



**FACULDADE DE ENGENHARIA**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA  
ENGENHARIA ELÉCTRICA – LABORAL

TRABALHO DE LICENCIATURA

Tema:

Verificação Da Necessidade De Implantação De  
Um Sistema De Protecção Contra As Descargas  
Atmosféricas Para Residência Universitária Número  
08 Da Universidade Eduardo Mondlane – Maputo

**Autor:**

MANUEL, Marcelino Carlitos

**Supervisores:**

**Engº.** Dinis Chissano (Da UEM)

**Mestre em Climatologia:** Isaias Raiva (da INAM- Maputo)

**Técnico Superior:** Ubaldo Pumulem (EDM - DTSU- Maputo)

Maputo, Novembro de 2022



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA  
ENGENHARIA ELÉCTRICA – LABORAL

TRABALHO DE LICENCIATURA

Tema:

**Verificação Da Necessidade De Implantação De Um Sistema De Protecção Contra As Descargas Atmosféricas Para Residência Universitária Número 08 Da Universidade Eduardo Mondlane – Maputo**

**Autor:**

MANUEL, Marcelino Carlitos

**Supervisores:**

**Engº.** Dinis Chissano (Da FENG-UEM)

**Mestre em Climatologia:** Isaias Raiva (da INAM- Maputo)

**Técnico superior:** Ubaldo Pumulem (EDM- DTsul- Maputo)

Maputo, Novembro de 2022



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**  
**F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO**

Nome do estudante: MANUEL, Marcelino Carlitos

Referência do tema: 2022ELTLD65.

Data: 08/08/2022

Título do tema: Verificação Da Necessidade De Implantação De Um Sistema De Protecção Contra As Descargas Atmosféricas Para Residência Universitária Número 08 Da Universidade Eduardo Mondlane – Maputo.

<b>1. Resumo</b>					
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)	1	2	3	4	5
<b>Secção 1 subtotal (max: 5)</b>					

<b>2. Organização (estrutura) e explanação</b>										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Secção 2 subtotal (max: 45)</b>										

<b>3. Argumentação</b>										
3.1. Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2. Rigor	1	2	3	4	5					
3.3. Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4. Relação objectivos/ métodos/ resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5. Relevância	1	2	3	4	5					
<b>Secção 3 subtotal (max: 30)</b>										

<b>4. Apresentação e estilo da escrita</b>					
4.1. Legibilidade e organização	1	2	3	4	5
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5
4.4. Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)	1	2	3	4	5
<b>Secção 4 subtotal (max: 20)</b>					

**Total de pontos (max: 100)**

**Nota (=Total\*0,2)**

Nota: Quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

**O supervisor**



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

**F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA**

Nome do estudante: MANUEL, Marcelino Carlitos

Referência do tema: 2022ELTLD65.

Data: 08/08/2022

Título do tema: Verificação Da Necessidade De Implantação De Um Sistema De Protecção Contra As Descargas Atmosféricas Para Residência Universitária Número 08 Da Universidade Eduardo Mondlane – Maputo

<b>1. Introdução</b>										
1.1. Apresentação dos pontos chaves na introdução (Contexto e importância do trabalho)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Secção 1 subtotal (max: 10)</b>										

<b>2. Organização e explanação</b>										
2.1. Objectivos	1	2	3							
2.3. Metodologia	1	2	3	4						
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8		
<b>Secção 2 subtotal (max: 25)</b>										

<b>3. Estilo da apresentação</b>										
3.1. Uso efectivo do tempo	1	2	3	4	5					
3.2. Clareza, tom, vivacidade e entusiasmo	1	2	3	4	5					
3.3. Uso e qualidade dos audiovisuais	1	2	3	4	5					
<b>Secção 3 subtotal (max: 15)</b>										

<b>4. Defesa</b>										
4.1. Exactidão nas respostas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.2. Domínio dos conceitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.3. Confiança e domínio do trabalho realizado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.4. Domínio do significado e aplicação dos resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.5. Segurança nas intervenções	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Secção 3 subtotal (max: 50)</b>										

<b>Total de pontos (max: 100)</b>		<b>Nota (=Total*0,2)</b>	
-----------------------------------	--	--------------------------	--



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**F3 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL**

Nome do estudante: MANUEL, Marcelino Carlitos

Referência do tema: 2022ELTLD65.

Data: 08 /08/2022

Título do tema: Verificação Da Necessidade De Implantação De Um Sistema De Protecção Contra As Descargas Atmosféricas Para Residência Universitária Número 08 Da Universidade Eduardo Mondlane – Maputo.

<b>Membros do júri</b>	<b>Assinatura</b>
Membro 1 (O presidente)	
Membro 2	
Membro 3	

<b>AVALIADOR</b>	<b>NOTA OBTIDA</b>	<b>PESO (%)</b>
Relatório escrito (F1)	N1=	A= 60
Apresentação e defesa do trabalho (F2)	N2=	B= 40

<b>CLASSIFICAÇÃO FINAL <math>=(N1*A+N2*B)/100</math></b>	
--	--

Maputo, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2022



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**  
**F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO**

Nome do estudante: MANUEL, Marcelino Carlitos

Referência do tema: 2022ELTLD65.

Data: 08/08/2022

Título do tema: Verificação Da Necessidade De Implantação De Um Sistema De Protecção Contra As Descargas Atmosféricas Para Residência Universitária Número 08 Da Universidade Eduardo Mondlane – Maputo.

<b>1. Resumo</b>					
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)	1	2	3	4	5
<b>Secção 1 subtotal (max: 5)</b>					

<b>2. Organização (estrutura) e explanação</b>										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Secção 2 subtotal (max: 45)</b>										

<b>3. Argumentação</b>										
3.1. Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2. Rigor	1	2	3	4	5					
3.3. Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4. Relação objectivos/ métodos/ resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5. Relevância	1	2	3	4	5					
<b>Secção 3 subtotal (max: 30)</b>										

<b>4. Apresentação e estilo da escrita</b>					
4.1. Legibilidade e organização	1	2	3	4	5
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5
4.4. Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)	1	2	3	4	5
<b>Secção 4 subtotal (max: 20)</b>					

**Total de pontos (max: 100)**

**Nota (=Total\*0,2)**

Nota: Quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

**O supervisor**



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

**F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA**

Nome do estudante: MANUEL, Marcelino Carlitos

Referência do tema: 2022ELTLD65.

Data: 08/08/2022

Título do tema: Verificação Da Necessidade De Implantação De Um Sistema De Protecção Contra As Descargas Atmosféricas Para Residência Universitária Número 08 Da Universidade Eduardo Mondlane – Maputo

<b>1. Introdução</b>										
1.1. Apresentação dos pontos chaves na introdução (Contexto e importância do trabalho)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Secção 1 subtotal (max: 10)</b>										

<b>2. Organização e explanação</b>										
2.1. Objectivos	1	2	3							
2.3. Metodologia	1	2	3	4						
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8		
<b>Secção 2 subtotal (max: 25)</b>										

<b>3. Estilo da apresentação</b>										
3. 1. Uso efectivo do tempo	1	2	3	4	5					
3.2. Clareza, tom, vivacidade e entusiasmo	1	2	3	4	5					
3.3. Uso e qualidade dos audiovisuais	1	2	3	4	5					
<b>Secção 3 subtotal (max: 15)</b>										

<b>4. Defesa</b>										
4.1. Exactidão nas respostas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.2. Domínio dos conceitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.3. Confiança e domínio do trabalho realizado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.4. Domínio do significado e aplicação dos resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.5. Segurança nas intervenções	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Secção 3 subtotal (max: 50)</b>										

<b>Total de pontos (max: 100)</b>		<b>Nota (=Total*0,2)</b>	
-----------------------------------	--	--------------------------	--



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**F3 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL**

Nome do estudante: MANUEL, Marcelino Carlitos

Referência do tema: 2022ELTLD65.

Data: 08/08/2022

Título do tema: Verificação Da Necessidade De Implantação De Um Sistema De Protecção Contra As Descargas Atmosféricas Para Residência Universitária Número 08 Da Universidade Eduardo Mondlane – Maputo.

<b>Membros do júri</b>	<b>Assinatura</b>
Membro 1 (O presidente)	
Membro 2	
Membro 3	

<b>AVALIADOR</b>	<b>NOTA OBTIDA</b>	<b>PESO (%)</b>
Relatório escrito (F1)	N1=	A= 60
Apresentação e defesa do trabalho (F2)	N2=	B= 40

<b>CLASSIFICAÇÃO FINAL <math>=(N1*A+N2*B)/100</math></b>	
--	--

Maputo, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2022



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**  
**F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO**

Nome do estudante: MANUEL, Marcelino Carlitos

Referência do tema: 2022ELTLD65.

Data: 08/08/2022

Título do tema: Verificação Da Necessidade De Implantação De Um Sistema De Protecção Contra As Descargas Atmosféricas Para Residência Universitária Número 08 Da Universidade Eduardo Mondlane – Maputo.

<b>1. Resumo</b>					
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)	1	2	3	4	5
<b>Secção 1 subtotal (max: 5)</b>					

<b>2. Organização (estrutura) e explanação</b>										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Secção 2 subtotal (max: 45)</b>										

<b>3. Argumentação</b>										
3.1. Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2. Rigor	1	2	3	4	5					
3.3. Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4. Relação objectivos/ métodos/ resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5. Relevância	1	2	3	4	5					
<b>Secção 3 subtotal (max: 30)</b>										

<b>4. Apresentação e estilo da escrita</b>					
4.1. Legibilidade e organização	1	2	3	4	5
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5
4.4. Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)	1	2	3	4	5
<b>Secção 4 subtotal (max: 20)</b>					

<b>Total de pontos (max: 100)</b>	
-----------------------------------	--

<b>Nota (=Total*0,2)</b>	
--------------------------	--

Nota: Quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

**O supervisor**



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

**F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA**

Nome do estudante: MANUEL, Marcelino Carlitos

Referência do tema: 2022ELTLD65.

Data: 08/08/2022

Título do tema: Verificação Da Necessidade De Implantação De Um Sistema De Protecção Contra As Descargas Atmosféricas Para Residência Universitária Número 08 Da Universidade Eduardo Mondlane – Maputo

<b>1. Introdução</b>										
1.1. Apresentação dos pontos chaves na introdução (Contexto e importância do trabalho)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Secção 1 subtotal (max: 10)</b>										

<b>2. Organização e explanação</b>										
2.1. Objectivos	1	2	3							
2.3. Metodologia	1	2	3	4						
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8		
<b>Secção 2 subtotal (max: 25)</b>										

<b>3. Estilo da apresentação</b>										
3.1. Uso efectivo do tempo	1	2	3	4	5					
3.2. Clareza, tom, vivacidade e entusiasmo	1	2	3	4	5					
3.3. Uso e qualidade dos audiovisuais	1	2	3	4	5					
<b>Secção 3 subtotal (max: 15)</b>										

<b>4. Defesa</b>										
4.1. Exactidão nas respostas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.2. Domínio dos conceitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.3. Confiança e domínio do trabalho realizado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.4. Domínio do significado e aplicação dos resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.5. Segurança nas intervenções	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Secção 3 subtotal (max: 50)</b>										

<b>Total de pontos (max: 100)</b>		<b>Nota (=Total*0,2)</b>	
-----------------------------------	--	--------------------------	--



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**F3 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL**

Nome do estudante: MANUEL, Marcelino Carlitos

Referência do tema: 2022ELTLD65. .

Data: 08/08/2022

Título do tema: Verificação Da Necessidade De Implantação De Um Sistema De Protecção Contra As Descargas Atmosféricas Para Residência Universitária Número 08 Da Universidade Eduardo Mondlane – Maputo.

<b>Membros do júri</b>	<b>Assinatura</b>
Membro 1 (O presidente)	
Membro 2	
Membro 3	

<b>AVALIADOR</b>	<b>NOTA OBTIDA</b>	<b>PESO (%)</b>
Relatório escrito (F1)	N1=	A= 60
Apresentação e defesa do trabalho (F2)	N2=	B= 40

<b>CLASSIFICAÇÃO FINAL <math>=(N1*A+N2*B)/100</math></b>	
--	--

Maputo, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2022



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**  
**CURSO: ENGENHARIA ELÉCTRICA (LABORAL)**

**TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA**

Declaro que o estudante MANUEL, Marcelino Carlitos entregou no dia \_\_\_/11/2022 às 3 cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com referência: 2022ELTLD65.

Intitulado: Verificação Da Necessidade De Implantação De Um Sistema De Protecção Contra As Descargas Atmosféricas Para Residência Universitária Número 08 Da Universidade Eduardo Mondlane – Maputo

Maputo, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2022

A chefe da Secretária

---

(dra. Arlete Cuco Chiconela)

## DECLARAÇÃO DE HONRA

MANUEL, Marcelino Carlitos, estudante do 5º nível do curso de Engenharia Eléctrica na Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, declara, que este trabalho é da sua autoria, sendo fruto dos conhecimentos adquiridos ao longo da sua formação, investigação pessoal e da orientação do supervisor. O conteúdo deste trabalho é original e todos os documentos consultados estão devidamente identificados nas referências bibliográficas.

Maputo, Novembro de 2022

---

(MANUEL, Marcelino Carlitos)

## DEDICATÓRIA

Dedico esta obra à minha família pelo apoio, carinho e educação que recebo durante a minha trajetória estudantil.

Dedico também a todos os meus grandes amigos que fazem parte da minha vida dentro ou fora da universidade.

Dedico à minha namorada de nome Josefa Bernardo Bata que assegura o meu coração, a minha falecida avó Chaçaça N'vundula que ao longo da minha vida até a data da sua morte empenhou-se muito em mim, incansavelmente, pelo meu bem-estar.

Dedico aos meus Pais (Carlitos Manuel Simbe e Ivone José Bissopo), irmãos e demais que durante a minha caminhada estudantil apoiaram-me e não mediram os esforços, até esta etapa da vida.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, por me permitir que concluísse com êxito o presente trabalho de Licenciatura por que na elaboração deste só foi possível com a ajuda e apoio de todos aqueles que estiveram ao meu lado e que me deram força para passar esta etapa da minha vida do ensino superior, que nem sempre foi fácil e linear. Cada pessoa com o seu diferente contributo, desempenhou um importante papel no apoio ao presente trabalho que aqui apresento.

