca-Resistência Eléctrica em C.A.[Ohm/m]	52.17E-6
K-Coef.var.da Resist. do cabo c/temp.[/ºK]	4.03E-3
D-Diâmetro do Cabo [mm]	31.8
C-Coeficiente de Absorção Solar	0.5
Rs-Radiação Solar [W/m^2]	1000
V-Velocidade do Vento [m/s]	0.6
e-Poder Emiss. Relação ao Corpo Negro	0.6
Constante de Steffan [W/m^{2}k^4]	56.70E-9

U=	400	kV	Condutores p/fase=	2		
P[MVA]=	1 856.0	Ta [ºC]=	15	Tc [ºC]=	85	
P[MVA]=	1 545.0	Ta [ºC]=	35	Tc [ºC]=	85	

INTENSIDADE DE CORRENTE POR CABO [A]

Temperat.	Temperatura ambiente [ºC]				
Cabo [ºC]	15	30	32	33	35
40	725	214	---	---	---
45	824	457	380	336	220
50	911	606	552	522	458
55	988	722	678	655	606
60	1 058	820	783	763	722
65	1 122	906	873	855	820
70	1 182	983	952	937	905
75	1 238	1 052	1 025	1 011	981
80	1 290	1 117	1 091	1 078	1 051
85	**1 339**	**1 176**	**1 152**	**1 140**	**1 115**
90	1 386	1 232	1 210	1 198	1 175
95	1 431	1 284	1 263	1 253	1 231
100	1 474	1 334	1 314	1 304	1 283
105	1 515	1 381	1 362	1 353	1 333
110	1 554	1 426	1 408	1 399	1 380



ANEXO A.09

Campo Elétrico

EMISSÃO DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Cálculo do Campo Elétrico de Linhas MAT - Perfil do Campo Eléctrico kV/m à Tensão Nominal

DADOS

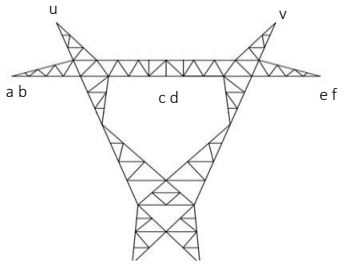
Apoios	Q
Cond. Geminados	Sim
N.º de ternos	1

C. Condutor	ZAMBEZE
Diâmetro CC [mm]	31.80

C. Guarda	OPGW
Diâmetro CG [mm]	15.80

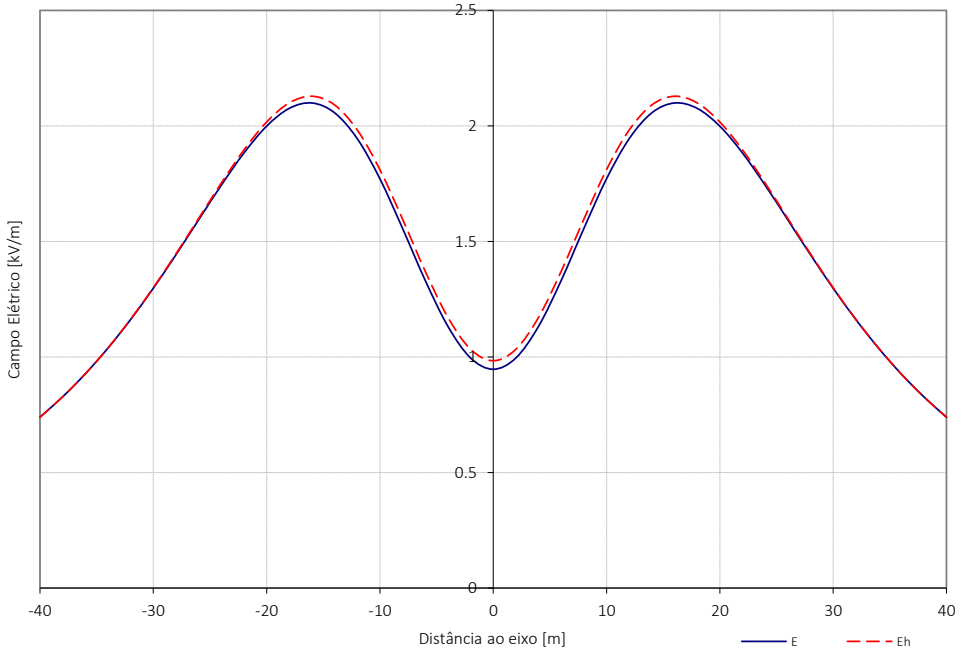
Uc [kV]	400.00
Us [kV]	230.94

Geometria dos Cabos [m]			
Cond.	Fase	X	Y
a	0	-12.25	22.53
b	0	-11.85	22.53
c	4	-0.20	22.53
d	4	0.20	22.53
e	8	11.85	22.53
f	8	12.25	22.53
u	-1	-8.57	27.53
v	1	8.57	27.53



