



AURORA
LITHIUM



AURORA LITHIUM, S.A.

UNIDADE INDUSTRIAL DE CONVERSÃO DE LÍTIO

PROJETO DE EXECUÇÃO DIMENSIONAMENTO DA PARTE ELÉTRICA SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Porto, 22 de dezembro de 2023





REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	Elaborado	Verificado	Aprovado
00	22/12/2023	Emissão inicial	GMF	MMS	TSP

	Nome	Assinatura	Data
Elaborado por:	Gustavo Freitas		22/12/2023
Verificado por:	Márcio Sousa		22/12/2023
Aprovado por:	Tiago Pereira		22/12/2023

AURORA LITHIUM, S.A.

UNIDADE INDUSTRIAL DE CONVERSÃO DE LÍTIO

**PROJETO DE EXECUÇÃO
DIMENSIONAMENTO DA PARTE ELÉTRICA
SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS**

ÍNDICE GERAL

1	INTRODUÇÃO	3
2	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	3
3	ANÁLISE DE RISCO	3
3.1	ÍNDICES DE PROTEÇÃO	5
3.2	ANÁLISE INICIAL DA INSTALAÇÃO	5
4	METODOLOGIA DE ESTUDO	9
4.1	SISTEMA DE PROTEÇÃO ASSEGURADA PELO PARA-RAIOS IONIZANTE.....	9
5	SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS PARA A SUBESTAÇÃO DA UNIDADE DE CONVERSÃO DE LÍTIO	10
5.1	PROTEÇÃO ASSEGURADA PELO PARA-RAIOS IONIZANTE	10
5.2	PROTEÇÃO ASSEGURADA PELO PARA-RAIOS IONIZANTE	11
6	CONCLUSÃO	12
	ANEXO I – ANÁLISE DE RISCO (SEM SISTEMA SPD COORDENADO)	14
	ANEXO II – ANÁLISE DE RISCO (COM SISTEMA SPD COORDENADO NÍVEL I)	15

AURORA LITHIUM, S.A.

UNIDADE INDUSTRIAL DE CONVERSÃO DE LÍTIU

PROJETO DE EXECUÇÃO DIMENSIONAMENTO DA PARTE ELÉTRICA SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

1 INTRODUÇÃO

O presente documento tem como objetivo demonstrar o cálculo do Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA) da Subestação 60/6,6 kV da Unidade de Conversão de Lítio.

A metodologia de estudo seguida baseou-se na norma internacional *IEC 62305* (“Protection against lightning”). Para verificação das zonas protegidas contra descargas atmosféricas diretas utilizou-se o Modelo Eletrogeométrico, também conhecido por Método da Esfera Rolante.

Com o presente estudo, pretender-se-á garantir que o edifício e os equipamentos existentes na Subestação 60/6,6 kV da Unidade de Conversão de Lítio, estarão protegidos contra eventuais descargas atmosféricas diretas.

2 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Para a elaboração do presente documento teve-se em consideração as seguintes normas e documentos:

- *IEC 62305:2010* – “Protection against lightning”;
- *IEEE Std 998-2012* – “IEEE Guide for Direct Lightning Stroke Shielding of Substations”;
- Peça desenhada nº T2023-594-01-EX-ELE-00-206 – Sistema de Proteção Contra Descargas.

3 ANÁLISE DE RISCO

A análise de risco calcula a necessidade de proteção contra descargas atmosféricas em edifícios, bem como o nível de proteção a adotar segundo as indicações normativas da NP4426:2013 e a IEC62305-2.

A média anual (N) de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas que possam influenciar o objeto/edifício a ser protegido depende da atividade de descargas atmosféricas na região onde o objeto/edifício está localizado e das suas características físicas. Para calcular a média anual (N), é geralmente aceitável multiplicar a densidade de descargas no solo (Ng), pela superfície equivalente do objeto/edifício, tendo em conta os fatores de correção das suas características físicas. A densidade de descargas no

solo é o número de descargas atmosféricas por quilómetro quadrado por ano (descargas/km²/ano). Este valor está disponível nas redes de deteção de descargas atmosféricas existentes nas várias zonas do mundo.

