

Memória Técnica Geral

Central Solar Fotovoltaica de Pereiro

Projeto licenciamento à licença de produção

Promotor: Suggestion Power, Lda.

Documento

NOME	Memória Técnica Geral	
REVISÃO E DATA	1	2024-09-19
PROJETO	Central Solar Fotovoltaica de Pereiro	
CRIADO	NM	
VERIFICADO	JC	
APROVADO	PM	
PÁGINAS	36	

Registo de revisões:

REV.	DATA	MODIFICAÇÃO/DESCRIÇÃO DA EDIÇÃO	CRIADO
0	2022-06-06	Primeira Emissão	NM
1	2024-09-19	Revisão para submissão de novo EIA	NM

Índice

ABREVIATURAS	5
MEMÓRIAS DESCRITIVAS	5
DOCUMENTOS DE CÁLCULO	5
ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS.....	5
PLANOS	6
PROJETO.....	6
ANEXOS	7
1. ENQUADRAMENTO	8
2. INTRODUÇÃO	9
3. ÂMBITO	11
4. CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS DO LOCAL.....	11
5. DESCRIÇÃO CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA	12
5.1 PRINCÍPIOS BÁSICOS DA ENERGIA FOTOVOLTAICA.....	12
5.1.1 Operação da Central Solar Fotovoltaica Ligada à Rede.....	12
5.1.2 Definição de Tecnologia.....	13
5.1.3 Sobredimensionamento do Campo Solar (CC/CA Racio).....	13
5.2 DESCRIÇÃO GERAL DA CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA	14
5.2.1 Dimensionamento	14
5.3 EQUIPAMENTO PRINCIPAL	16
5.3.1 Módulo Fotovoltaico	16
5.3.2 Inversores	18
5.3.3 Posto de Transformação.....	21
5.3.4 Transformador	24
5.3.5 Quadro de Média Tensão.....	25
5.3.6 Estrutura Fotovoltaica	27
5.3.7 Circuito de Baixa Tensão	28
5.3.8 Circuito de Média Tensão	29
5.3.9 Rede de Terras	29
5.3.10 Sistema de controlo e monitorização.....	29
5.3.11 Estação Meteorológica.....	30
5.3.12 Sistema CCTV	30
5.3.13 Contagem de Energia	31
5.4 TRABALHOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL	31
6. SUBESTAÇÃO	32
7. BESS.....	34
8. LINHA AÉREA DE MAT.....	35
9. ESTIMATIVA DA ENERGIA.....	36

Índice de figuras

Figura 1 – Planta de Localização	9
Figura 2 – Vista geral da Central Solar Fotovoltaica, imagem via satélite	10
Figura 3 – Condições Meteorológicas para a Local do Projeto.....	12
Figura 4 – Central Solar Fotovoltaica Princípio Básico	13
Figura 5 – Módulo fotovoltaico.....	16
Figura 6 – Caixa de junção e polos do módulo fotovoltaico.....	18
Figura 7 – Aparência do Inversor	19
Figura 8 – Vista Geral do posto de transformação.....	22
Figura 9 – Diagrama Unifilar do Quadro MT	25
Figura 10 – Seguidor Horizontal a 1 eixo	28

Índice de tabelas

Tabela 1 – Sumário dos Principais Elementos Técnicos	10
Tabela 2 – Dados de Irradiação e Temperatura.....	11
Tabela 3 – Dimensionamento Bloco de Potência.....	15
Tabela 4 – Dados Elétricos do Módulo Fotovoltaico nas Condições STC	17
Tabela 5 – Principais Especificações Técnicas do Inversor	21
Tabela 6 – Principais Especificações Técnicas.....	23
Tabela 7 – Especificações Técnicas Principais do Transformador.....	24
Tabela 8 – Principais Especificações Técnicas do Quadro MT	27
Tabela 9 – Produção de Energia Estimada.....	36

Abreviaturas

(CA)	Corrente Alternada
(CC)	Corrente Contínua
(EPC)	Engineering, procurement, and construction
(BT)	Baixa Tensão
(LVC)	Low Voltage Cabinet
(MT)	Média Tensão
(PCU)	Power Converter Units
(PV)	Fotovoltaico
(SI units)	International System of Units
(SLD)	Single Line Diagram – Esquema Unifilar
(SVG)	Static Var Generator