xN	E	Eh
-40	0.73	0.73
-38	0.81	0.81
-36	0.90	0.90
-34	1.00	1.00
-32	1.10	1.10
-30	1.21	1.22
-28	1.33	1.33
-26	1.45	1.45
-24	1.56	1.56
-22	1.65	1.66
-20	1.73	1.74
-18	1.77	1.79
-16	1.76	1.79
-14	1.71	1.74
-12	1.61	1.64
-10	1.46	1.49
-8	1.27	1.31
-6	1.08	1.11
-4	0.89	0.92
-2	0.75	0.78
0	**0.70**	**0.72**
2	0.75	0.78
4	0.89	0.92
6	1.08	1.11
8	1.27	1.31
10	1.46	1.49
12	1.61	1.64
14	1.71	1.74
16	1.76	1.79
18	1.77	1.79
20	1.73	1.74
22	1.65	1.66
24	1.56	1.56
26	1.45	1.45
28	1.33	1.33
30	1.21	1.22
32	1.10	1.10
34	1.00	1.00
36	0.90	0.90
38	0.81	0.81
40	0.73	0.73

Perfil Transversal do Campo Elétrico



Cond.	a	b	c	d	e	f	u	v
Emáx. [kV/cm]	13.99	14.21	14.86	14.86	14.21	13.99	7.19	7.19

EMISSÃO DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Cálculo do Campo Elétrico de Linhas MAT - Perfil do Campo Eléctrico kV/m à Tensão Máxima

DADOS

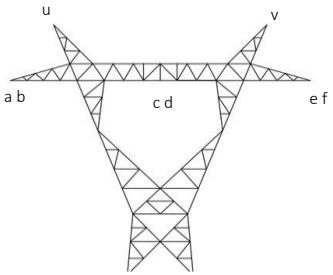
Apoios	Q
Cond. Geminados	Sim
N.º de ternos	1