Em comparação com o resto da Europa, cuja densidade média de descargas atmosféricas apresenta-se entre 0,1 e 64 descargas/km²/ano, Portugal apresenta valores baixos de densidade de descargas atmosféricas, sendo a probabilidade de ocorrência das mesmas baixa. Analisando a Figura 1, verifica-se que a densidade média de descargas atmosféricas no local da instalação da subestação não será superior a 0,5 descargas/km²/ano, um valor baixo dentro dos padrões europeus.



Figura 1 - Mapa da densidade média anual de descargas atmosféricas por km² de Sines, Portugal

Prevê-se a existência de Descarregadores de Sobretensões nos edifícios da subestação e no pórtico da linha de chegada, sendo que estes limitarão a propagação de sobretensões ao longo da instalação.

Relativamente à segurança de pessoas dentro da subestação, de acordo com as regras de segurança definidas pelo cliente, em caso de alterações atmosféricas, os trabalhadores devem obrigatoriamente deslocarem-se para zonas seguras ou instalações protegidas.

Para além do valor de densidade média de descargas atmosféricas, são ainda tidos em conta para a análise de risco parâmetros como:

- Localização geográfica das estruturas;
- Tipo de estrutura a proteger e as suas dimensões;
- Risco de incêndio;

- Tipo de atividade da mesma;
- Índice de ocupação;
- Risco de perdas de vida humana;
- Risco de perdas económicas;
- Tipo de equipamentos que se encontram no interior do edifício;
- Importância de continuidade de serviço.

3.1 ÍNDICES DE PROTEÇÃO

Os níveis de proteção são definidos de acordo com as normas IEC 62305-2 e NP4426:2013.

Tabela 1 – Níveis de proteção e sua eficácia

NÍVEIS DE PROTEÇÃO	RISCO DE IMPACTO	NÍVEL DE EFICÁCIA
I	Muito Elevado	98%
II	Elevado	95%
III	Moderado	90%
IV	Reduzido	80%

3.2 ANÁLISE INICIAL DA INSTALAÇÃO

A análise de risco foi realizada para a estrutura do edifício de comando.

Assim, para avaliar se as instalações necessitam de um SPDA, foi necessário identificar quais os tipos de perdas relevantes relativos à estrutura a ser protegida, neste caso, o Edifício de Comando, à luz das normas IEC 62305 e NP4426:

- Perda de vida humana (L₁);
- Perda de serviço público (L₂);
- Perda de património cultural (L₃);
- Perdas de valor económico (L₄).

Das perdas apresentadas, foram identificadas como relevantes as perdas L1, L2 e L4, perdas para as quais será necessário determinar o risco associado a cada uma, de acordo com o diagrama da Figura 2.