Agradeço ao meu Supervisor (orientador) Eng<sup>o</sup>. Chissano Dinis (Da FENG-UEM), acima de tudo, a confiança e a disponibilidade dinâmica, e as sugestões e correcções que permitiram a sua conclusão. Um muito obrigado à Empresas: Electricidade de Moçambique (EDM-Dtsul-Maputo) e a Instituto de Meteorologia de Moçambique (INAM-Maputo) pela colaboração na busca de informações relativo ao presente projecto, não se esquecendo também de todos docentes que me lecionaram desde a minha carreira estudantil até hoje, pela paciência, disponibilidade e pela documentação facultada.

Agradeço a minha família pelo incondicional apoio e paciência ao longo deste percurso, e um especial agradecimento aos meus pais: Carlitos Manuel Simbe<sup>1</sup> e Ivone<sup>1</sup> José<sup>1</sup> Bissopo<sup>1</sup>; aos avôs: Manuel Simbe<sup>1</sup> Heriques<sup>1</sup>, Chaçaça Nhamithambo e Minerva; aos irmãos: Costantinho Carlitos Manuel, Joana Carlitos Manuel, Boavida Carlitos Manuel, Alony Carlitos Manuel, Margarida Carlitos Manuel e Miquéias Carlitos Manuel; aos tios: Fernando Manuel Simbe, Antoninho Manuel Simbe, José Manuel Simbe, Marcelino Manuel Simbe, Albino Manuel Simbe, Betinho Manuel Simbe e tio Manuel; e as tias: Laurinda Manuel Simbe, Severia Manuel Simbe, Foiane Manuel Simbe, Linda Manuel Simbe, Dominginha Manuel Simbe, Albertina Manuel Simbe e Belita Manuel Simbe.

E por fim, a todos e o meu mais profundo agradecimento.

## EPÍGRAFE

“Aquele que luta contra monstros, deve acautelar-se para não tornar-se também um monstro. Quando se olha muito tempo para o abismo, o abismo olha para você.”

*(Friedrich Nietzsche)*

## RESUMO

O presente trabalho apresenta propostas técnicas do desenvolvimento do estudo técnico da protecção contra surtos causados por descargas atmosféricas, na edificação a ser estudada. Identificou-se que a unidade não possui SPDA, tem pouco dispositivos de protecção contra surtos (DPS) instalados, aplicados em uma edificação residencial situada na cidade de Maputo. Entretanto os DPS são dispositivos que garante o sistema de protecção interna.

Para tanto, foi realizada uma análise da bibliográfica da necessidade de implementar a existência de um (SPDA) a fim de se verificar se o mesmo atendia às exigências da norma vigente. Verificou - se na instalação, o estado e a funcionalidade do mesmo, elaborando - se um memorial de cálculo da avaliação de risco do local para se assegurar a importância do sistema instalado. Através de uma detalhada análise de risco, concluiu-se que a residência está, de facto, desprotegida e exposta aos riscos impostos por descargas atmosféricas e necessita de medidas de protecção. Por esta razão, propôs-se uma solução que contempla o projecto de um SPDA, externo, e de um sistema de aterramento adequado, que somados reduzem os riscos existentes aos valores toleráveis, assegurando a protecção da edificação.

**ABSTRACT**

This work presents technical proposal for the development of the technical study of protection against surges caused by lightning strikes, in was identified that the unit does not have SPDA, it has few surge protection devices (DPS) installed, applied in the residential building located in the city of Maputo. For this purpose, an analysis of the bibliography of the need to implement the existence of an (SPDA) was carried out in order to verify if it met the requirements of the current regulation. The installation, the state and the functionality of the same were verified, elaborating memorial of calculation of the risk assessment of the place to assure the importance of the installed system. Through a detailed risk analysis, it was concluded that the residence is, in fact, unprotected and exposed to the risks imposed by lightning strikes and needs protected measures. For this reason, a solution was proposed that contemplates the design of an external SPDA, and an adequate grounding system, which together reduce the existing risks to tolerable values, ensuring the protection of the building.

**ÍNDICE**

**DECLARAÇÃO DE HONRA ..... I**

**DEDICATÓRIA.....II**

**AGRADECIMENTOS .....III**

**EPÍGRAFE ..... IV**

**RESUMO..... V**

**ABSTRACT..... VI**

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS ..... X**

**LISTA DE FIGURAS ..... XI**

**LISTA DE TABELAS ..... XI**

**CAPÍTULO 1: APRESENTAÇÃO DO TRABALHO.....12**

    1.1. Introdução ..... 12

    1.2. Formulação de problema..... 13

    1.3. Justificativa ..... 14

    1.4. Motivação ..... 14

    1.5. Objectivos..... 15

        1.5.1. Objectivo geral ..... 15

        1.5.2. Objectivos específicos ..... 15

    1.6. Metodologia ..... 15

    1.7. Organização do trabalho ..... 16

**CAPÍTULO 2: FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....17**

    2.1. Descarga atmosférica..... 17

        2.1.1. Origem e formação das cargas atmosféricas ..... 17

        2.1.2. Corrente e forma de onda da descarga atmosférica ..... 18

    2.2. Protecção contra descargas atmosféricas..... 19

        2.2.1. Componentes do sistema de protecção contra descargas atmosféricas ..... 19

2.2.1.1.	Subsistema de captadores .....	20
2.2.1.2.	Subsistema de descida .....	20
2.2.1.3.	Subsistema de aterramento .....	20
2.2.2.	Níveis de protecção .....	20
2.3.	Métodos de protecção contra descargas atmosféricas .....	21
2.3.1.	Método Franklin .....	22
2.3.2.	Método Faraday .....	24
2.3.3.	Método Esfera Rolante .....	25
2.3.4.	Sistemas Híbridos.....	27
2.4.	Aspecto de segurança de descargas atmosféricas .....	27
2.4.1.	Prevenção de riscos referente a choques das descargas atmosféricas .....	28
<b>CAPÍTULO 3: CASO DE ESTUDO .....</b>		<b>29</b>
3.1.	Caracterização do Edifício.....	29
3.2.	Clima predominante .....	30
<b>CAPÍTULO 4: DIMENSIONAMENTO DE SPDA PARA R8.....</b>		<b>31</b>
4.1.	Principais dados do projecto .....	31
4.2.	Avaliação do nível de protecção.....	31
4.2.1.	Avaliação do risco de exposição.....	32
4.2.2.	Área de exposição equivalente .....	32
4.2.3.	Frequência média anual de descargas .....	33
4.2.4.	Probabilidade da estrutura ser atingida pela descarga .....	33
4.2.5.	Método de protecção a ser aplicado .....	34
4.2.6.	Cálculo da SPDA pelo método de Franklin .....	34
4.4.1.	Identificação de nível de protecção.....	34
4.4.2.	Zona de protecção .....	35
4.4.3.	Determinação de número de condutores de descida.....	35

4.4.4. Determinação da secção dos condutores de descida.....	36
4.4.5. Malha de terra.....	36
4.4.5.1. Haste de terra.....	37
4.4.5.2. Braçadeiras de haste de aterramento .....	37
4.4.5.3. Quadro de terra .....	37
4.4.6. Medição e estimativa de custo.....	38
<b>CAPÍTULO 5: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES DO ESTUDO.....</b>	<b>40</b>
5.1. Conclusões.....	40
5.2. Recomendações.....	41
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>42</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>43</b>
<b>DESENHOS .....</b>	<b>46</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABREVIATURA/SIGLA	DESCRIÇÃO
A	Ampére
AT	Alta tensão
BT	Baixa tensão
Da	Descargas atmosférica
DPS	Dispositivo de Protecção contra surtos
Dr	Densidade de raio
DR	Dispositivo diferencial residual
EDM	Electricidade de Moçambique
Feng.	Faculdade de Engenharia
$i(t)$	Corrente de descarga atmosférica
IEC	<i>Internacional Electrotechnical Commission</i> (comissão electrotécnica internacional)
INAM	Instituto Nacional de Meteorologia de Moçambique
kA	Quiloamperes
KV	Quilovolts
KW	Quilowatts
LEMPS	Pulsos eletromagnéticos devido aos raios
LPS	Lighting Protection System
m	Metro
MPS	Medida de Protecção contra Surto
NBR	Norma brasileira regulamentadora
NOA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
NP	Norma Portuguesa
SPDA	Sistema de protecção contra as descargas atmosféricas
UEM	Universidade Eduardo Mondlane

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1: Caixa preta ..... 13

Figura 2: Ilustração de uma formação de descarga atmosférica ..... 17

Figura 3: Forma da onda de descarga atmosférica ..... 19

Figura 4: Elementos que compõe o SPDA ..... 19

Figura 5: Edificação momentos antes de ser atingida por uma descarga atmosférica ..... 22

Figura 6: Ângulo de protecção de um captor ..... 23

Figura 7: Ângulo de protecção correspondente à classe de SPDA (Método de Franklin) .. 24

Figura 8: Exemplo de Gaiola de Faraday em SPDA ..... 25

Figura 9: Conceito da distância R..... 26

Figura 10: Esfera rolando sobre uma edificação ..... 26

Figura 11: Vista frontal e lateral da R8 ..... 29

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Níveis de protecção e eficiência de um SPDA ..... 21

Tabela 2: Espaçamento médio de condutores de descidas não-naturais ..... 24

Tabela 3: Afastamento de condutores de malha ..... 25

Tabela 4: Raio de atracção  $R_a$  para os níveis de protecção ..... 27

Tabela 5: Detalhes da utilização de edifício universitário R8..... 29

Tabela 6: Dados climatológicos em Maputo ..... 31

Tabela 7: Dados de objecto..... 31

Tabela 8: Probabilidade ponderada..... 34

Tabela 9: Medição de materiais para SPDA..... 38

Tabela 10: Estimativa de custo para a realização de SPDA..... 38

## CAPÍTULO 1: APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

### 1.1. Introdução

As descargas atmosféricas são um fenómeno natural, que representam um perigo para estruturas de elevação, que dependendo da magnitude de carga acumulada nas nuvens e posterior descida ao plano terrestre, podem causar graves implicações nas instalações de utilização, principalmente em edifícios de altura elevada e linhas de transmissão de energia. Contudo embora a descarga, traduz-se em elevados níveis de tensão e corrente, a mesma pode ser protegida a partir de técnicas e metodologias próprias para controlo desses elevados níveis de tensão e corrente, de modo não causar danos, nem perigar a vida humana e dos animais em instalações, isto, por meio de estudos particulares de *sites*, porque cada local tem suas particularidades e os meios de protecção são desenvolvido em função de delas.

O presente trabalho com o tema “**Verificação Da Necessidade De Implantação De Um Sistema De Protecção Contra As Descargas Atmosféricas Para Residência Universitária Número 08 Da Universidade Eduardo Mondlane – Maputo**”, aborda assunto inerente a Sistema de Protecção Contra Descarga Atmosférica, vulgarmente conhecida como SPDA, sigla proveniente do português, ou LPS, sigla que provem do inglês, que significa *Lightning Protection System*.

Este fenómeno deve sempre receber um tratamento cuidadoso, ainda, embora em uma dada área, não existem registo de ocorrências, a sua possibilidade de ocorrência não deve ser negligenciada. Já é uma prática comum, principalmente em edifícios de singulares, instalar algum tipo de SPDA, conforme a residências semelhantes ou vizinhanças, sem antes serem efectuados cálculos especificamente relacionados ao edifício.

## 1.2. Formulação de problema

Um sistema eléctrico está sujeito a sobretensões que podem ser divididas em duas categorias de acordo com sua origem, sendo de origem de manobra e de origem atmosférica. As sobretensões de origem de manobra são irrelevantes para este estudo por serem dependentes de características do sistema eléctrico. Já as sobretensões de origem atmosféricas tornam-se relevantes o seu estudo por serem geradas por descargas atmosféricas e são caracterizadas por uma corrente relativamente alta circulando durante um período de tempo muito curto na ordem de microssegundos.

As sobretensões induzidas geralmente representam maiores problemas para as concessionárias de energia eléctrica devido à sua maior frequência de ocorrência, associada a baixa resistência oferecida pela isolação das redes às sobretensões atmosféricas, e a não suportabilidade dos efeitos das descargas pelo sistema eléctrico no geral, dependendo do ponto de ocorrência.

Entretanto, surge uma necessidade de fazer um estudo sobre as descargas atmosféricas, proporcionando assim um sistema de protecção adequado para responder, de forma eficiente, aos desligamentos e mortes que se verificam nas redes eléctricas residências. Por isso tem-se a seguinte situação na edificação:

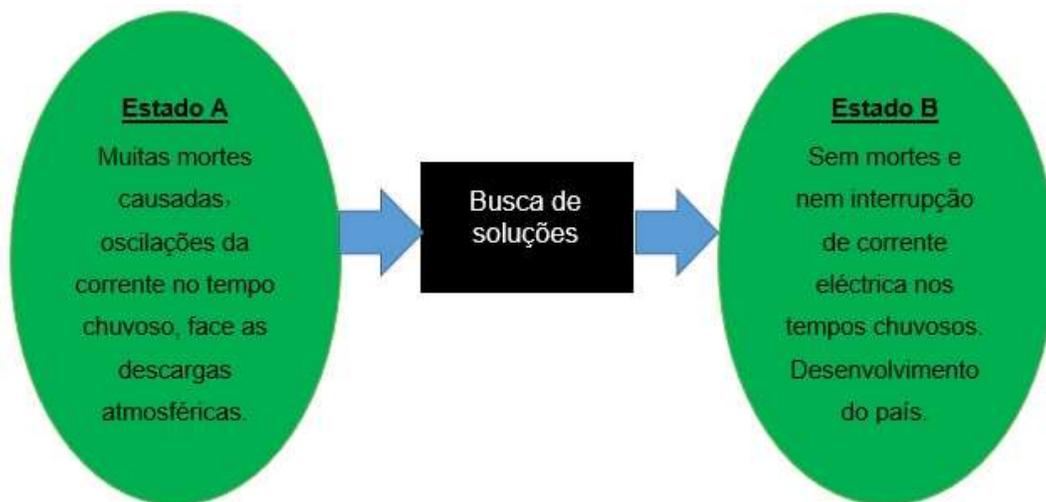


Figura 1: Caixa preta  
(Fonte: O Autor)

### 1.3. Justificativa

As descargas atmosféricas são responsáveis por parcela significativa das perturbações nas redes eléctricas, podendo ocasionar desligamentos ou queima de equipamentos, tanto das concessionárias, quanto dos consumidores, desta forma gerando prejuízos financeiros para ambos. Para além de prejuízo financeiro, as descargas eléctricas também causam perigo à vida, embora o registro de mortes em um local fechado não seja tão alto, o número é significativo.