C. Condutor	ZAMBEZE
Diâmetro CC [mm]	31.80

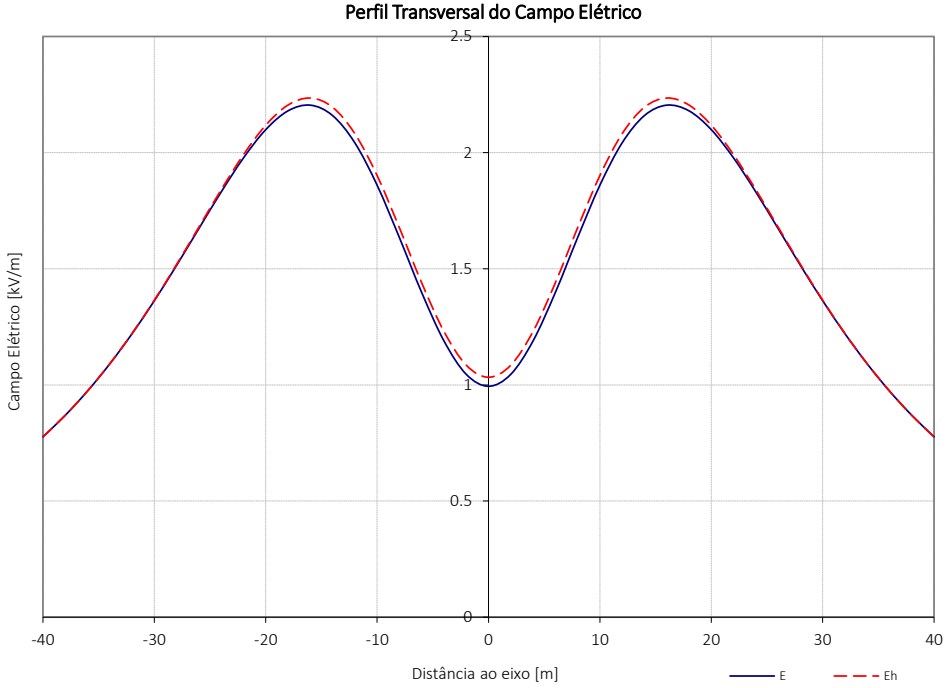
C. Guarda	OPGW
Diâmetro CG [mm]	15.80

Uc [kV]	420.00
Us [kV]	242.49

Geometria dos Cabos [m]			
Cond.	Fase	X	Y
a	0	-12.25	22.53
b	0	-11.85	22.53
c	4	-0.20	22.53
d	4	0.20	22.53
e	8	11.85	22.53
f	8	12.25	22.53
u	-1	-8.57	27.53
v	1	8.57	27.53



xN	E	Eh
-40	0.77	0.77
-38	0.85	0.85
-36	0.95	0.95
-34	1.05	1.05
-32	1.16	1.16
-30	1.28	1.28
-28	1.40	1.40
-26	1.52	1.52
-24	1.63	1.64
-22	1.74	1.75
-20	1.81	1.83
-18	1.86	1.88
-16	1.85	1.88
-14	1.80	1.82
-12	1.69	1.72
-10	1.53	1.56
-8	1.34	1.37
-6	1.13	1.17
-4	0.94	0.97
-2	0.79	0.82
0	**0.73**	**0.76**
2	0.79	0.82
4	0.94	0.97
6	1.13	1.17
8	1.34	1.37
10	1.53	1.56
12	1.69	1.72
14	1.80	1.82
16	1.85	1.88
18	1.86	1.88
20	1.81	1.83
22	1.74	1.75
24	1.63	1.64
26	1.52	1.52
28	1.40	1.40
30	1.28	1.28
32	1.16	1.16
34	1.05	1.05
36	0.95	0.95
38	0.85	0.85
40	0.77	0.77



Cond.	a	b	c	d	e	f	u	v
Emáx. [kV/cm]	14.69	14.92	15.61	15.61	14.92	14.69	7.54	7.54

ANEXO A.10

Indução Magnética

Cálculo do Campo Magnético a uma distância h do solo
Perfil Transversal do Campo Magnético µT

CABO DE GUARDA LIGADO À TERRA

DADOS

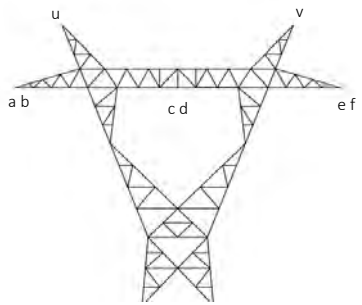
Apoios	Q
Cond. Geminados	Sim
N.º de ternos	1