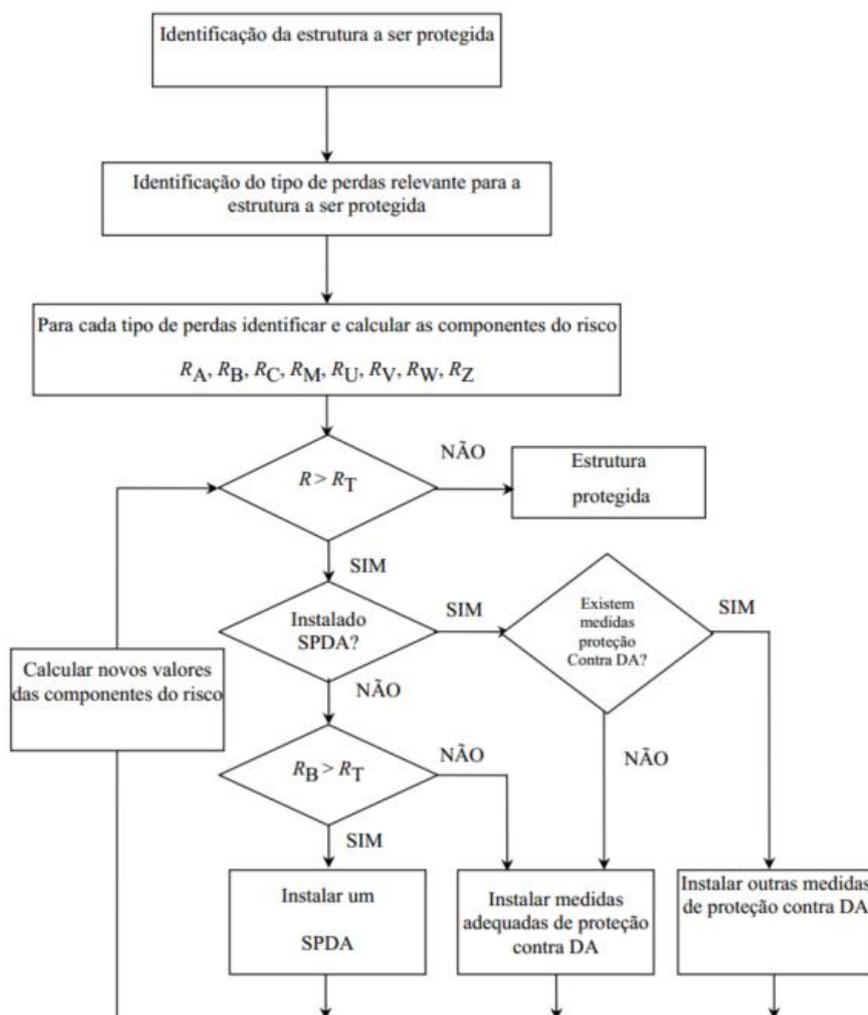


Figura 2 – Diagrama do procedimento de seleção de medidas de proteção em estruturas

Assim, foi realizada uma análise de risco de acordo com os dados de entrada presentes na Tabela 2 e da Tabela 3. O processo de cálculo seguido encontra-se descrito no Anexo I.

Tabela 2 – Características ambientais

Localização	Sines, Portugal
Densidade de descargas no solo (descargas/km ² /ano)	0,5
Comprimento (m)	32,0
Largura (m)	17,0
Altura (m)	7,0
Localização da estrutura	Rodeado por estruturas ou árvores da mesma altura ou mais baixas
Formato da estrutura	Retangular
Medidas preventivas (Tensões de passo ou de contacto)	Sem medidas preventivas
Tipo de solo/superfície	Agricultura ou cimento
Número de pessoas na zona	2
Número de pessoas em toda a estrutura	2
Número de horas/ano de presença na estrutura (h/ano)	384
Proteção antifogo	Extintores, instalações de extinção fixas ligadas manualmente, boca de incêndio, compartimentos estanques, vias de evacuação
Risco de incêndio da estrutura	Normal (Incêndio)
Serviços de abastecimento	Gás, água ou eletricidade
Presença de animais	Não

Tabela 3 – Características da estrutura

Comprimento da linha (m)	4700
Instalação da linha	Aérea
Tipo de linha	Alta Tensão (com transformador AT/BT)
Envoltente ambiental da linha	Rural
Tipo de linha externa	Aérea/subterrânea não blindada
Tipo de entrada da linha	Blindagem não ligada ao mesmo barramento que o equipamento
Tipo de cablagem interna	Cabos não blindados – não existe precaução na trajetória a fim de evitar anéis (50 m ²)
Tensão suportável dos sistemas internos (kV)	1,5
Resistência da blindagem do cabo	Sem blindagem ou linha não ligada ao mesmo barramento dos equipamentos
Tipo de linha (Elétrica/Telecomunicações)	Elétrica

Com base nos dados de entrada descritos na Tabela 4, a análise realizada para a subestação com um sistema de proteção contra descargas atmosféricas permitiu concluir que está coberto o risco contra perdas de vidas humanas (L1), a proteção da estrutura contra a perda de serviço público (L2) e contra a perda de valor económico (L4), tendo sido considerado um Nível de Proteção I. Na Tabela 5 são apresentados os resultados finais da análise de risco para a subestação.