Segundo os dados e entrevistas feita a Técnicos afecto a INAM acredita-se que em Janeiro de 2018 que descargas atmosféricas que decorreram nos dias 6 e 7, resultaram em 5 mortes e destruíram 400 casas no distrito de Malema, Província de Nampula no norte de Moçambique, na região centro concretamente nas províncias de Zambézia, Manica e Sofala pelo menos 50 pessoas perderão a vida devido as descargas atmosféricas decorrida na época chuvosa de Fevereiro de 2019 e na região Sul do País nas províncias de Gaza, Maputo Cidade e Província de Maputo pelo menos 8 pessoas perderam a vida na ocorrência das descargas atmosféricas em Novembro de 2019.

A rede eléctrica moçambicana é, na sua maioria aérea, então, uma protecção adequada para a rede pode também contribuir para a protecção de áreas vizinhas onde estão instalados sistemas de protecção, e não ser ignorada a importância da protecção individual na edificação.

### 1.4. Motivação

A energia eléctrica é, actualmente, um dos recursos mais fundamentais para o desenvolvimento de toda a estrutura da sociedade e manutenção da competitividade industrial. Desta forma, têm-se buscado sempre assegurar a maior qualidade e confiabilidade possível no serviço de fornecimento de energia eléctrica, fazendo com que este seja cada vez menos susceptível a falhas. Desta forma, para manter a qualidade da energia distribuída, é necessário que ao longo da exploração, expansão ou evolução das redes se analisem as questões operacionais e protecção.

## 1.5. Objectivos

### 1.5.1. Objectivo geral

O objectivo geral deste trabalho é de verificar a necessidade de implantação de um sistema de protecção contra as descargas atmosféricas para residência número 08 da Universidade Eduardo Mondlane.

### 1.5.2. Objectivos específicos

Os objectivos específicos do estudo subdividem-se em quatro, como é apresentado a seguir:

- Efectuar um estudo acerca das descargas eléctricas e sua protecção, destacando seus tipos, efeitos e composição, voltado à edifícios;
- Apresentar o caso de estudo deste projecto, desde a constituição estrutural até as características climáticas locais;
- Identificar o(s) método(s) mais indicado(s) para se efectuar a protecção contra descargas atmosféricas na residência oito da UEM;
- Dimensionar um SPDA para a residência oito da UEM, e apresentar a respectiva estimativa de custo para sua execução.

## 1.6. Metodologia

A elaboração deste relatório foi com base na aplicação de três metodologias:

- **Revisão bibliográfica:** consistirá num estudo contínuo acerca do tema, que será feito com base na pesquisa e leituras de manuais, revistas, jornais e outros de modo a obter a moldura teórica suficiente para a realização do trabalho e serão citados nas referências bibliográficas;
- **Pesquisa de campo:** Consulta aos Docentes, Técnicos e Engenheiros afectos a EDM e do INAM, com vista a obter mais informações acerca do tema.
- **Modelação computacional:** a partir de *software* AutoCad, foram desenvolvidos desenhos e esquemas referente ao projecto.

### 1.7. Organização do trabalho

O trabalho foi organizado em capítulo, sendo o total de cinco (5), onde:

- No primeiro capítulo, foi abordado aspectos introdutórios do trabalho, são destacados, a introdução geral do trabalho, apresentação e formulação do problema, justificativa, e os seus objectivos;
- No segundo capítulo, são apresentados os fundamentos necessários para a realização e entendimento do projecto em causa, como os conceitos elementares, características de descargas e sistemas, normas aplicáveis em projecto de SPDA.
- No terceiro capítulo, é apresentado os dados do caso de estudo, residência oito, sendo as informações de destaque, as características do edifício, dimensões e ocupação do mesmo, ainda características climáticas predominantes para área em estudo.
- No quarto capítulo realizou-se o dimensionamento do SPDA híbrido para a residência oito, tendo em consideração todos os aspectos possíveis, situação climática, dimensões e características do edifício, e por fim foi estimado o custo total para a realização do projecto.
- No quinto capítulo é apresentado aspectos conclusivos do trabalho e recomendações no que a necessidade de instalação de SPDA e aspectos de segurança a serem considerados para se obter um resultado óptimo do SPDA no âmbito da sua exploração, e ainda, constam no trabalho, as referências bibliográficas e os anexos.

## CAPÍTULO 2: FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1. Descarga atmosférica

A descarga atmosférica é um fenómeno de natureza imprevisível tanto em relação aos seus efeitos destruidores quanto em relação às suas características eléctricas, como, tempo de duração e corrente. e quando esse incide em edificações, linhas de transmissão, torres, entre outros, pode apresentar danos irreversíveis aos locais atingidos. Pode-se determinar densidade de raios por região de forma mais simples através do índice cerâmico, além de uma gama de softwares modernos que aceleram o conhecimento dos parâmetros como formas de onda, cargas e amplitudes de corrente.

#### 2.1.1. Origem e formação das cargas atmosféricas

A formação de cargas nas nuvens e a sua consequente descarga é caracterizada como uma centelha eléctrica, que se espalha rapidamente sobre a terra, provocando danos. No momento em que o raio é visto aos olhos nus, enxerga-se uma forte luz criada pelo arco eléctrico do raio, ainda um barulho ou estrondo chamado “trovão” é produzido através do deslocamento do ar devido ao brusco calor gerado pela descarga atmosférica.

A formação dos raios se dá pela fricção das partículas de água, que formam as nuvens, provocadas pelos ventos ascendentes de forte intensidade dando origem a uma grande quantidade de cargas eléctricas. O ar seria uma espécie de dieléctrico onde haveria uma diferença de potencial entre a nuvem mais electricamente negativa do que a terra. Há duas formas de descargas: a que tem origem da nuvem em direcção a terra (descendente) e a que sai da terra para a nuvem (ascendente).

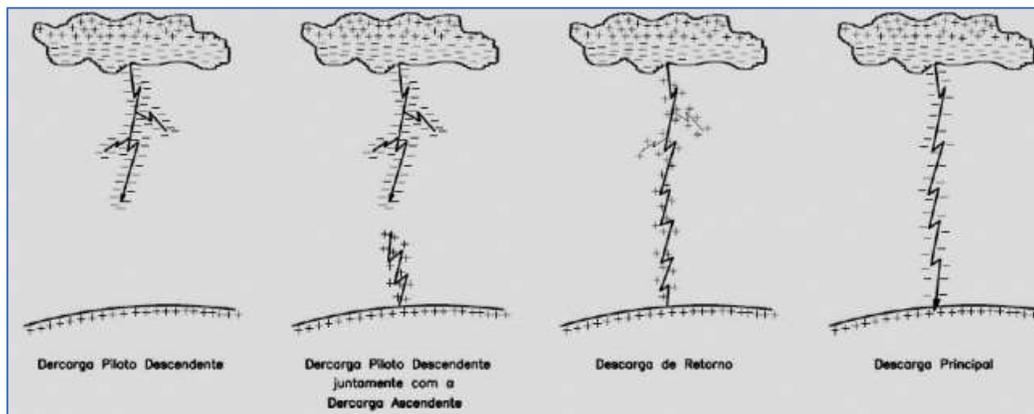


Figura 2: Ilustração de uma formação de descarga atmosférica (Fonte: Mamede Filho, 2010 [4])

### 2.1.2. Corrente e forma de onda da descarga atmosférica

As formas de onda das correntes do primeiro impulso positivo e dos impulsos negativos subsequentes são definidas pela equação (2.1).

$$i(t) = \frac{I_{pico}}{F_{correção}} \times \frac{\left(\frac{t}{T_1}\right)^{10}}{1 + \left(\frac{t}{T_1}\right)^{10}} \times e^{-\frac{t}{T_2}} \quad (2.1)$$

Onde:

$i(t)$  → é a corrente da descarga atmosférica medida em quilo amperes (kA);

$I_{pico}$  → é a corrente de pico da descarga atmosférica medida em quilo amperes (kA);

$F_{correção}$  → é o factor de correcção para o valor de pico da corrente;

$t$  → é o tempo da descarga atmosférica em microssegundos ( $\mu s$ );

$T_1 = T_{frente}$  → é o tempo de frente da descarga atmosférica em microssegundos ( $\mu s$ ), definido como 1,25 vezes o intervalo de tempo entre os instantes em que os valores de 10% e 90% da corrente de pico são atingidos;

$T_2 = T_{cauda}$  → é o tempo de meia cauda da descarga atmosférica em microssegundos ( $\mu s$ ), definido como o intervalo de tempo entre a origem da curva da corrente e o instante em que o valor da corrente decai até metade do valor de pico.

A figura 2 descreve o comportamento da formação da onda de descarga atmosférica onde atinge o seu valor máximo de tensão  $V_2$  num tempo  $T_2$ , compreendido entre 1 á 10  $\mu s$ . Já o valor médio  $V_1$ , correspondente ao valor médio da cauda da onda, 'é atingido num intervalo de tempo  $T_1$  de 20 a 50  $\mu s$ , caindo para zero ao final de  $T_0$  no intervalo de 100 a 200  $\mu s$ . A onda de tensão característica foi normalizada para os valores de  $T_1 = 50 \mu s$  e  $T_2 = 1,5 \mu s$ , normalmente conhecido como onda de  $1,2 \times 50 \mu s$ . Enquanto a onda característica da corrente de descarga foi normalizada para  $T_2 = 20 \mu s$  e  $T_1 = 8 \mu s$  também conhecida normalmente como onda de  $8 \times 20 \mu s$ .

A finalidade de conhecer as formas de ondas e dos seus valores típicos de tensão e tempo, além das percentagens das suas ocorrências, possibilita os estudos destinados ao dimensionamento dos pára-raios de protecção contra sobretensões nas redes eléctricas e dos pára-raios de hastes destinados a protecção de construções predias e instalações em geral.

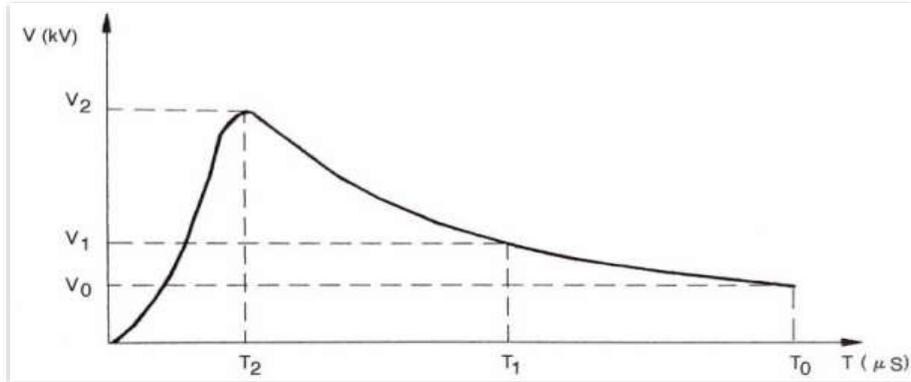


Figura 3: Forma da onda de descarga atmosférica  
(Fonte: Mamede Filho, 2010 [4])

## 2.2. Protecção contra descargas atmosféricas

### 2.2.1. Componentes do sistema de protecção contra descargas atmosféricas

O SPDA é um sistema destinado a proteger uma construção ou estrutura contra os efeitos das descargas atmosféricas, de forma geral, são constituídos de três subsistemas, sendo, subsistema de captores, descida e de aterramento.

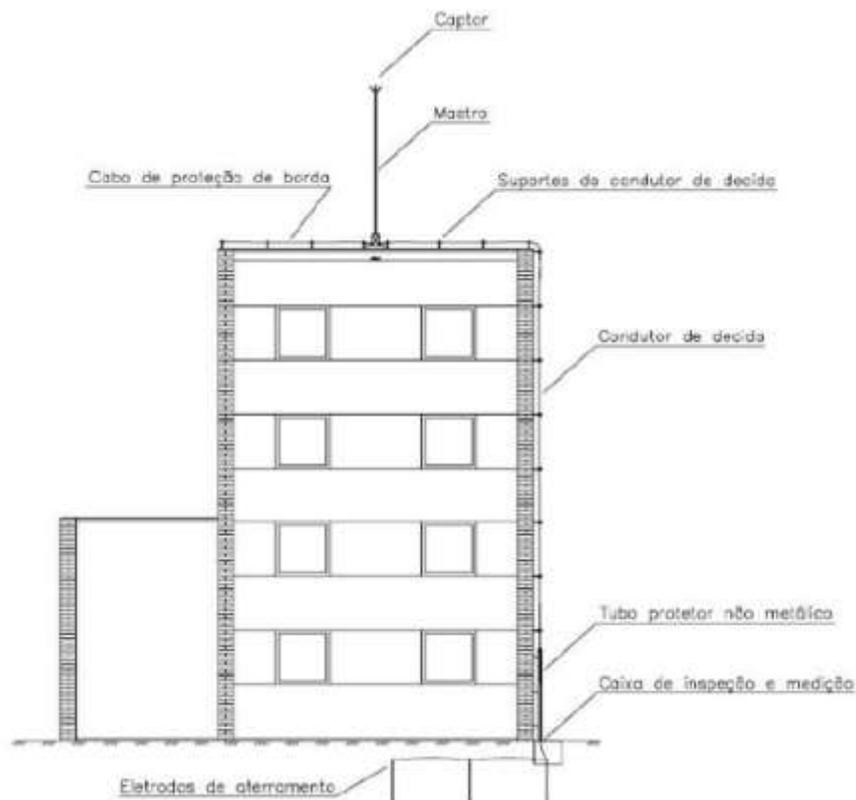


Figura 4: Elementos que compõe o SPDA  
(Fonte: BARBOSA, T., 2014 [1])

### 2.2.1.1. Subsistema de captos

São os elementos condutores expostos, destinados a interceptar as descargas atmosféricas, normalmente localizadas na parte mais elevada da edificação. É constituído por uma, três ou mais pontas, em geral de aço inoxidável, fixado a uma haste ou mastro preso a uma base isoladora para um nível de tensão de 10 kV.

O captor recebe os raios, reduzindo a probabilidade de incidirem diretamente na estrutura. Deve ter capacidade térmica e mecânica para suportar o calor e os esforços eletromecânicos gerados, estes podem ser classificados em naturais ou não naturais, conforme descreve-se:

- Captos naturais são elementos condutores expostos às descargas atmosféricas e normalmente são partes integrantes da edificação que se quer proteger, como por exemplo, tanques, telhas e telhas metálicas com espessura superior a 0,50 mm.
- Captos não naturais, são elementos normalmente em forma de uma haste vertical, cabo horizontal ou elemento desenhado para este fim, como por exemplo captor tipo Franklin.