C. Condutor	ZAMBEZE
Diâmetro CC [mm]	31.80

C. Guarda	OPGW
Diâmetro CG [mm]	15.80

U_c [kV]	400.00
I [A]	1339.00

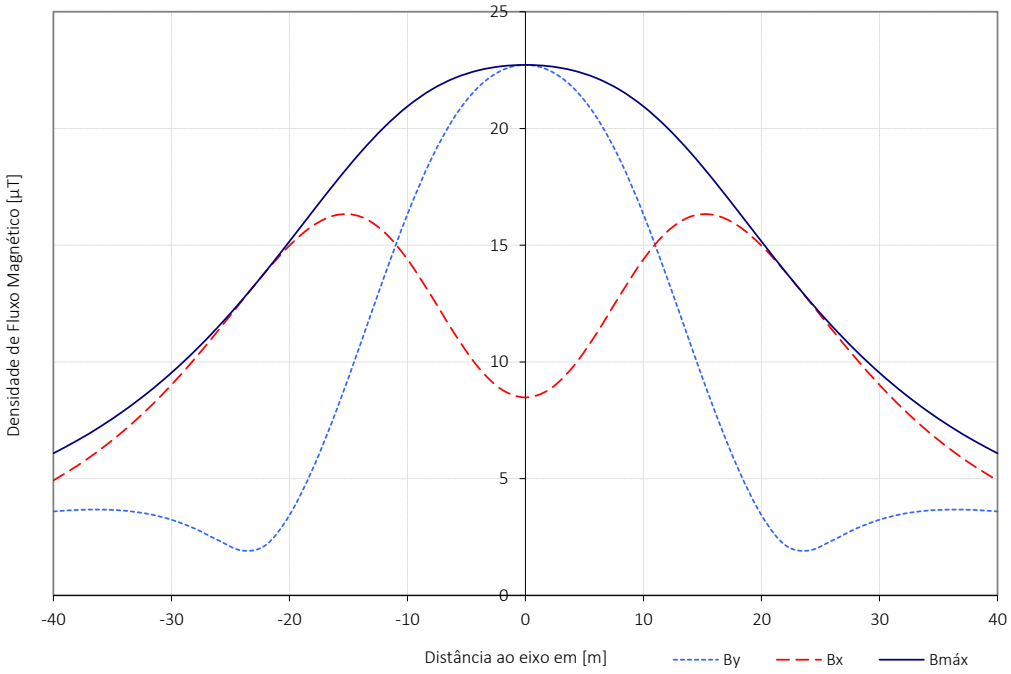
Geometria dos Cabos [m]			
Cond.	Fase	X	Y
a	0	-12.25	22.53
b	0	-11.85	22.53
c	4	-0.20	22.53
d	4	0.20	22.53
e	8	11.85	22.53
f	8	12.25	22.53
u	-1	-8.57	27.53
v	1	8.57	27.53



	h= 1.8 [m]		
xN	Bmáx	Bx	By
-40	5.79	4.96	3.02
-38	6.27	5.53	3.00
-36	6.82	6.18	2.93
-34	7.41	6.90	2.80
-32	8.08	7.69	2.58
-30	8.80	8.56	2.27
-28	9.60	9.48	1.88
-26	10.46	10.44	1.53
-24	11.39	11.39	1.61
-22	12.37	12.27	2.44
-20	13.38	13.02	3.84
-18	14.40	13.53	5.62
-16	15.39	13.71	7.67
-14	16.33	13.50	9.89
-12	17.17	12.87	12.13
-10	17.89	11.85	14.24
-8	18.48	10.54	16.08
-6	18.91	9.13	17.55
-4	19.21	7.82	18.61
-2	19.38	6.87	19.23
0	**19.44**	**6.52**	**19.44**
2	19.38	6.87	19.23
4	19.21	7.82	18.61
6	18.91	9.13	17.55
8	18.48	10.54	16.08
10	17.89	11.85	14.24
12	17.17	12.87	12.13
14	16.33	13.50	9.89
16	15.39	13.71	7.67
18	14.40	13.53	5.62
20	13.38	13.02	3.84
22	12.37	12.27	2.44
24	11.39	11.39	1.61
26	10.46	10.44	1.53
28	9.60	9.48	1.88
30	8.80	8.56	2.27
32	8.08	7.69	2.58
34	7.41	6.90	2.80
36	6.82	6.18	2.93
38	6.27	5.53	3.00
40	5.79	4.96	3.02