Tabela 4 -Resultados finais da análise de risco

Tipos de Perdas	Tipo de Risco	Protegido?
Perdas de Vidas Humanas (L ₁)	Risco de perda de vida humana (R ₁)	Não Protegido
Perdas de Serviço Público (L ₂)	Risco de perda de serviço para o público (R ₂)	Protegido
Perdas de Património Cultural (L ₃)	Risco de perda de património cultural (R ₃)	Só aplicável para património cultural
Perdas de Valor Económico (L ₄)	Risco de perda de valor económico (R ₄)	Protegido

Verifica-se através da análise de risco que o sistema não se encontra devidamente protegido pelo que é necessário utilizar medidas de proteção adicionais. Em seguida é considerado o sistema de proteção contra descargas atmosféricas nível I.

A análise realizada para a subestação com um sistema de proteção contra descargas atmosféricas nível I permitiu concluir que está coberto o risco contra perdas de vidas humanas (L1), a proteção da estrutura contra a perda de serviço público (L2) e contra a perda de valor económico (L4), tendo sido considerado um Nível de Proteção I. Na Tabela 5 são apresentados os resultados finais da análise de risco para a subestação.

Tabela 5 -Resultados finais da análise de risco

Tipos de Perdas	Tipo de Risco	Protegido?
Perdas de Vidas Humanas (L ₁)	Risco de perda de vida humana (R ₁)	Protegido

Tipos de Perdas	Tipo de Risco	Protegido?
Perdas de Serviço Público (L_2)	Risco de perda de serviço para o público (R_2)	Protegido
Perdas de Património Cultural (L_3)	Risco de perda de património cultural (R_3)	Só aplicável para património cultural
Perdas de Valor Económico (L_4)	Risco de perda de valor económico (R_4)	Protegido

Tendo em conta as características da instalação, a análise de risco efetuada determinou a necessidade de aplicação de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas, devendo ser adotado o **nível I**, como nível mínimo de proteção para a estrutura. Este nível confere ao sistema uma eficiência de 98%. Com vista a garantir este nível de proteção deve ainda ser revista a instalação de proteção contra sobretensões por forma a garantir a coordenação de isolamento para instalações elétricas.

4 METODOLOGIA DE ESTUDO

De entre os vários métodos existentes para o estudo de avaliação de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, optou-se por utilizar o método da esfera rodante, sendo este o método mais recorrente para este tipo de instalações.

4.1 SISTEMA DE PROTEÇÃO ASSEGURADA PELO PARA-RAIOS IONIZANTE

A proteção contra descargas atmosféricas diretas será garantida por meio de um para-raios ionizante não radioativo com um tempo de emissão precoce de raios de 60 μ s, de acordo com a norma NP 4426: 2003, ligado à rede de terras da subestação.

De acordo com a norma NP 4426, o raio de proteção proporcionado pelos terminais aéreos Early Streamer Emission é calculado de acordo com as fórmulas seguintes:

$$R_p(h) = \sqrt{2rh - h^2 + \Delta(2r + \Delta)} \quad \text{para } h \geq 5m$$

$$R_p = h \times R_p(5)/5 \quad \text{para } 2m \leq h \leq 5m$$

$$\Delta = \Delta T \times 10^6 \text{ (m)}$$

Onde:

- $R_p(h)$ é o raio de proteção pra um objeto a uma altura de h (m);
- h é a diferença de altura entre o terminal aéreo e o objeto a proteger (m);

- ΔT é o tempo de emissão precoce de descargas (μs);
- r é o raio da esfera fictícia dependente no nível de proteção contra descargas (m):
 - $r = 20 m$ para o LPL de I;
 - $r = 30 m$ para o LPL de II;
 - $r = 45 m$ para o LPL de III;
 - $r = 60 m$ para o LPL de IV.

Assim, o Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) recomendado para a subestação proporcionará um raio de proteção de 41 m para a altura de 2,6 m de acordo com o Nível de Proteção Contra nível I definido pela norma NP 4426. O raio de proteção garantido pelo LPL pode ser consultado no desenho nº T2023-594-01-EX-ELE-00-206.

Deve ser utilizado o sistema de proteção da marca INFOCONTROL ou equivalente.

5 SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS PARA A SUBESTAÇÃO DA UNIDADE DE CONVERSÃO DE LÍTIO

A proteção da Subestação da Unidade de Conversão de Lítio contra descargas atmosféricas diretas será assegurada, por intermédio de um sistema composto por um para-raios ionizante num apoio de suporte construído para esse efeito.

O sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) proposto é apresentado na peça desenhada nº T2023-594-01-EX-ELE-00-206.

De modo a verificar se, tanto os equipamentos, como o edifício da Subestação se encontraram protegidos pelo SPDA proposto, procedeu-se às verificações efetuadas no ponto 5.2.

5.1 PROTEÇÃO ASSEGURADA PELO PARA-RAIOS IONIZANTE

O Sistema de Proteção contra o Raio (SPR) será constituído por para-raios, do tipo IONIFLASH MACH 60 (referência 1001C INFOCONTROL ou equivalente), com um tempo de Emissão Antecipada de Feixe de 60 μs de acordo com a norma NP4426:2013.

Os terminais de ar do ESE serão fabricados em aço inoxidável (referência 316L INFOCONTROL ou equivalente) para garantir uma elevada resistência à corrosão. Para garantir características superiores de fiabilidade e durabilidade, serão isentos de elementos eletrónicos e o seu princípio de funcionamento será baseado em tecnologia de tipo dielétrico.

O terminal aéreo ESE será instalado em mastros de extensão com uma altura total de 2 metros (referência 1003D_316L + 1003A_316L + 1003B_316L INFOCONTROL ou equivalente), de modo a garantir o raio de proteção representado no desenho n. T2023-

594-01-EX-ELE-00-206. Deve ser confirmado que este conjunto de mastro para terminal aéreo será instalado a pelo menos 2,6 metros acima de qualquer outra estrutura a ser protegida, neste caso será o Edifício de Comando. O mastro será fixado a uma fundação de betão através de um tripé (referência 1008D_316L + 1004B INFOCONTROL ou equivalente) totalmente em aço inox, com os respetivos casquilhos e parafusos, e interligado com os condutores de descida através de uma abraçadeira (referência 1003M_316L ou equivalente) em aço inox, colocada por baixo do terminal aéreo.

5.2 PROTEÇÃO ASSEGURADA PELO PARA-RAIOS IONIZANTE

Para verificação da envolvente de proteção assegurada pelo para-raios ionizante, com 2,6 metros de comprimento e a ponta da haste a 12,6m do solo, considerando o nível de proteção I e, conseqüentemente, um raio de 41 m para esfera rodante fictícia, de acordo com o Anexo III.

A disposição do prumo do condutor de descarga deve ser tão reta quanto possível, evitando tanto quanto possíveis ângulos agudos ou curvas entre o terminal de ar e as ligações de terra previstas.

A prumada num condutor plano 30x2mm (referência 3003A INFOCONTROL ou equivalente) será feita de cobre revestido com uma camada de estanho.

A estrutura metálica dos mastros será utilizada como condutor de descida natural, uma vez que se encontra ligada eletricamente ao sistema de ligação à terra do para-raios, cumprindo assim as recomendações da NP4426.

Será instalado um contador mecânico de descargas (referência 2021B INFOCONTROL ou equivalente), que permitirá o registo do número de descargas atmosféricas, com uma corrente mínima de deteção de 1kA (na onda 8/20µs). Este equipamento tem uma elevada resistência mecânica IK08 e um IP66.

Na figura seguinte apresenta-se a envolvente de proteção pelo para-raios ionizante.