### 2.2.1.2. Subsistema de descida

Os condutores de descidas são elementos expostos ou não, que permitem a continuidade eléctrica entre os captos e o sistema de aterramento. Ele deve passar por toda a edificação de um modo seguro para que não cause efeitos secundários perigosos como centelhamento lateral e indução de corrente em condutores próximos. Sendo assim, eles devem estar dispostos de modo que a corrente percorra diversos condutores em paralelos e seu comprimento deve ser o menor possível.

### 2.2.1.3. Subsistema de aterramento

São constituídos de elementos condutores enterrados ou embutidos nas fundações das edificações responsáveis por dissipar a corrente da descarga atmosférica no solo. Para que isso ocorra de forma segura o aterramento deve oferecer o mínimo de resistência possível e se espalhar de forma homogênea para evitar altas diferenças de potencial.

## 2.2.2. Níveis de protecção

O nível de protecção não está relacionado com a probabilidade de queda do raio na edificação, mas sim com a eficiência que o sistema tem de captar e conduzir o raio à terra.

Tabela 1: Níveis de protecção e eficiência de um SPDA  
(Fonte: NP 4426, 2013 [6])

Nível de protecção	Característica da protecção	Eficiência da protecção 98%
I	Nível máximo de protecção	98%
II	Nível médio de protecção	95%
III	Nível moderado de protecção	90%
IV	Nível normal de protecção	80%

Os índices de nível de protecção podem ser definidos como:

- **Nível I:** Nível de protecção mais rigoroso e seguro. Refere-se às construções protegidas, cuja falha no sistema de para-raios apresenta riscos para os arredores, como por exemplo, indústrias petroquímicas e de materiais explosivos.
- **Nível II:** Refere-se às construções protegidas, cuja falha no sistema de pára-raios pode ocasionar perda de bens de grande valor ou que abriga um grande número de pessoas, porém sem consequências para construções adjacentes como, por exemplo, museus, teatros e estádios.
- **Nível III:** Refere-se às construções de uso comum, tais como os prédios residenciais e indústrias de manufacturados simples.
- **Nível IV:** Nível de protecção mais baixo, usado em estruturas raramente ocupadas por pessoas cujo produto armazenado é de material não combustível, como por exemplo armazéns de concreto para produtos de construção

### 2.3. Métodos de protecção contra descargas atmosféricas

Basicamente existem 3 métodos de sistemas de protecção contra descargas atmosféricas, cada um utilizando de uma diferente técnica de protecção. Características físicas da edificação como altura e materiais de construção utilizados, são elementos decisivos no processo de escolha de qual será o método que garantirá maior protecção alinhada a um menor custo.

### 2.3.1. Método Franklin

O método Franklin se fundamenta no princípio de que uma descarga piloto descendente pode ser interceptada por uma descarga ascendente iniciada a partir de captores instalados no edifício, assim, a circulação da corrente de descarga se daria pelos condutores previstos no SPDA, não atingindo a edificação que se deseja proteger.

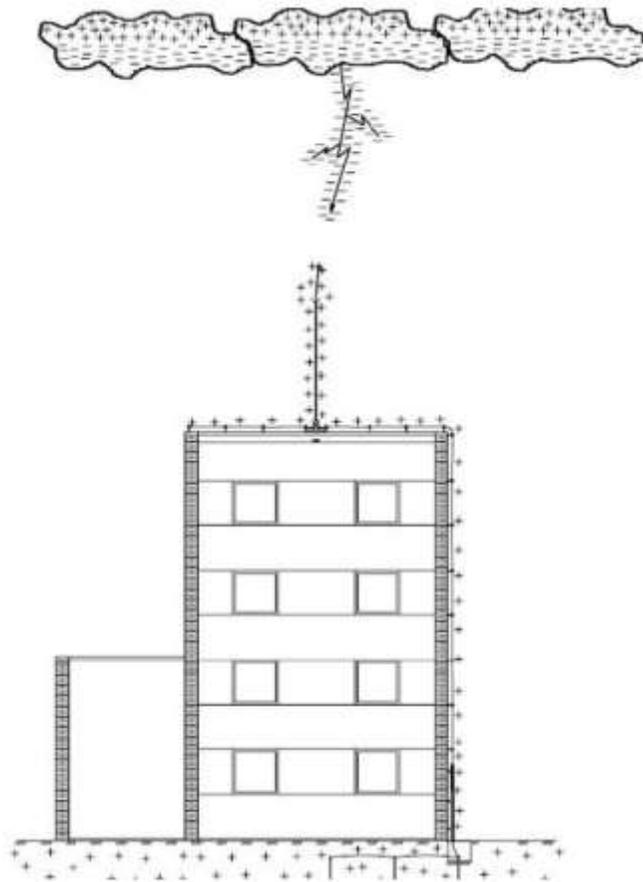


Figura 5: Edificação momentos antes de ser atingida por uma descarga atmosférica  
(Fonte: BARBOSA, T., 2014 [1])

A figura 5 ilustra uma edificação momentos antes de ser atingida por uma descarga atmosférica. Note a concentração de cargas eléctricas na base da edificação migrando para o captor localizado no topo da mesma. Também se pode observar a descarga ascendente, que foi induzida pelo líder descendente, partindo do captor localizado no topo da edificação.

Para determinar o volume de protecção de um captor utiliza-se o método do ângulo de protecção, como apresentado na figura 6. De acordo com o nível de protecção e altura do

captor é determinado um ângulo de protecção que parte do captor, “roda” em torno da edificação e forma um cone. Qualquer descarga que poderia atingir esse cone é interceptada pelo SPDA.

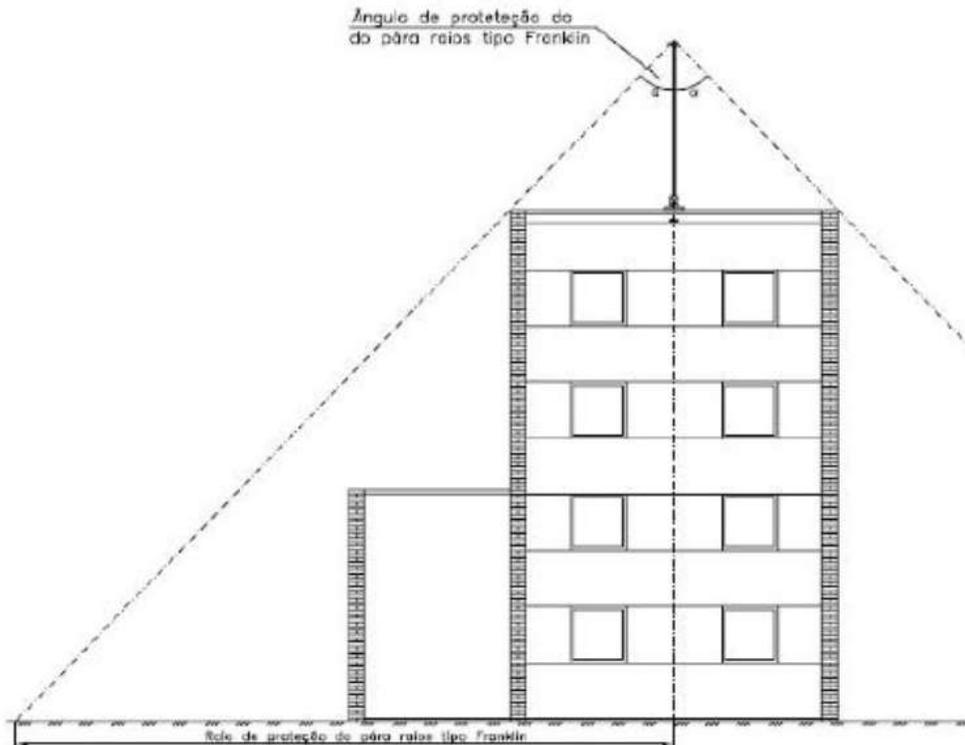


Figura 6: Ângulo de protecção de um captor  
(Fonte: BARBOSA, T., 2014 [1])

A zona de influência de captor de Franklin, ditada pelo angulo de protecção, é determinada em função da classe e a altura do captor, conforme se apresenta no gráfico abaixo, do gráfico são tiradas as seguintes principais notas:

- Não aplicável além dos valores marcados com \*. Somente os métodos da esfera rolante e das malhas são aplicáveis nestes casos.
- H é a altura do captor acima do plano de referência da área a ser protegida.
- O ângulo não será alterado para valores de H abaixo de 2 m.

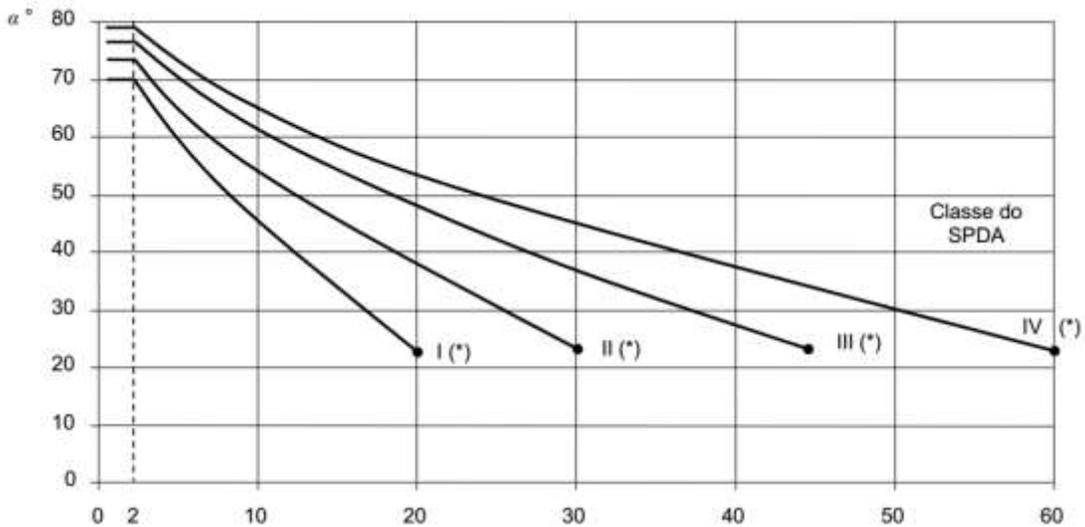


Figura 7: Ângulo de protecção correspondente à classe de SPDA (Método de Franklin)  
(Fonte: IEC, 2006 [3])

Para garantir escoamento eficaz das correntes de descarga, o sistema deve ser devidamente ligado a terra por condutores em todo o perímetro do edifício, sendo que, para o método de Franklin, deve obedecer os espaçamentos em função dos níveis de protecção, conforme é apresentado na tabela 2 abaixo. Ainda deve-se garantir que o número de condutores de descida nos seja inferior a dois (2).

Tabela 2: Espaçamento médio de condutores de descidas não-naturais  
(Fonte: MAMEDE FILHO, João, 2010 [6])

Nível de protecção	Espaçamento (m)
I	10
II	15
III	20
IV	25

### 2.3.2. Método Faraday

O método de Faraday é indicado para edificações com uma grande área horizontal, nas quais seria necessária uma grande quantidade de captores do tipo Franklin. Esse método é fundamentado na teoria pela qual o campo electromagnético é nulo no interior de uma estrutura metálica ou envolvida por uma superfície metálica ou por malha metálica, quando são percorridas por uma corrente eléctrica de qualquer intensidade.

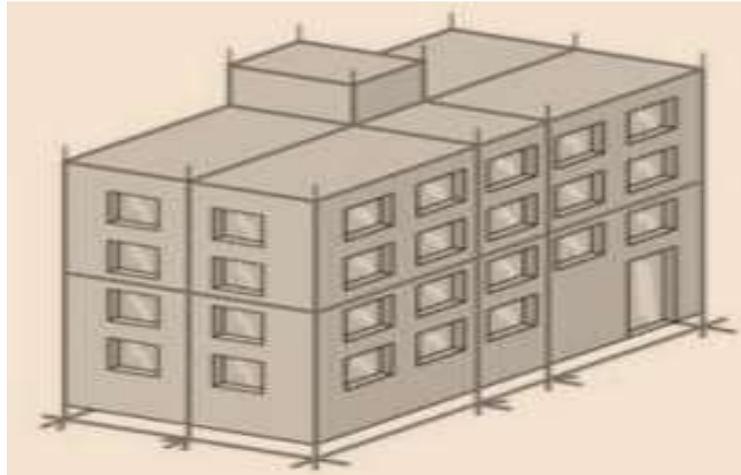


Figura 8: Exemplo de Gaiola de Faraday em SPDA  
(Fonte: VISACRO FILHO, S., 2011 [8])

Consiste em envolver a parte superior da construção com uma malha de condutores eléctricos nus, cuja distância entre eles é em função do nível de protecção desejado. Devendo ser devidamente especificado ou calculado o número de condutores de malha, recomenda-se a instalação de captos auxiliares verticais com altura de 50 cm ao longo dos condutores que compõe a malha protectora. Isso evita que o centelhamento devido ao impacto da descarga atmosférica danifique o material da cobertura, a distância entre esses captos não deve ser superior a 8 m.

Tabela 3: Afastamento de condutores de malha  
(Fonte: NP 4426, 2013 [3])

Nível de protecção	Máximo Afastamento dos Condutores da malha (m)
I	5x5
II	10x10
III	15x15
IV	20x20

### 2.3.3. Método Esfera Rolante

O modelo eletrogeométrico, também designado método da esfera rolante, serve para delimitar o volume de protecção dos captos de um SPDA, sejam eles constituídos de

hastes, cabos, ou de uma combinação de ambos. É um critério especialmente útil para estruturas de grande altura ou de formas arquitectónicas complexas, baseado no mecanismo de formação das descargas atmosféricas.

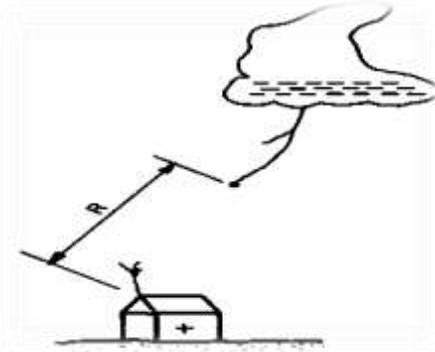


Figura 9: Conceito da distância R  
(Fonte: VISACRO FILHO, S., 2011 [8])

Este método baseia-se na delimitação do volume de protecção dos captores de um SPDA, muito utilizado para a protecção de subestações de potências em áreas externas. Os captores são posicionados de uma maneira em que qualquer líder descendente que surja nas imediações do volume de protecção estaria distando  $R_a$  metros de um captor e uma distância maior do que  $R_a$  metros de qualquer parte da edificação, dessa forma, o líder descendente só se conectaria a descarga ascendente através de um dos captores do SPDA.