Distância ao solo **h= 1.8 [m]**

Perfil Transversal da Densidade de Fluxo Magnético B



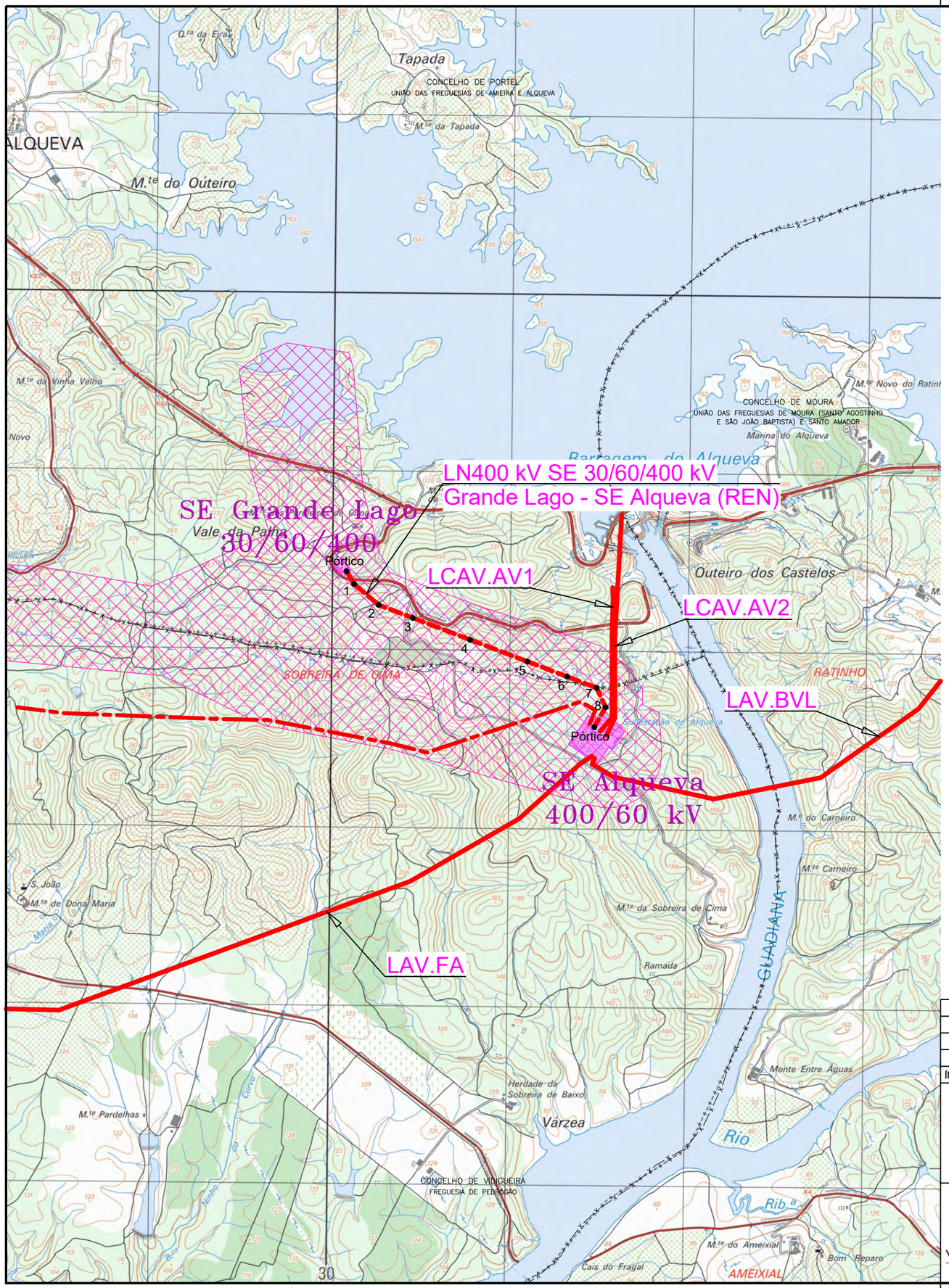
VALUE ELEMENT ENGINEERING

SOLUTIONS

PEÇAS DESENHADAS

Linha 400 kV Subestação (SE) Grande Lago – Subestação (SE) Alqueva (REN)

edp Renewables



SISTEMA DE REFERÊNCIA – PT-TM06/ETRS89
DATUM ALTIMÉTRICO – CASCAIS

LINHAS DE 400kV

LCAV.AV1 – Linha CENTRAL ALQUEVA – ALQUEVA 1

LCAV.AV2 – Linha CENTRAL ALQUEVA – ALQUEVA 2

LAV.FA – Linha ALQUEVA – FERREIRA DO ALENTEJO

LAV.BVL – Linha ALQUEVA – BROVALES

LEGENDA:

TENSÕES
- 400 kV
- 220 kV
- 150 kV

TRAÇADO DAS LINHAS:

- Linha 400 kV SE 30/60/400 kV Grande Lago – SE Alqueva (REN)
- Corredor Base para estudo da implantação das infraestruturas da RNT.
- Subestações
- Linha AV-DVR 1/2 a 400 kV (em reformulação)