Memórias Descritivas

MD	Memória Técnica Geral
MD1	Memória Técnica de Cabos de Baixa Tensão
MD2	Memória Técnica de Dimensionamento Protecções BT
MD3	Memória Técnica de Cabos de Média Tensão

Documentos de Cálculo

DC1	Estudo de Produção CSF Pereiro
-----	--------------------------------

Especificações Técnicas

ET1	Ficha Técnica Painel Fotovoltaico
ET2	Ficha Técnica Posto Transformação
ET3	Ficha Técnica Inversores
ET4	Ficha Técnica Seguidor Solar
ET5	Ficha Técnica Caixa de Junção
ET6	Ficha Técnica SPCC
ET7	Ficha Técnica Sistema de Armazenamento (BESS)
ET8	Ficha Técnica Cabo Solar
ET9	Ficha Técnica Cabo CC
ET10	Ficha Técnica Cabo MT

ET11	Ficha Técnica Transformador de Potência
------	-----------------------------------------

Planos

PL1.1	Planta de Localização 1/25000
PL1.2	Planta de Localização Orto foto
PL2	Planta de Implantação Geral
PL3	Plano Seguidor Solar
PL4	Planta de Disposição de Equipamentos
PL5	Esquema Unifilar de MT
PL6	Esquema Unifilar de BT
PL7	Plano de Vedação
PL8	Planta de Traçado de Valas
PL9	Planta de Traçados de Rede de Terras
PL10	Planta de Localização da Subestação
PL11.1	Planta da Implantação da Subestação
PL11.1	Planta da Implantação da BESS
PL12.1	Planta de Perfil Longitudinal da Subestação
PL12.2	Planta de Perfil Longitudinal do BESS
PL13	Planta de Alçados e Cortes dos PT
PL14	Planta de Estaleiro
PL15	Planta de Acessos Internos/Externos
PL16	Planta de Drenagens
PL17	Planta de Perfil Tipo de Valas
PL18	Arquitetura SPCC
PL19	Planta de traçado de cabos MT
PL20	Planta de traçado de cabos BT
PL21	Planta de Edifício de O&M

Projeto

PR1	Projeto Subestação 33/150 kV
PR2	Projeto BESS

Anexos

A1	Ficha Identificação Projeto
A2	Termo de Responsabilidade
A3	Declaração OE
A4	Cartão OE

1. Enquadramento

No âmbito do procedimento concorrencial lançado em 2020 pelo governo português para atribuição de capacidade de ligação solar fotovoltaica (Leilão solar 2020), a Endesa Generación Portugal apresentou proposta para o Lote 3 e foi-lhe atribuída direitos de ligação (TRC) para na subestação REN de Tavira e para uma potencia de ligação de 99MVA. O presente projeto apresenta-se como um projeto de licenciamento para obtenção da licença de produção, da Central Fotovoltaica de Pereiro. O presente documento descreve de uma forma sucinta o projeto da Central Solar Fotovoltaica do Pereiro, localizada na freguesia de Giões e União das freguesias de Alcoutim e Pereiro, do concelho de Alcoutim, distrito do Algarve e faz parte do dossier do projeto de instalações elétricas do centro electroprodutor.

O requerente deste projeto é a empresa: Suggestion Power, Lda., cujos contactos são os seguintes:

Morada: Quinta da Fonte, Edifício D. Manuel I, Piso 3, 2770-203 Paço de Arcos

Requerente: Suggestion Power, Lda

Telefone: +351.910.126.321

Endereços Eletrónicos: paulo.vivas@enel.com

A entidade que confere a licença de produção é a Direcção Geral de Energia e Geologia (DGEG), em cumprimento com a normativa vigente (Decreto-lei n.º 76/2019 de 3 de junho e o Decreto-lei n.º 15/2022), e a entidade que confere a licença de construção é a Câmara Municipal de Alcoutim em conformidade com o Plano Diretor Municipal (PDM). Cumpre realçar que, por deliberação da Assembleia Municipal de Alcoutim, tomada em sessão ordinária de 29.04.2019 (ata n.º 3/2019), foi reconhecido o interesse público municipal da “Central do Pereiro”.