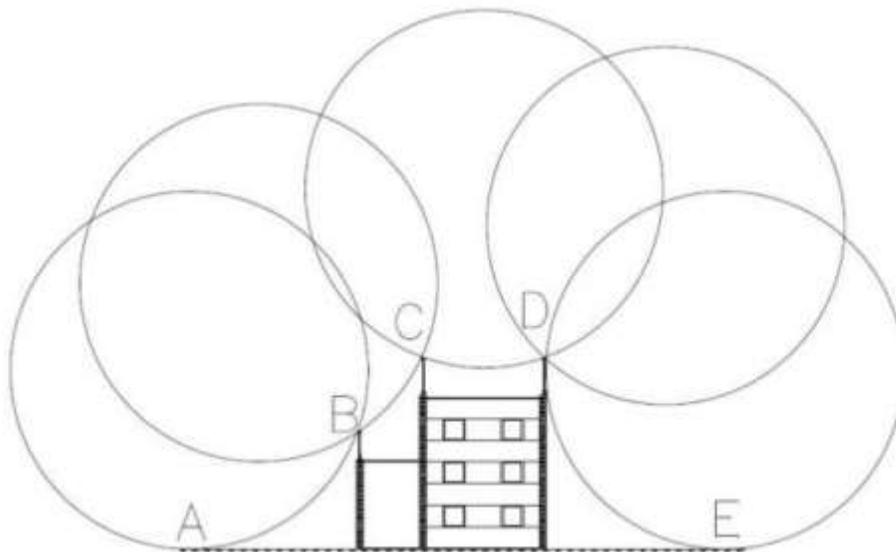


Figura 10: Esfera rolando sobre uma edificação  
(Fonte: BARBOSA, T., 2014 [1])

Ao rolar a esfera fictícia sobre o solo e sobre o sistema de protecção, a zona protegida pode ser definida como a região em que a esfera não consegue tocar. O raio  $R_a$  da esfera é determinado segundo o nível de protecção adoptado.

Tabela 4: Raio de atracção  $R_a$  para os níveis de protecção  
(Fonte: NP 4426, 2013 [3])

Nível de protecção	Raio de atracção $R_a$ (m)
I	20
II	30
III	45
IV	60

#### 2.3.4. Sistemas Híbridos

SPDA que utilizam uma mescla dos métodos convencionais de protecção, dá-se o nome de Sistemas híbridos. Na protecção de uma edificação como um prédio comercial ou residencial temos o uso predominante da Gaiola de Faraday, porém, a protecção através de uma gaiola “pura” raramente pode ser implementada, já que na cobertura desses prédios muitas vezes encontramos corpos elevados como caixas d’água, chaminés, antenas e outros. Assim, complementa-se a protecção provida pela Gaiola de Faraday com um captor tipo Franklin, disposto no topo da edificação, esse captor é conectado aos cabos de protecção de borda, módulos da Gaiola de Faraday e todas as descidas disponíveis.

#### 2.4. Aspecto de segurança de descargas atmosféricas

Os riscos à segurança de seres vivos em decorrência da incidência de descargas atmosféricas são preocupantes. Segundo a INAM-Maputo não existem estatísticas oficiais sobre o número de mortes por descarga atmosférica, mas estima-se que a cada ano entre dezenas á centenas de pessoas sejam mortas, devido à incidência de descargas atmosféricas. No caso da França, por exemplo, os dados apontam um número médio da ordem de 15 mortes por ano devido a descargas.

É possível minimizar esse número de acidentes se forem entendidas as situações críticas de exposição a riscos por descargas atmosféricas, apesar da sua natureza aleatória,

identificados os mecanismos que determinam a morte e forem projectadas medidas preventivas adequadas.

#### **2.4.1. Prevenção de riscos referente a choques das descargas atmosféricas**

Além dos riscos envolvendo as instalações eléctricas ainda existe os riscos envolvendo descargas atmosféricas, a prevenção de acidentes. Com esses fenómenos envolve cuidados maiores devido a intensidade da corrente envolvida e pelo facto de gerar uma série de riscos secundários.

Para evitar acidentes envolvendo descargas atmosféricas existem uma série de atitudes, como as mencionadas abaixo:

- Se estiver em campo aberto no tempo chuvoso (trovejando), procurar um abrigo fechado adequado, mantendo distância de locais altos como o topo de colinas;
- Nunca ficar na praia durante uma tempestade de trovoada;
- Se alguém estiver em locais abertos como campo de futebol, piscina, aos primeiros sinais de um temporal abandone imediatamente o local, procurando abrigo em prédios com excelente protecção contra as descargas atmosféricas;
- Caso esteja longe de abrigos procure ficar em locais baixos como vales e ravinas.

Através da análise das situações de exposição apresentadas, é possível denotar as condições críticas, que caracterizam o risco. Num conjunto de situações, em função de sua posição, o corpo da vítima se destaca como estrutura superior em relação ao ambiente local, tornando-a um ponto preferencial de incidência de descarga. Eventualmente, ao portar objectos elevados, a vítima realça sua condição de destaque. Nessas situações, a vítima “funciona” como um elemento captor.

### CAPÍTULO 3: CASO DE ESTUDO

#### 3.1. Caracterização do Edifício

A residência nº. oito 8 (R8) encontra-se localizado em Maputo, na Av. Karl Marx nº 939, pertencente ao Bairro Central B do Distrito de Kampfumo. O edifício tem em média 160 ocupantes por ano, sendo composto por um total de 14 Pisos e terraço.



Figura 11: Vista frontal e lateral da R8  
(Fonte: O Autor)

Cada piso tem cerca de 700 m<sup>2</sup>, com compartimentos para fins diversos, conforme é apresentado na tabela abaixo.

Tabela 5: Detalhes da utilização de edifício universitário R8  
(Fonte: O Autor)

Piso	Descrição
0	Neste piso se encontra o acesso para a residência, a guarita e instalações sanitárias. É neste piso que é feito o controlo de fluxo de frequentadores da residência, por meio da segurança.

1	Este é o piso com único compartimento destinado a refeitório e copa, para os estudantes internos da residência e externos, mas pertencentes a UEM, e os trabalhadores.
2	Direcção de cultura, onde se encontra o gabinete do Director Adjunto, Contabilidade e Biblioteca de música.
3	Direcção de cultura, onde se encontra o gabinete do Director, Secretariado, Sala de reuniões, recursos humano e Património.
4	Este piso é o primeiro destinado à moradas para os estudantes, composto por 6 quartos, sendo, um total de 4 estudantes por cada quarto, uma instalação sanitária (2 sanitas, 2 chuveiros, 2 urinários) e uma copa.
5	Este piso apresenta as mesmas características com o piso 4.
6	Neste piso se encontra a cozinha, sala de televisão, sala de estudo e gabinete da administração do edifício.
7	Este piso apresenta as mesmas características com o piso 4.
8	Este piso apresenta as mesmas características com o piso 4.
9	Este piso apresenta as mesmas características com o piso 4.
10	Este piso apresenta as mesmas características com o piso 4.
11	Este piso apresenta as mesmas características com o piso 4.
12	Este piso apresenta as mesmas características com o piso 4.
13	Este piso apresenta características similares aos pisos 4, 5, 7 à 12, sendo que o número de quartos é 3 e os mesmos destinam-se a estudantes estrangeiros.

### 3.2. Clima predominante

O clima predominante na Cidade de Maputo é o tropical seco. O período mais quente do ano compreende os meses de Novembro a Abril e o mais frio os meses de Maio a Outubro. O período de maior precipitação ocorre nos meses mais quentes, entre Novembro e Março.

A humidade relativa média é de 66,6%, com pouca oscilação durante o ano. O mês com maior humidade relativa é Março com 71,0%, e o mês com a menor humidade é Junho com 63,5%. A tabela 6, ilustra os dados climatológicos em Maputo

Tabela 6: Dados climatológicos em Maputo  
(Fonte: INAE [Modelado pelo Autor])

Mês	T. máx recorde (°C)	T.máx média (°C)	T.mín média (°C)	T.mín recorde (°C)	Precip. (mm)	Dias com chuva	H. relativa (%)	H. sol
Jan	43,0	29,9	22,3	16,0	171,1	8,1	68,0	243
Fev	39,0	29,6	22,3	16,0	130,5	7,6	69,0	226
Mar	40,0	29,3	21,5	17,0	106,6	7,0	71,1	248
Abr	39,0	27,8	19,4	11,0	56,5	4,4	67,5	240
Mai	38,0	26,4	16,8	8,0	31,9	2,8	66,0	243
Jun	34,0	24,6	14,8	4,0	17,6	2,4	63,5	240
Jul	36,0	24,4	14,2	1,0	19,6	1,8	65,0	248
Ago	39,0	25,3	15,4	7,0	15,0	2,2	64,0	248
Set	46,0	26,1	17,2	9,0	44,4	3,2	65,0	243
Out	45,0	26,5	18,3	12,0	54,7	5,5	66,5	217
Nov	44,0	27,4	19,7	11,0	81,7	7,9	67,0	210
Des	44,0	29,1	21,4	15,0	85,0	7,5	67,5	217
Ano	46,0	27,2	18,6	1,0	813,6	60,4	66,6	2838
<b>T.mín</b>	Temperatura mínima recorde							
<b>T.máx</b>	Temperatura máxima média							
<b>Precip.</b>	Precipitação							
<b>H. relativa</b>	Humidade relativa (%)							
<b>H. sol</b>	Hora de sol							

## CAPÍTULO 4: DIMENSIONAMENTO DE SPDA PARA R8

### 4.1. Principais dados do projecto

Os principais dados de cálculo para o projecto são apresentados abaixo, e estes são a altura, largura e o comprimento, conforme apresenta na tabela.

Tabela 7: Dados de objecto  
(Fonte: O Autor)

Altura (m)	Largura (m)	Comprimento (m)
45,00	15,00	17,00

### 4.2. Avaliação do nível de protecção

A avaliação de nível de protecção é realizada com o propósito de se determinar a exigência ou não da instalação de um SPDA, em função dos riscos inerentes. Esta avaliação é caracterizada como sendo um cálculo probabilísticos de acordo com os passos subsequentes.

#### 4.2.1. Avaliação do risco de exposição

A densidade de descargas atmosféricas que atingem a terra ( $N_g$ ) é o número de raios por quilómetros quadrados, por ano, que atinge uma determinada região. Esse valor pode ser determinado pela equação:

$$N_g = 0,04 \times T_d^{1,25} \quad (4.1)$$

Onde:

$N_g \rightarrow$  Densidade de descargas atmosféricas que atingem a terra ( $km^2/ano$ );

$T_d \rightarrow$  Número de dias de trovoada por ano (dias).

O número de dias de trovoada por ano para uma dada região, pode ser obtido em mapas isoceráunicos, ou fornecidos por entidades competentes e credenciadas para tais serviços, para a área em estudo, indica-se uma quantidade de dias de 25 de acordo com o levantamento de dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia de Maputo-Moçambique (INAM), logo a densidade anual fica:

$$N_g = 0,04 \times T_d^{1,25}$$

$$N_g = 0,04 \times 80^{1,25}$$

$$N_g = 9,570 \text{ km}^2/ano$$

#### 4.2.2. Área de exposição equivalente

Corresponde à área do plano da estrutura, prolongada em todas as direcções, considerando a altura da mesma. Os limites da área de exposição equivalente estão afastados do perímetro da estrutura por uma distância correspondente à altura da estrutura no ponto considerado.

$$A_e = L \times W + 2 \times L \times H + 2 \times W \times H + \pi \times H^2 \quad (4.2)$$

Onde:

$L \rightarrow$  comprimento da estrutura (m);

$W \rightarrow$  altura da estrutura (m);

$W \rightarrow$  largura da estrutura (m).

Com base nos dados da tabela 7, a área de exposição para o edifício é de 9.496,73m<sup>2</sup>, conforme calculado abaixo:

$$A_e = L \times W + 2 \times L \times H + 2 \times W \times H + \pi \times H^2$$

$$A_e = 17 \times 15 + 2 \times 17 \times 45 + 2 \times 15 \times 45 + 45^2 \times \pi$$

$$A_e = 9.496,73 \text{ m}^2$$

#### 4.2.3. Freqüência média anual de descargas

A freqüência anual representa o número provável de descargas atmosféricas que podem atingir uma determinada edificação em um intervalo de um ano, a mesma pode ser determinada a partir da expressão 4.3, sendo que para o edifício da R8 o valor é de 1,194 descargas por ano.

$$N_d = N_g \times A_e \times 10^{-6} \tag{4.3}$$

$$N_d = N_g \times A_e \times 10^{-6} = 9,570 \times 9.496,73 \times 10^{-6} = 90,884 \times 10^{-3} \cong 91 \times 10^{-3} \text{ Descargas/Ano}$$

#### 4.2.4. Probabilidade da estrutura ser atingida pela descarga

De modo a apresentar através de cálculos probabilísticos, a necessidade de protecção de um dado edifício, contra as descargas é realizado o cálculo probabilístico, esta avaliação é feita aplicando-se os factores de ponderação (A, B, C, D e E) dados na equação (4.4).

$$P_0 = A \times B \times C \times D \times E \times N_d \tag{4.4}$$

Onde:

*A* → Representa o tipo de ocupação da estrutura;

*B* → Representa o tipo de construção da estrutura;

*C* → Representa o conteúdo da estrutura e feitos indiretos das descargas atmosféricas;

*D* → Representa a localização da estrutura;

*E* → Representa a topografia da região.

Sendo o edifício em estudo, uma Habitação, primeiro tipo de ocupação no anexo 2, cujos respectivos valores estão descritos, e a frequência media anual para a área em questão, a probabilidade da edifício da R8 ser atingida pela descarga fica:

$$P_0 = A \times B \times C \times D \times E \times N_d = 0,3 \times 0,2 \times 0,3 \times 0,4 \times 0,3 \times 91 \times 10^{-3} = 0,197 \times 10^{-3}$$

Com base no resultado probabilístico obtido, e concordância com os dados na tabela abaixo, pode-se claramente concluir que a instalação necessita de ser protegida.