					PROJ.	23/05/2025	J.Martins
					LEV. TOP.	09/05/2025	S.Leitão
					DES.	23/05/2025	F.Brito
A	Atualização de Sinalização para Avifauna	04/06/2025	J.Martins	M.Pereira	VERIF.	23/05/2025	M.Pereira
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA

edp Renewables

VALUE ELEMENT ENGINEERING SOLUTIONS

FORMATO A3

OUTPUT 1x1

ESCALA 1:25000

LINHA A 400 kV

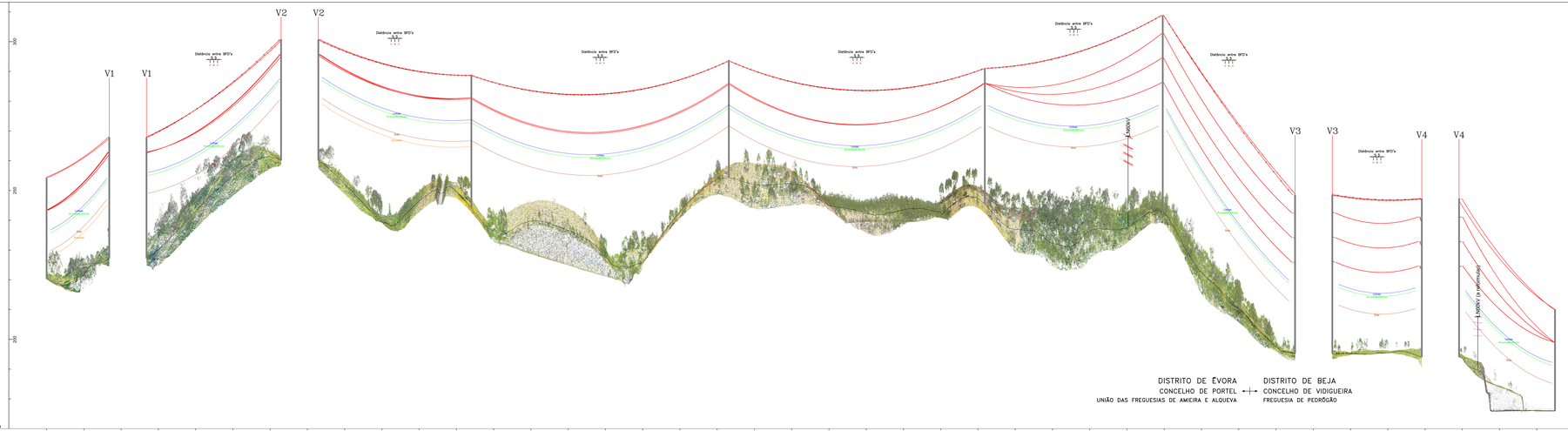
LN400 kV SE 30/60/400 kV Grande Lago - SE Alqueva (REN)

PLANTA DE LOCALIZAÇÃO

PROJETO

Freguesias: União das Freguesias de Amieira e Alqueva e Pedrógão — Concelhos: Portel e Vidigueira

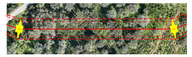
SUBSTITUI	CÓDIGOS DE OBRA		Nº DESENHO		ÍNDICE
	.	.	1	P22.018.06.04.PP-001-01	A



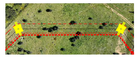
PLANO DE REFERENCIA: 170 m

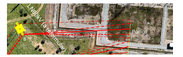
	M=54187.72 P=-552423.51	M=54230.15 P=-553469.65	M=54367.30 P=-553613.77	M=54559.34 P=-553696.23	M=54882.18 P=-553909.15	M=55203.34 P=-553921.38	M=55426.43 P=-554019.34	M=55592.38 P=-554079.01	M=55642.81 P=-554198.54	M=55578.80 P=-554300.32
Distância da Estação à Origem (m)	0.00	84.09	264.72	470.10	815.64	1159.18	1397.99	1575.56	1695.68	1824.41
Cota do Terreno no Apoio (m)	220.34	227.24	260.12	344.36	264.28	245.44	242.69	156.37	194.07	175.95
Número do apoio	Pórtico	1	2	3	4	5	6	7	8	Pórtico
Tipo de Apoio	PAL4	QT4	QT4	QS5	QS4	QT5	DLT7	DLT3	DLT3	PAL4
Tipo de Equipamento	4D4HDM150P5	4D4HDM150N5	4D4HDM150N5	4D4HZM150L5-4D4HZM150QS	4D4HZM150L5/4D4HZM150QS	4D4HDM150N5	4D4HDM150N5	4D4HDM150N5	4D4HDM150N5	4D4HDM150N5
Alturas Util/Total do Apoio (m)	23.00/34.00	35.60/40.60	35.60/40.60	36.43/44.55	31.43/39.55	40.60/45.60	43.57/66.17	30.57/53.17	30.57/53.17	23.00/34.00
Vãos Horizontais (m)	84.09		180.63	205.38	345.54	343.54	238.81	177.57	120.12	128.73
Distância do Apoio à Origem (m)	0.00	84.09	264.72	470.10	815.64	1159.18	1397.99	1575.56	1695.68	1824.41