De facto, a concretização do projeto representa um investimento assinalável e permitirá, ao longo das suas diversas fases de implementação, a criação (de forma direta e indireta) de aproximadamente 50 novos postos de trabalho no município de Alcoutim, com expectável fixação de população no concelho, constituindo assim um importante instrumento de dinamização económica e de combate à desertificação de um dos concelhos mais despovoados e envelhecidos do país.

O projeto da Central do Pereiro, obteve também junto da Câmara Municipal de Alcoutim, informação prévia favorável sobre a viabilidade do projeto e da respetiva compatibilidade com as condicionantes urbanísticas ou de ordenamento do território Municipal.

O projeto desta central fotovoltaica nasce com o intuito de aproveitar o recurso sol que temos em abundância, o qual pode, no momento atual e com o correto dimensionamento, ser competitivo em termos de mercado, contribuindo ainda para as metas do País para integração de renováveis na produção de energia e descarbonização da economia.

Atualmente, o panorama energético nacional apresenta na nossa visão, uma lacuna evidente, já que nos anos secos em que a produção hídrica que contribui esmagadoramente para o abastecimento, diminui drasticamente, o País é obrigado a importar essa energia do exterior e simultaneamente aumenta a produção das centrais a gás, implicando o gasto de recursos financeiros que se traduzem num assinalável desequilíbrio das contas com o exterior nos anos secos, (valores na ordem de vários milhares de milhões de euros que tem inclusive expressão percentual

evidente no PIB) e conforme é possível constatar nas estatísticas da D.G.E.G. Parece assim evidente que se o recurso solar pode no momento atual e com o correto dimensionamento ser competitivo em termos de mercado, nos anos secos seria um complemento fundamental da produção nacional evitando a saída desses recursos, aumentando ao mesmo tempo a segurança nacional no abastecimento e contribuindo ainda para as metas do País para integração de renováveis na produção de energia e descarbonização da economia.

2. Introdução

A Central Solar Fotovoltaica de Pereiro, na freguesia de Giões e União das freguesias de Alcoutim e Pereiro, do concelho de Alcoutim, Portugal com as seguintes coordenadas:

Latitude: 37.484744° N;

Longitude: 7.581493° W;

Altitude: 260m.

A central fotovoltaica tem 122,21 MWp de potência (CC) instalada e 105,6 MW de potência nominal máxima (CA) que será injetada na rede através de uma subestação de 33/150 kV.