Tabela 8: Probabilidade ponderada  
(Fonte: MAMEDE FILHO, João, 2010 [4])

Probabilidade Ponderada	Protecção desejada
$P_0 \leq 10^{-5}$	A estrutura dispensa o SPDA
$10^{-3} > P_0 > 10^{-5}$	A instalação do SPDA depende da conveniência do usuário ou da companhia seguradora (caso exista)
$P_0 \geq 10^{-3}$	Obrigatório o uso do SPDA

#### 4.2.5. Método de protecção a ser aplicado

O edifício será protegido a partir do método de Franklin, caracterizado pela existência de um captor principal sobre um mastro de elevação superior a todos os elementos do edifício, capaz de garantir a protecção eficaz, ainda, devido a não uniformidade de nível no terraço, serão adicionados pequenos captores conforme apresentado nos desenhos. Todos os detalhes e parâmetros do sistema de protecção serão apresentado nos pontos subsequentes.

#### 4.2.6. Cálculo da SPDA pelo método de Franklin

Com propósito de interceptar descarga piloto descendente, por uma descarga ascendente iniciada a partir de um dos captores que serão instalados no edifício da R8, é apresentado o seguinte dimensionamento do SPDA.

#### 4.4.1. Identificação de nível de protecção

Logo à partida de cálculo de protecção de SPDA pelo método de Franklin, antes deve-se identificar o nível de protecção, porque é com base neste nível que todo processo subsequente, será realizado.

De acordo com as características do edifício, este enquadra-se com o nível de protecção três, atendendo que o captor não passará 20 metros, o angulo de protecção para este caso é de 45°, de acordo com anexo 3.

#### 4.4.2. Zona de protecção

A protecção em forma de cone, com vértice na extremidade do captor, deve-se garantir que todo o edifício esteja envolvido, e esta área protegida, é designada como sendo a zona de protecção, que pode ser calculada a partir da expressão 4.5.

$$R_p = H_c \times \tan(\alpha) \quad (4.5)$$

Onde:

$R_p \rightarrow$  raio da base de cone de protecção (m);

$H_c \rightarrow$  altura da extremidade do captor (m);

$\alpha \rightarrow$  ângulo de protecção com vertical, se houver mais de um captor deve se acrescer 10°.

Considerando uma altura de 15 metros, o raio da zona de protecção fica:

$$R_p = H_c \times \tan(\alpha) = 15 \times \tan(45) = 15m$$

#### 4.4.3. Determinação de número de condutores de descida

A quantidade de condutores de descida, é determinada em função do nível de protecção e o afastamento entre os condutores, e estes, devem ser distribuídos em todo o perímetro do edifício, atendendo que a o número não deve ser inferior as dois.

$$N_{cd} = \frac{P_{co}}{D_{cd}} \quad (4.6)$$

Onde:

$N_{cd} \rightarrow$  número de condutores de descida;

$P_{co} \rightarrow$  perímetro da construção (m);

$D_{cd} \rightarrow$  distância máxima entre condutores de descida (m).

Conforme a tabela 2, o espaçamento máximo dos condutores é de vinte (20) metros, sendo assim, o número de condutores de descida fica:

$$P_{CO} = 2 \times (C + L) \quad (4.7)$$

Onde:

$C \rightarrow$  comprimento da construção (m);

$L \rightarrow$  largura da construção (m);

$$P_{CO} = 2 \times (C + L) = 2 \times (17 + 15) = 64m$$

$$N_{cd} = \frac{P_{CO}}{D_{cd}} = \frac{64}{20} = 3,20 \cong 4 \text{ Condutores}$$

Com base no cálculo acima, chega-se à quatro condutores de descida, onde estes deverão estar distanciados a uma distância de 16 m. É importante enfatizar que os condutores devem ser distribuídos sobre todo o volume a proteger.

#### 4.4.4. Determinação da secção dos condutores de descida

Serão utilizados condutores de cobre, com secção de 35 mm<sup>2</sup>, conforme é apresentado no anexo 4, sendo essa a secção mínima, podendo ser superior.

#### 4.4.5. Malha de terra

Durante o desenvolvimento de instalações eléctricas, seja no domínio de edificações, industrialização e redes eléctricas, sempre é necessário a existência de um bom sistema de aterramento, de modo a garantir um desempenho seguro do sistema de protecção e a segurança eficaz das pessoas.

O solo é um meio poroso, não rígido, trifásico, formado de partículas que possuem complexidade de forma, tamanho e estrutura mineralógica e com algumas partículas finitamente divididas de maneira a apresentar uma grande área superficial. O solo é feito de camadas que se erguem a partir da rocha sólida, chamada rocha matriz, estendendo-se desde alguns centímetros a centenas de metros.

A rede de terra, responsável pelo escoamento e drenagem das elevadas correntes de descarga, é constituída de elementos diversos, trabalhando como um só corpo, e estes são descritos abaixo.

#### **4.4.5.1. Haste de terra**

As hastes para o aterramento devem ter 20 mm de diâmetro com pelo menos 1,5 m de comprimento feito de cobre sólido, comprimento mínimo exigido conforme especificação nas normas. A haste de cobre sólido pode ser accionada por perfuração nas profundidades necessárias para garantir excelente resistência à corrosão e eliminação electrolítica, sendo conectadas entre si por acopladores adequados, permitindo um contacto de face completa entre haste e haste.

#### **4.4.5.2. Braçadeiras de haste de aterramento**

As hastes de aterramento devem ser projectadas para alta resistência à corrosão, condutividade e resistência mecânica, de modo a garantir que um sistema de aterramento permaneça operacional por muitos anos, e use os grampos correctos para conectar a haste de aterramento à fita, a haste de aterramento.

#### **4.4.5.3. Quadro de terra**

Com propósito de fazer todas as inspecções e testes do estado de trabalho da haste de aterramento e conexões de aterramento deve ser instalada caixa de inspecção de concreto, é necessário fazer as medições de resistência de aterramento, para garantir que o valor esteja dentro da faixa aceitável, e deve ter o valor máximo de resistência de aterramento menor que vinte ohms para todo o sistema de aterramento ou conforme especificado na especificação do projecto. Se o valor medido da resistência de aterramento for alto, deve-se usar material de reforço de aterramento para melhorar os valores ou aumentar as quantidades de hastes.

#### 4.4.6. Medição e estimativa de custo

Abaixo são listadas a quantidade de matérias e a estimativa global de custo para a instalação do SPDA para a R8.

Tabela 9: Medição de materiais para SPDA

(Fonte: O Autor)

No.	Lista de Material	Unidade	Quantidade
1	Captor Franklin de aço inoxidável (4 pontas)	Item	5
2	Mastro de aço inoxidável	m	15
3	Base de fixação de mastro	Item	2
4	Abraçadeiras (35mm <sup>2</sup> /2cm)	Item	100
5	Barras condutores (Cu/35mm <sup>2</sup> )	m	120
6	Condutor nú (Cu/35mm <sup>2</sup> )	m	300
7	Eléctrodo de terra - 2m	Item	6
8	Cordoalha de cobre nú de 50 mm para aterramento	Item	180
9	Conector 16/70 mm com 4 parafusos	Item	45
10	Caixa de inspecção 350x250x125mm	Item	2
11	Fita galvanizada 30x3.5 FT	m	60
12	Ligador vario 249/ST	Item	30
13	Cruzeta cabo/varão FT	Item	30
14	Cruzeta – fita 256-DIN30	item	30
15	Eléctrodo de terra Ø20mm /1.5m	Item	6

Tabela 10: Estimativa de custo para a realização de SPDA

(Fonte: O Autor)

No.	Lista de Material	Custo (MTn)	
		Unitário	P/ Material
1	Captor Franklin de aço inoxidável (4 pontas)	3.200,00	16.000,00
2	Mastro de aço inoxidável	900,00	13,500,00
3	Base de fixação de mastro	1.300,00	1.300,00
4	Abraçadeiras (35mm <sup>2</sup> /2cm)	4,00	400,00
5	Barras condutores (Cu/35mm <sup>2</sup> )	135,00	16.200,00

6	Condutor nú (Cu/35mm <sup>2</sup> )	225,00	67.500,00
7	Eléctrodo de terra - 2m	150,00	900,00
8	Cordoalha de cobre nú de 50 mm para aterramento	75,00	13.500,00
9	Conector de emenda para cabo latão 16/70 mm com 4 parafusos	75,00	3.375,00
10	Caixa de inspecção para aferição da continuidade eléctrica	1.600,00	3.200,00
11	Fita galvanizada 30x3.5 FT	380,00	22.800,00
12	Ligador vario 249/ST	330,00	9.900,00
13	Cruzeta cabo/varão FT	650,00	19.500,00
14	Cruzeta – fita 256-DIN30	800,00	24.000,00
15	Eléctrodo de terra Ø20mm /1.5m	160,00	960,00
<b>Custo com mão-de-obra</b>		<b>100.000,00</b>	
<b>Custo com materiais</b>		<b>213.035,00</b>	
<b>Custo de transporte</b>		<b>25.000,00</b>	
<b>Custo total</b>		<b>338.035,00</b>	

## CAPÍTULO 5: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES DO ESTUDO

### 5.1. Conclusões

O estudo realizado acerca da protecção contra descargas atmosféricas, caracterizou-se como o factor de elevada importância para as edificações no País, por este factor proporcionar perigos diversos às edificações por meio de electricidade. Essas sobretensões quando alcançam o sistema eléctrico da instalação, elevadas correntes e tensões são induzidas para a instalação, e danos são associados com esta presença, sendo os principais, a perda de isolamento nos condutores, fusão de condutores, curto-circuito e incêndios, que podem acabar com danos a saúde humana ou perda de vida humana.

No que tange, à residência universitária R8, verificou-se que a inexistência de um sistema de protecção contra descargas, representava uma situação de risco de acidente a qualquer momento, devido as descargas, visto que a frequência de ocorrência de descarga é elevada e probabilidade de impacto no edifício também. O estudo culminou no cálculo de sistema a base de protecção de Franklin, para proporcionar a segurança do edifício, e garantir a sua integridade perante as descargas.

Para a realização do SPDA, desde a aquisição de material até a respectiva instalação é estimado como custo total o valor de Trezentos e Trinta e Oito Mil e Trinta e Cinco Meticais (338.035,00 MTs).

## 5.2. Recomendações

Após a conclusão do projecto, podem ser propostas as seguintes recomendações:

- a) Instalar sempre no mínimo DPS ou SPDA nas residências e edificações nos projectos futuros, oferecendo assim a protecção face as descargas atmosféricas;
- b) Como solução ao presente projecto recomenda-se a Instalação de pará-raios nas residências e um sistema de aterramento devidamente projectada em função das necessidades da instalação;
- c) Desenvolver mais pesquisas e estudos com vista a obter métodos para a melhoria da resistência de aterramento nas torres, com vista a melhorar o desempenho de uma linha sob descargas atmosféricas;
- d) Aconselha-se a fazer um aterramento profundo para evitar tensões de passo no momento da descarga á terra.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] BARBOSA, T., Proteção Contra Descargas Atmosféricas de Edificações Utilizando a Ferragem Estrutural, Tese de Bacharel, 2014;
- [2] DE OLIVEIRA, FÁBIO JOSÉ. Sistema de proteção contra descargas atmosféricas – Utilização das estruturas como escoamento. Estágio Supervisionado, julho de 2009.
- [3] DE STÉFANI, RODRIGO VERARDINO. Metodologia de projeto de sistema de proteção contra descargas atmosféricas para edifício residencial. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Engenharia de São Paulo, da Universidade de São Paulo.
- [4] IEC, 2010 - Protection against lightning – Part 1: General principles”;
- [5] IEC, 2006 – INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION – IEC 62305-2 - Protection against lightning - Part 2: Risk management. Genebra;
- [6] Kindermann, G & Campagnolo, J. Aterramento eléctrico, 3ª Edição, SAGRA-DC Luzatto, Porto Alegre, 1995;
- [7] MAMEDE FILHO, J. Instalações Elétricas Industriais. 7a Edição, 2010;
- [8] MODENA J. e SUETA H. (2011) Medição da Resistividade do Solo. Aterramentos Eléctricos;
- [9] NISKIER, JULIO; MACINTYRE, A. J. Instalações Elétricas. 4a Edição;
- [10] NP 4426, 2013 - Proteção contra descargas atmosféricas
- [11] SCHNEIDER ELECTRIC. Proteção contra descargas Atmosféricas. Programa de Formação Técnica Continuada.
- [12] VISACRO FILHO, S. Descargas Atmosféricas: Uma abordagem de engenharia 1a Edição

# **ANEXOS**

Anexo 1 Posicionamento dos captores conforme nível de protecção  
(Fonte: BARBOSA, T., 2014 [1])

Nível de protecção	R m	h m	Ângulo de protecção ( $\alpha$ ) - método Franklin, em função da altura do captor (h) (ver Nota 1) e do nível de protecção					Largura do módulo da malha (ver Nota 2) m
			0 - 20 m	21 m - 30 m	31 m - 45 m	46 m - 60 m	> 60 m	
I	20		25°	1)	1)	1)	2)	5
II	30		35°	25°	1)	1)	2)	10
III	45		45°	35°	25°	1)	2)	10
IV	60		55°	45°	35°	25°	2)	20

R = raio da esfera rolante.

1) Aplicam-se somente os métodos eletrogeométrico, malha ou da gaiola de Faraday.

2) Aplica-se somente o método da gaiola de Faraday.

NOTAS

1 Para escolha do nível de protecção, a altura é em relação ao solo e, para verificação da área protegida, é em relação ao plano horizontal a ser protegido.