CONDUTORES: 2 x ACSR 595 (ZAMBEZE)

CABOS DE GUARDA: ACSR 153 (DORKING) + OPGW

DISPOSIÇÃO DAS FASES :

Vista da SE Grande Lago



APOIOS: Nº1 a Nº8

VÉRTICES: Apoios Nº1, Nº2, Nº7 e Nº8

DISTRITO: ÉVORA e BEJA

CONCELHOS: PORTEL e VIDIGUEIRA

FREGUESIAS: UNIÃO DAS FREGUESIAS DE AMEIRA E ALQUEVA e PEDRÓGÃO



NOVO	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO
A	Alteração de Simbologia para Artwork	04/06/2020	J.Martins	M.Ferreira

PROJ.	09/06/2020	J.Martins
DES. TOPO		M.Ferreira
DES.	09/06/2020	V.Brito
VERIF.	09/06/2020	M.Ferreira
DATA		M.MIRA

edp Gestão da Rede

LINHA A 400kV

LN400 kV SE 30/60/400 kV Grande Lago - SE Alqueva (REN)

PERFIL E PLANTA PARCELAR

PROJETO

Freguesias: União das Freguesias de Ameira e Alqueva e Pedrógão — Concelhos: Portel e Vidigueira

FORMATO	SUBSTITUI	CÓDIGO DE OBRA		Nº DESENHO	ESCALA
A0+A1				1	P22.018.06.04.PP-002-01	A

VALE DUPEIT ENGINEERING

ESCALA: V=1/500 H=1/2000

OUTPUT: 1:2

P22.018.06.04.PP-002-01.dwg

ENTIDADE ELABORADORA: VALE DUPEIT ENGINEERING

CONCELHO DE PORTEL
UNIÃO DAS FREGUESIAS DE AMIEIRA E ALQUEVA

SE 30/60/400 kV Alqueva

P1
P2
P3
P4
P5
P6
P7

230
1
21K
18
19G
20H
41E
24
22L

CONCELHO DE VIDIGUEIRA
FREGUESIA DE PEDROGÃO

SE 400/60 kV Alqueva

SISTEMA DE REFERÊNCIA - ETRS89 - PT-TM06
DATUM ALTIMÉTRICO - CASCAIS

LEGENDA:

- Linha 400 kV SE 30/60/400 kV Grande Lago - SE Alqueva (REN)
- Faixa de 45m
- Corredor de estudo das linhas elétricas
- Área de estudo do fotovoltaico flutuante
- Corredores de estudo das linhas eléctricas
- DGT vértice geodésico
- DGT vértice geodésico zona protecção
- Domínio público hídrico
- Estrelas de pontaria
- Linhas de água REN
- Linhas de água cartografia militar
- Linhas eléctricas existentes
- Património
- POAAP limite 500m
- POAAP zona protecção albufeira 30m
- POAAP zona reservada 50m
- POAAP zonas de protecção - áreas agrícolas e áreas florestais
- POAAP zonas de protecção - áreas agrícolas e áreas florestais + áreas com vocação turística
- POAAP zonas de protecção - áreas de conservação ecológica + áreas com vocação turística
- Rede viária faixa non aedificandi
- REN corredor projecto linha 400kV

Poste Tipo Q

Poste Tipo DL

					PROJ.	23/05/2025	J.Martins
					LEV. TOP.	09/05/2025	S.Leitão
					DES.	23/05/2025	F.Brito
A	Atualização de Sinalização para Avifauna	04/06/2025	J.Martins	M.Pereira	VERIF.	23/05/2025	M.Pereira
INDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA

edp Renewables

FORMATO A1

OUTPUT 1x1

ESCALA 1:2500

LINHA A 400 kV

LN400 kV SE 30/60/400 kV Grande Lago - SE Alqueva (REN)