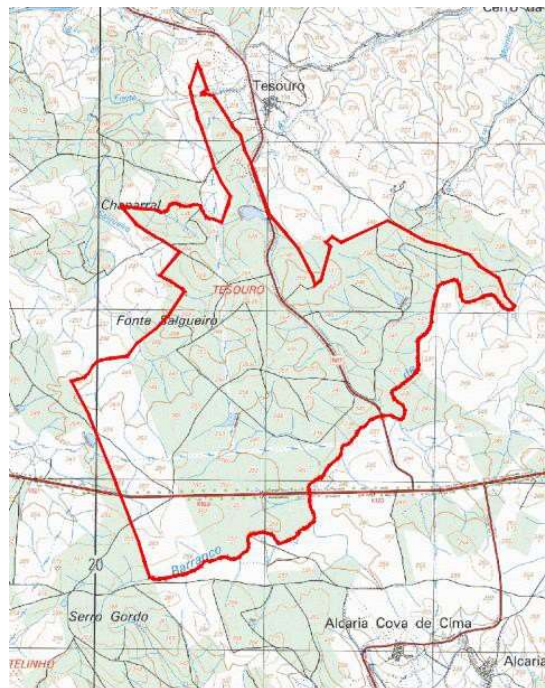


Figura 1 – Planta de Localização

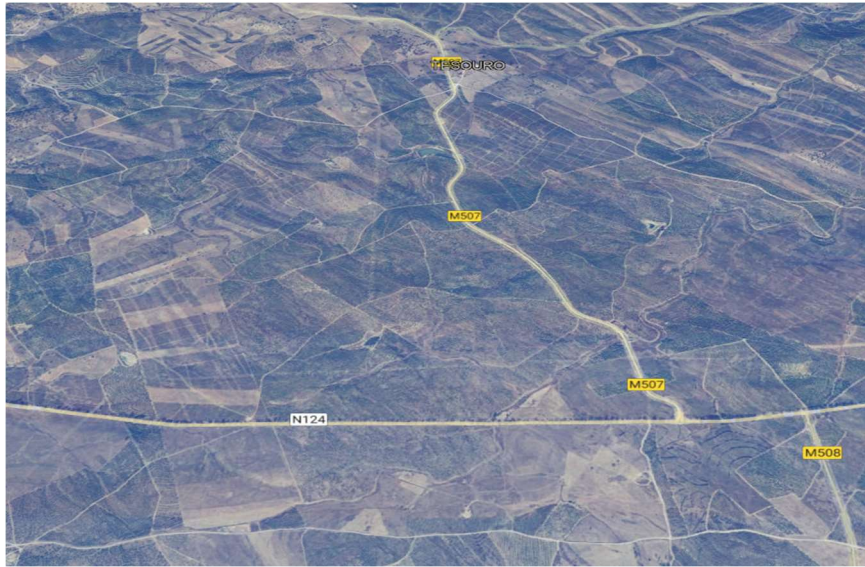


Figura 2 – Vista geral da Central Solar Fotovoltaica, imagem via satélite

A Tabela 1 apresenta um breve sumário dos elementos técnicos principais do projeto que serão estudados em detalhe nos capítulos subsequentes:

Elementos Técnicos	
Parâmetros	
Potência Nominal (ponto de injeção)	99 MVA
Potência Pico do Painel Fotovoltaico	615 Wp
Potência Pico Total	122,21 MWp
Módulo Fotovoltaico	LONGI 615 W LR8-66HGD
Quantidade de Posto de Transformação 6,5MVA	24
Potência Nominal do Inversor @ 40°C (kVA)	4 400
Quantidade de Módulos Fotovoltaicos	198 720
Quantidade de Strings	7 360
Pitch (Espaçamento)	11,7 m
Tipo Estrutura	Seguidor 1 Eixo N/S
Tipo Fundação (estimativa)	70% Estacagem Direta 25% Estacagem Direta Pré-furo 5% Micro-estaca

Tabela 1 – Sumário dos Principais Elementos Técnicos

3. Âmbito

O principal objetivo deste documento é descrever as principais características das instalações de especialidade elétrica e civil da Central Solar Fotovoltaica de Pereiro.

O âmbito das instalações a serem projetadas inclui o seguinte:

- Layout completo da instalação;
- Circuito de geração fotovoltaica;
- Circuito de 33kV, Média Tensão (MT), desde Postos de Transformação e Inversores até à subestação de 33/150kV;
- Desenhos e especificações para garantir que o equipamento instalado está de acordo com os requisitos.

4. Condições Meteorológicas do Local

A base de dados considerada foi a Meteonorm 8 e a Tabela 2 apresenta os dados meteorológicos para o local:

Mês	Irradiação Horizontal Global (kWh/m ²)	Irradiação incidente no plano (kWh/m ²)	Irradiação Horizontal Difusa (kWh/m ²)	Temperatura Ambiente(°C)
Janeiro	85,5	118,1	25,8	9,29
Fevereiro	108,1	147,8	28,46	10,07
Março	152,5	200,6	52,47	12,71
Abril	182,9	238,6	57,84	14,59
Maio	227,7	294,7	65,05	18,29
Junho	239	312,4	57,14	22,06
Julho	253	333,5	48,63	24,04
Agosto	223,9	297,5	49,75	24,65
Setembro	170,6	227,3	45,82	21,71
Outubro	127,2	168,6	43,98	18,31
Novembro	89,3	121,3	27,12	12,7
Dezembro	72	95,9	28,37	10,14
Ano	1931,9	2556,4	530,43	16,59

Tabela 2 – Dados de Irradiação e Temperatura

Abaixo estão apresentados os dados meteorológicos em modo gráfico para um ano típico baseado na base de dados Meteonorm 8, estes dados foram considerados para a simulação PVSyst que se apresenta em anexo,