2 O módulo da malha deverá constituir um anel fechado, com o comprimento não superior ao dobro da sua largura.

Anexo 2: Factores de ponderação para cálculos probabilísticos de uma descarga atingir estruturas  
(Fonte: MAMEDE FILHO, João, 2010 [7])

Tipo de ocupação	A	Material de construção	B	Conteúdos	C	Localização	D	Tipografia	E
Habitação	0,3	Construções de cobertura não metálica	0,2	Sem valor patrimonial ou histórico	0,3	Áreas circuladas por árvores ou estruturas de qualquer natureza	0,4	Planícies	0,3
Habitação com antena dentro	0,7	Construções de concreto e cobertura não-metálica	0,4	Sensível a dano	0,8	Área semi-sólidas	1,0	Colinas	1,0
Construções industriais	1,0	Construções de metal ou concreto e cobertura metálica	0,8	Subestações, centrais telefónicas, instalações de gás, de radio e TV	1,0	Áreas isoladas	2,0	Montanhas com altura entre 300 e 900 metros	1,3
Construções destinadas a hotéis salas comerciais	1,2	Construções de alvenaria	1,0	Museus e monumentos e construções de mesma natureza	1,3		1	Montanhas com altura a cima de 900 metros	1,7

Anexo 3: Ângulo de protecção e altura de construção  
(Fonte: MAMEDE FILHO, João, 2010 [7])

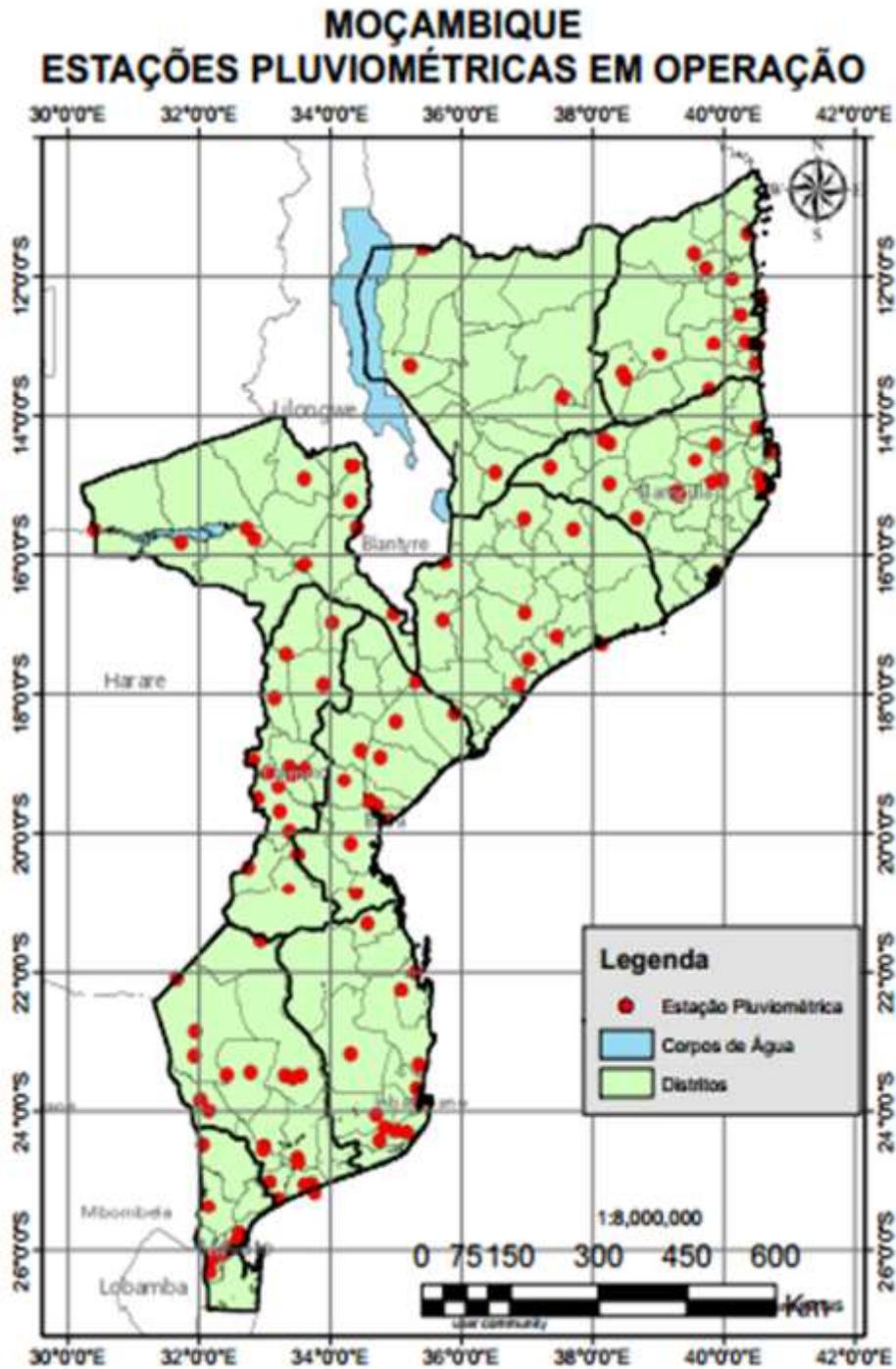
Nível de Protecção	Altura do Captor (m)				
	0-20	21-30	31-45	46-60	> 60
	Ângulo de Protecção (em graus)				
I	25	(A)	(A)	(A)	(B)
II	35	25	(A)	(A)	(B)
III	45	35	25	(A)	(B)
IV	55	45	35	25	(B)

(A) Aplicam-se somente os métodos eletrogeométrico, malha ou gaiola de Faraday.  
(B) Aplica-se somente o método da gaiola de Faraday.

Anexo 4: Secções mínimas de descida de SPDA  
(Fonte: MAMEDE FILHO, João, 2010 [7])

Material	Captor e Anéis Intermediários	Condutor de Descida para Estrutura até 20 m	Condutor de Descida para Estrutura Superior a 20 m	Eletrodo de Aterramento
	(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )
Cobre	35	16	35	50
Alumínio	70	25	70	-
Aço galvanizado a quente ou embutido no concreto	50	50	50	80

Anexo 5: Estações pluviométricas em operação  
(Fonte: INAM, 2020)



Anexo 6: Factura de pagamento para acesso a informação na INAM  
(Fonte: O Autor)

 República de Moçambique <b>Instituto Nacional de Meteorologia</b> R. de Mukumbura 164 Tel./Fax: 491150 e-mail: mzmnet@inam.gov.mz NUIT: 50002656		Exmo (s).Sr (s): <b>Marcelino Carlitos Manuel</b> NUIT: Maputo	<b>FACTURA</b> <b>41/MKT/2020</b>
<b>MAPUTO,</b>		01 de Setembro de 2020	
Quant	Designação	Preço Unitário	Valor Total (Mt)
	Fornecimento de dados Meteorologicos de Maputo Observatorio		
	Período: 2015 - 2019		
57	Numero de Dias (por mes) com descargas electricas (Trovoadas)	2.25	128.25
1	Servicos (para estudantes de Licenciatura, com credencial)	50.00	50.00
Sao:	Cento e Setenta e Oito e Vinte e Cinco Centavos		178.25
			0.00
			0.00
			0.00
			0.00
		<b>SUB-TOTAL</b>	178.25
		Iva 17%	0.00
		<b>TOTAL</b>	178.25

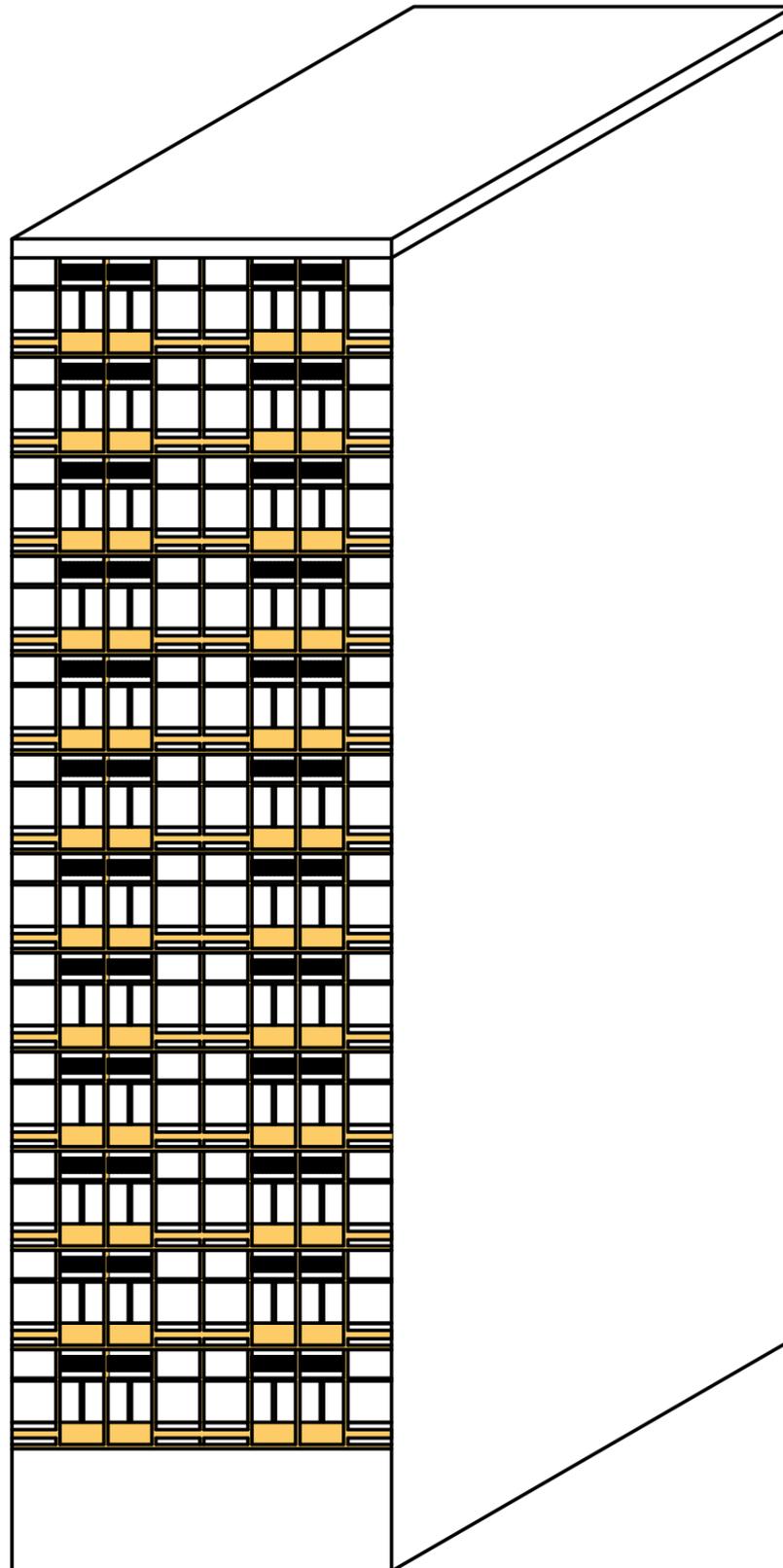
NUIT:  
 O pagamento poderá ser efectuado nos  
 nossos escritórios ou por depósito/transferecia nas seguinte conta bancária:  
**Conta: 90664931; NIB: 000100000009066493157 ; Banco: Millenium BIM**  
**Moeda: MZM, Cod. Banco: 0001; Cod. Balcao: 181**



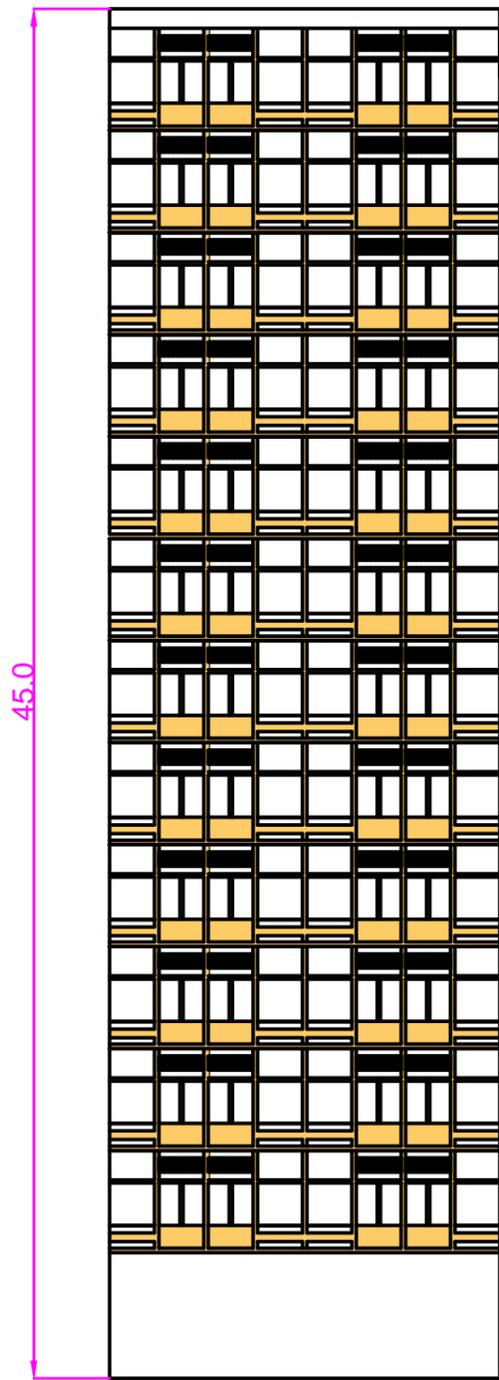
Anexo 7: Alguns elementos de sistema de aterramento  
Fonte: O Autor



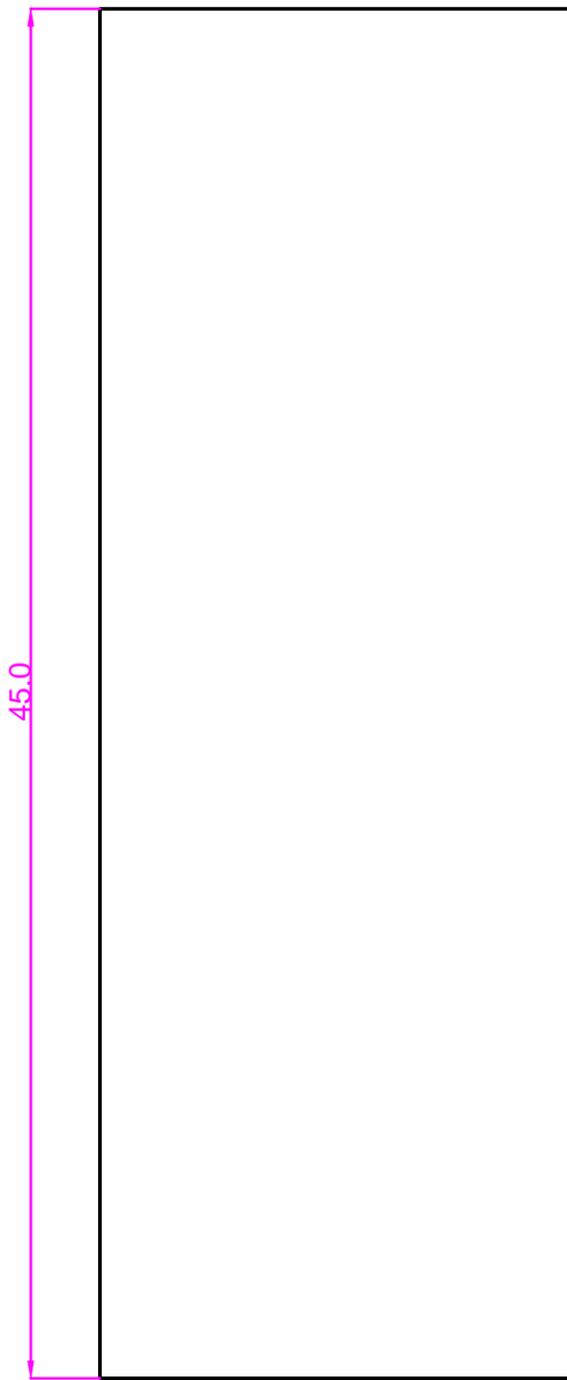
# DESENHOS



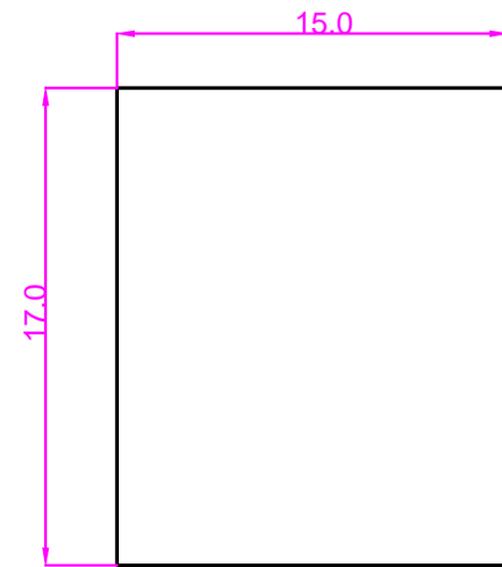
PLANTA DO PROJECTO				TL2022
<i>Desenhou</i>	<i>M. Marcelino</i>	<i>UEM -FENG</i>	<i>Escala</i>	<i>Anexo Nr. 1</i>
<i>Verificou</i>	<i>Eng<sup>o</sup>. C. Dinis</i>	<i>UEM -FENG</i>	<i>1:100</i>	