CONDICIONANTES AMBIENTAIS

PROJETO

Freguesias: União das Freguesias de Amieira e Alqueva e Pedrógão — Concelhos: Portel e Vidigueira

VALUE ELEMENT ENGINEERING SOLUTIONS

SUBSTITUI	CÓDIGOS DE OBRA		Nº DESENHO		ÍNDICE
	.	.	1	P22.018.06.04.PP-003-01	A

SE 30/60/400 kV Alqueva

CONCELHO DE PORTEL
UNIÃO DAS FREGUESIAS DE AMIEIRA E ALQUEVA

P1
P2
P3
P4
P5
P6
P7
P8

Portel

Pedrógão

SE 400/60 kV Alqueva

CONCELHO DE VIDIGUEIRA
FREGUESIA DE PEDRÓGÃO

LEGENDA:

- Linha 400 kV SE 30/60/400 kV Grande Lago - SE Alqueva (REN)
- Faixa de 45m
- Corredor de estudo das linhas elétricas

Poste Tipo Q

Poste Tipo DL

SISTEMA DE REFERÊNCIA – ETRS89/TM06
DATUM ALTIMÉTRICO – CASCAIS

INDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO
A	Atualização de Sinalização para Avifauna	04/06/2025	J.Martins	M.Pereira

PROJ.	23/05/2025	J.Martins
LEV. TOP.	09/05/2025	S.Leitão
DES.	23/05/2025	F.Brito
VERIF.	23/05/2025	M.Pereira
	DATA	RUBRICA

edp Renewables

FORMATO A1

OUTPUT 1x1

ESCALA 1:2500

VALUE ELEMENT ENGINEERING SOLUTIONS

SUBSTITUI

LINHA A 400 kV

LN400 kV SE 30/60/400 kV Grande Lago - SE Alqueva (REN)

PLANTA DE ORTOFOTOMAPA

PROJETO

Freguesias: União das Freguesias de Amieira e Alqueva e Pedrógão — Concelhos: Portel e Vidigueira

CÓDIGOS DE OBRA		Nº DESENHO		ÍNDICE
.	.	1	P22.018.06.04.PP-004-01	A

SE 30/60/400 kV Alqueva

CONCELHO DE PORTEL
UNIÃO DAS FREGUESIAS DE AMIEIRA E ALQUEVA

P1
P2
P3
P4
P5
P6
P7
P8

SOBREIRA DE CIMA
303.03

CONCELHO DE VIDIGUEIRA
FREGUESIA DE PEDRÓGÃO

SE 400/60 kV Alqueva

LEGENDA:

- Linha 400 kV SE 30/60/400 kV Grande Lago - SE Alqueva (REN)
- Faixa de 45m
- Corredor de estudo das linhas elétricas
- Linhas a 400kV
- Linha AV-DVR 1/2 a 400 kV (em reformulação)
- Linhas a 60kV
- Linhas a 30kV
- Marco geodésico
- Ligações entre marcos geodésicos

Poste Tipo Q

Poste Tipo DL

SISTEMA DE REFERÊNCIA – ETRS89/TM06
DATUM ALTIMÉTRICO – CAScais

INDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO
A	Atualização de Sinalização para Avifauna	04/06/2025	J.Martins	M.Pereira

PROJ.	23/05/2025	J.Martins
LEV. TOP.	09/05/2025	S.Leitão
DES.	23/05/2025	F.Brito
VERIF.	23/05/2025	M.Pereira
DATA		RUBRICA

edp Renewables

FORMATO A1

OUTPUT 1x1

ESCALA 1:2500

VALUE ELEMENT ENGINEERING SOLUTIONS

LINHA A 400 kV

LN400 kV SE 30/60/400 kV Grande Lago - SE Alqueva (REN)

CONDICIONANTES TÉCNICAS

PROJETO

Freguesias: União das Freguesias de Amieira e Alqueva e Pedrógão — Concelhos: Portel e Vidigueira

SUBSTITUI	CÓDIGOS DE OBRA		Nº DESENHO	INDICE
	.	.	1 P22.018.06.04.PP-005-01	A

VALUE ELEMENT ENGINEERING

SOLUTIONS

M Rua do Multipark 1, N.º 79,
4595-542 Seroa – Paços de Ferreira

E geral@valueelement.pt

T +351 255 871 022

W www.valueelement.pt

in value-element-engineering-solutions