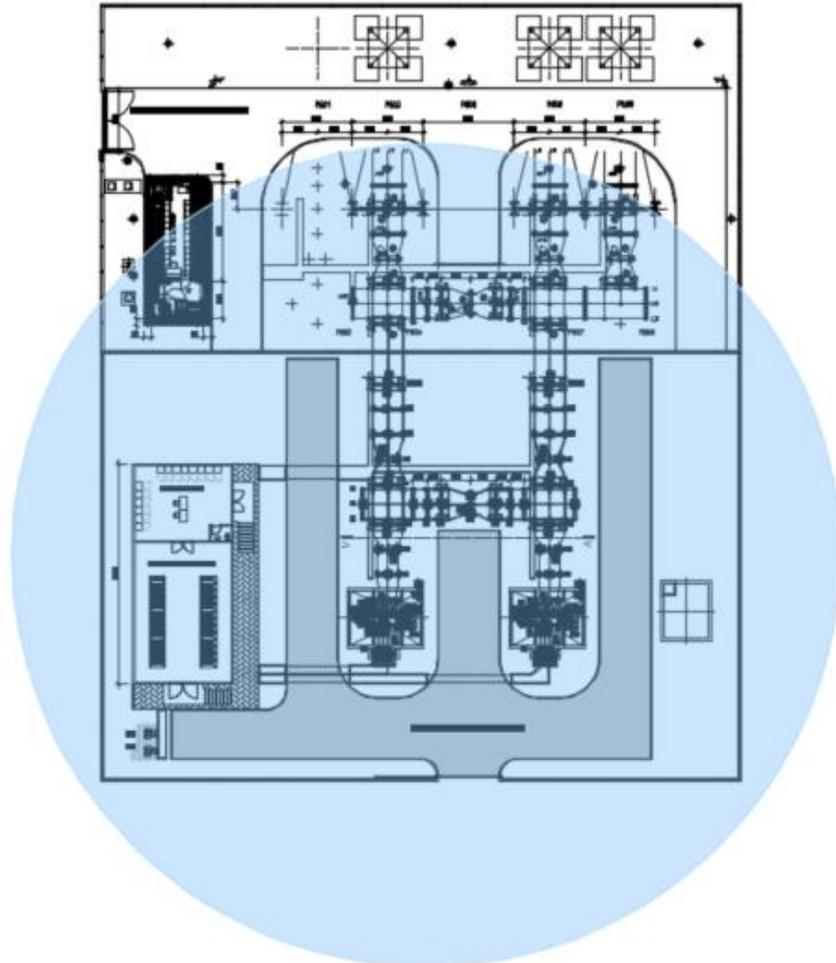


Figura 3 - Proteção contra descargas atmosféricas diretas assegurada pelo para-raios ionizante

Através das Figura 3 - Proteção contra descargas atmosféricas diretas assegurada pelo para-raios ionizante conclui-se que, o para-raios ionizante propostos com o presente esquema elaborado para o SPDA, permite proteger na totalidade o parque exterior de aparelhagem.

6 CONCLUSÃO

O estudo apresentado neste documento permitiu definir a localização do sistema de proteção contra descargas atmosféricas diretas a implementar na Subestação da Unidade de Conversão de Lítio, para que o edifício e os equipamentos exteriores se encontrem protegidos.

Desta forma, a proteção das instalações contra descargas atmosféricas na Subestação da Unidade de Conversão de Lítio, será garantida por intermédio de um para-raios ionizante.

Os pormenores do sistema de proteção contra descargas atmosféricas estão de acordo com o desenho T2023-594-01-EX-ELE-00-206.

O SPDA deverá ainda respeitar as recomendações indicadas na norma *IEEE Std 998-2012* e *IEC 62305:2010*, nomeadamente:

- O PDI deverá estar ligado a pelo menos dois condutores de baixada. Idealmente estas deverão estar localizadas em dois alçados diferentes. Todavia, caso não seja possível, as baixadas deverão estar separadas pelo menos *2m*.
- O traçado das baixadas verticais dos condutores de descarga deverá ser o mais retilíneo possível evitando-se o aparecimento de ângulos ou curvas pronunciadas, entre o elemento captor e a ligação à terra prevista;
- Cada condutor de baixada do sistema deverá encontrar-se equipado com um ligador amovível para permitir desligar o sistema de terra e poder-se proceder às medições;
- Em cada baixada deverá estar instalada uma caixa de visita, para execução das várias ligações, nomeadamente, do condutor da baixada, do eletrodo de terra do para-raios e da rede geral de terras da instalação.



AURORA
LITHIUM

T2023-594-01-EX-ELE-MC-001_00
DIMENSIONAMENTO DA PARTE ELÉTRICA
SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

ANEXO I – ANÁLISE DE RISCO (SEM SISTEMA SPD COORDENADO)



AURORA
LITHIUM

T2023-594-01-EX-ELE-MC-001_00
DIMENSIONAMENTO DA PARTE ELÉTRICA
SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

ANEXO II – ANÁLISE DE RISCO (COM SISTEMA SPD COORDENADO NÍVEL I)