Vista Frontal



Vista Lateral



Vista de Cima

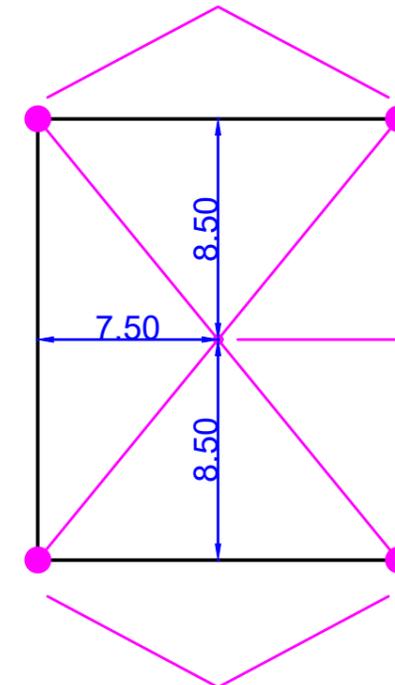
VISTAS DA PLANTA DO PROJECTO				TL2022
Desenhou	M. Marcelino	UEM -FENG	Escala	Anexo Nr. 2
Verificou	Eng <sup>o</sup> . C. Dinis	UEM -FENG	1:100	

Captor de 4 pontas, em aço inoxidável

Cabo de descida de Cobre de 16mm<sup>2</sup>

Cabo de descida de Cobre de 16mm<sup>2</sup>

Condutores de descida



Captor de 4 pontas,  
em aço inoxidável

Condutores de descida

CAPTOR E CABOS DE DESCIDA

TL2022

Desenhou

M. Marcelino

UEM -FENG

Escala

Anexo

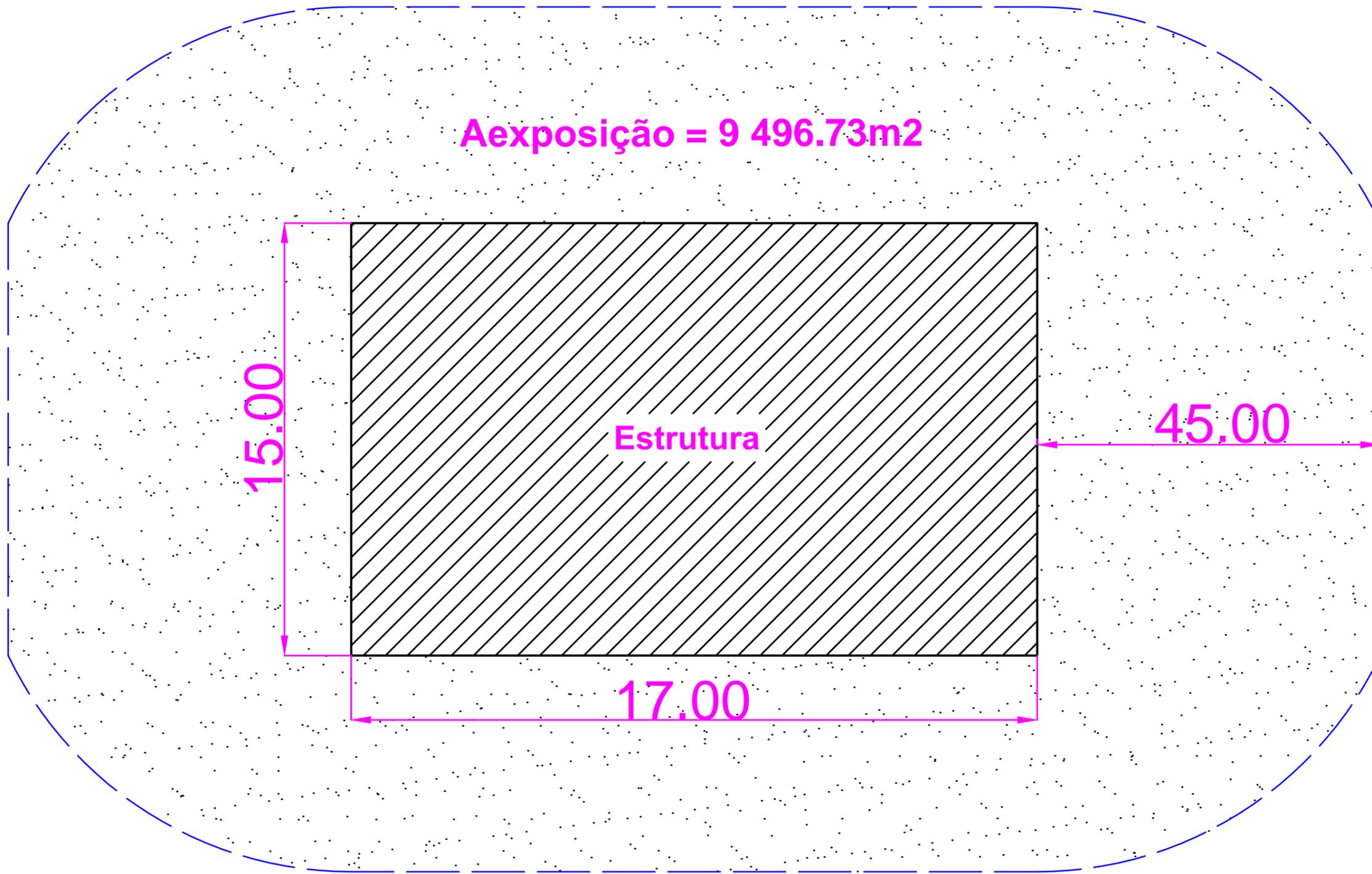
Verificou

Eng<sup>o</sup>. C. Dinis

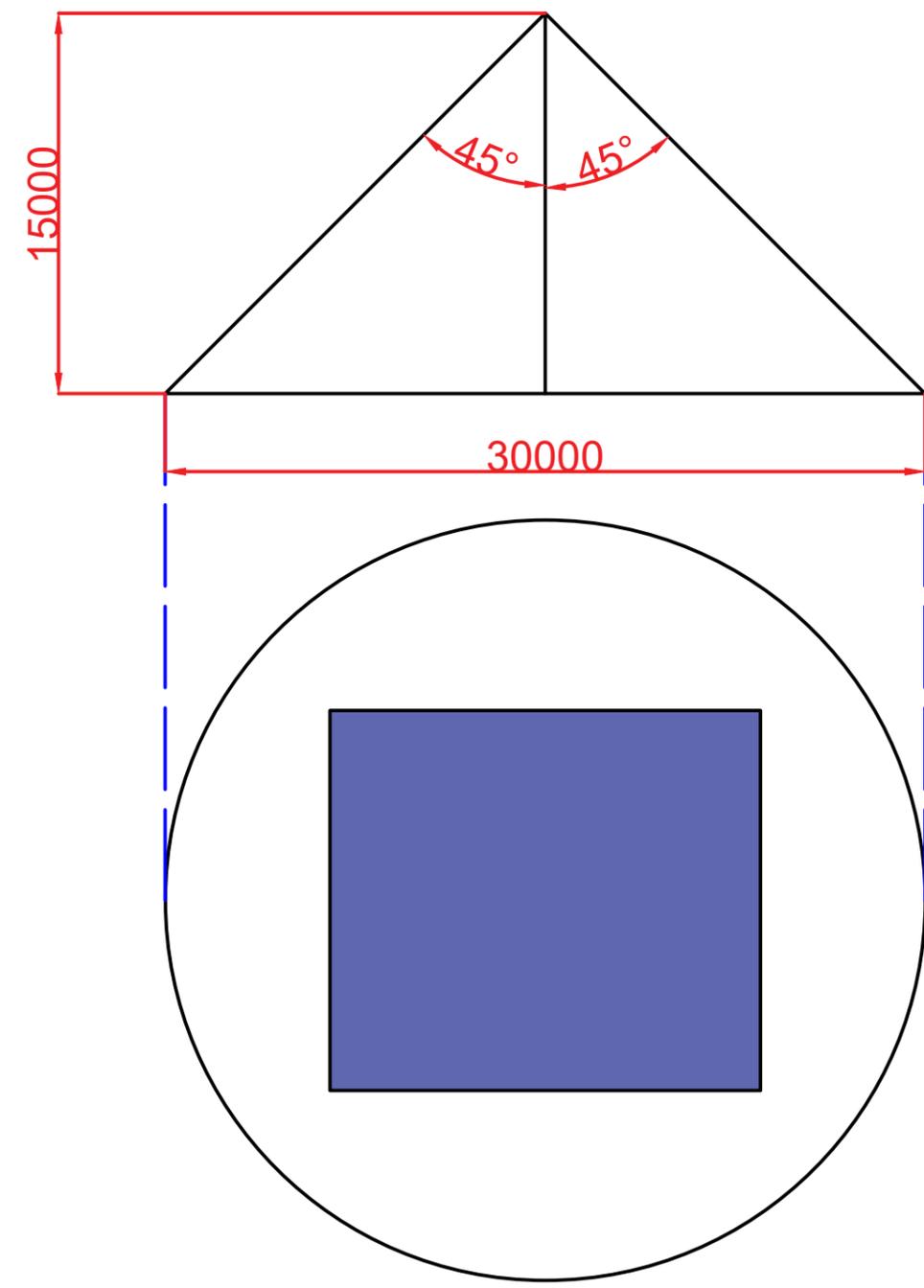
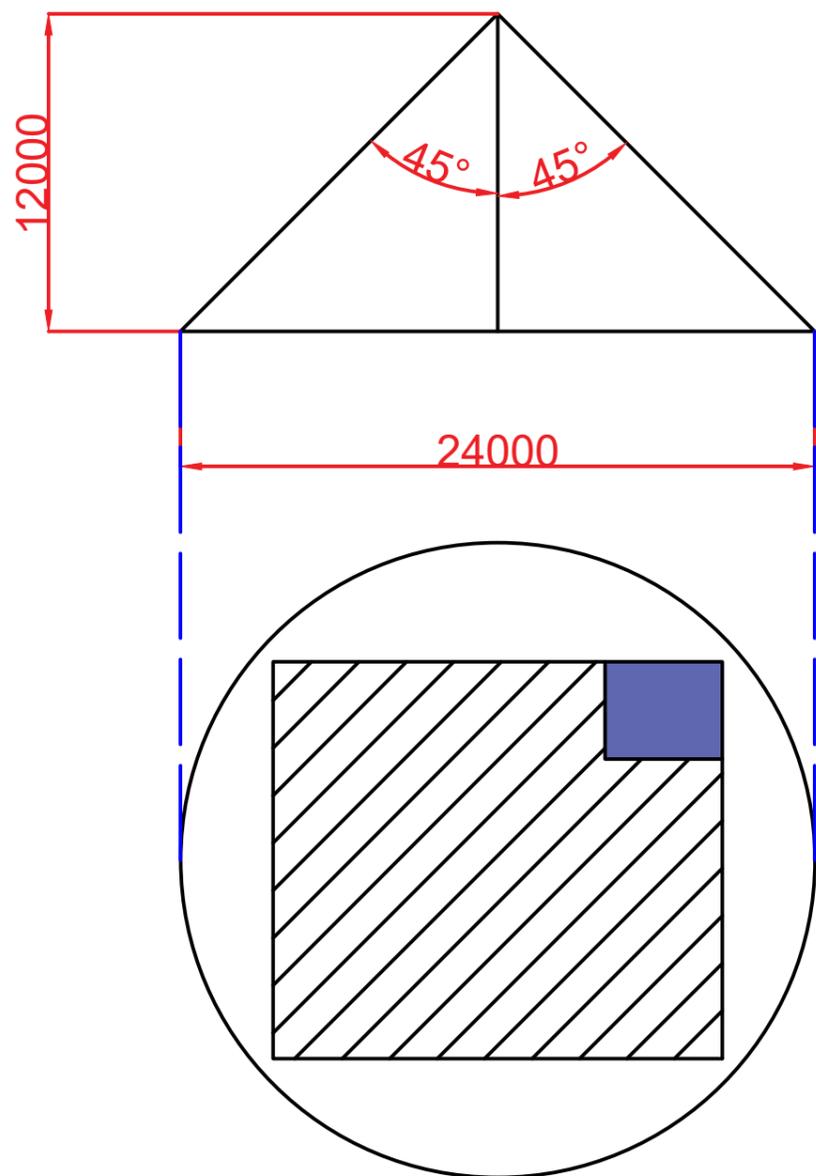
UEM -FENG

1:100

Nr. 3



ÁREA DE EXPOSIÇÃO				TL2022
Desenhou	M. Marcelino	UEM -FENG	Escala	Anexo Nr. 4
Verificou	Eng <sup>o</sup> . C. Dinis	UEM -FENG	1:100	



AREA DE PROTECCAO				TL2022
Desenhou	M. Marcelino	UEM -FENG	Escala	Anexo Nr. 5
Verificou	Eng <sup>o</sup> . C. Dinis	UEM -FENG	1:100	