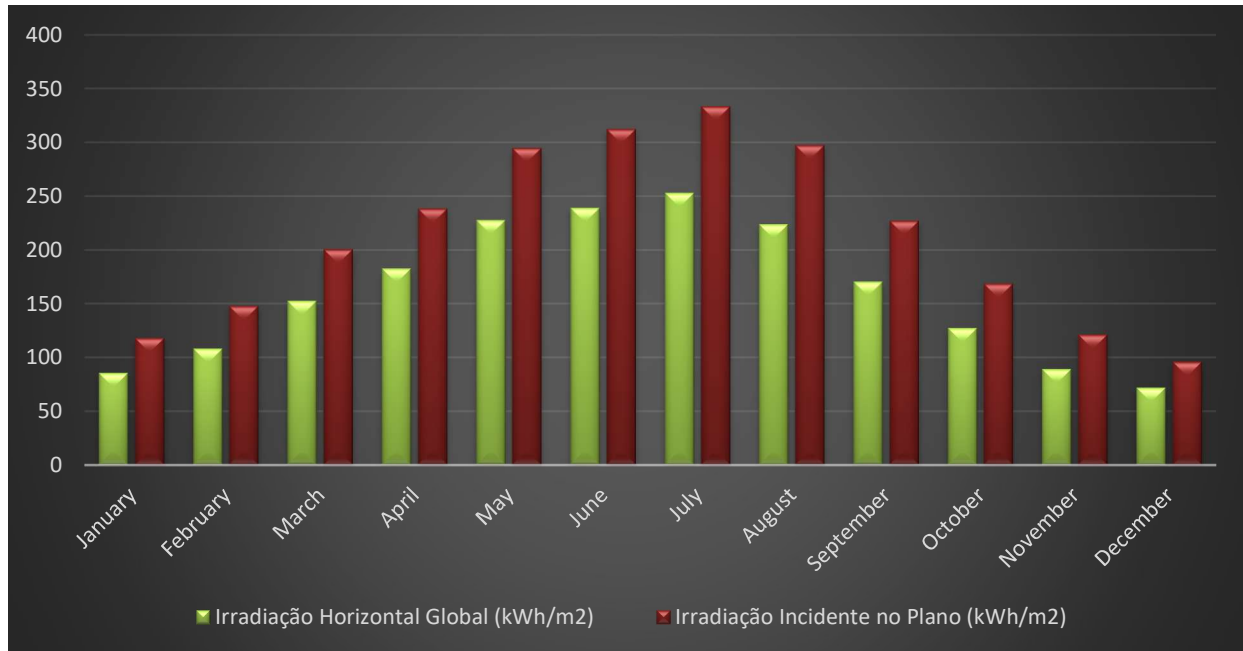


Figura 3 – Condições Meteorológicas para a Local do Projeto

5. Descrição Central Solar Fotovoltaica

5.1 Princípios Básicos da Energia Fotovoltaica

5.1.1 Operação da Central Solar Fotovoltaica Ligada à Rede

A geração fotovoltaica é composta por um conjunto de módulos fotovoltaicos ligados eletricamente em série ou em paralelo que serão responsáveis por converter a energia do sol em energia elétrica contínua. Esta energia é proporcional à irradiação solar incidente nos módulos fotovoltaicos. A energia produzida não pode ser diretamente injetada na rede sendo necessário converter primeiramente a energia CC produzida pelos módulos fotovoltaicos em energia CA.

Para converter a energia CC em energia CA é necessário a existência de um inversor no qual é injetada a energia elétrica CC produzida pelos módulos fotovoltaicos sendo convertida através deste em energia elétrica CA. O inversor é constituído por eletrónica de potência que irá permitir a conversão da energia CC em energia CA com a mesma tensão e frequência da rede (neste caso baixa tensão). Um transformador de potência será responsável por elevar a baixa tensão CA para média tensão CA que irá permitir injetar na rede a energia elétrica com baixas perdas.

A infraestrutura de ligação é projetada de acordo com a potência total da central solar fotovoltaica e características do ponto de interligação.

A imagem abaixo apresenta o princípio básico de uma central fotovoltaica ligada à rede.

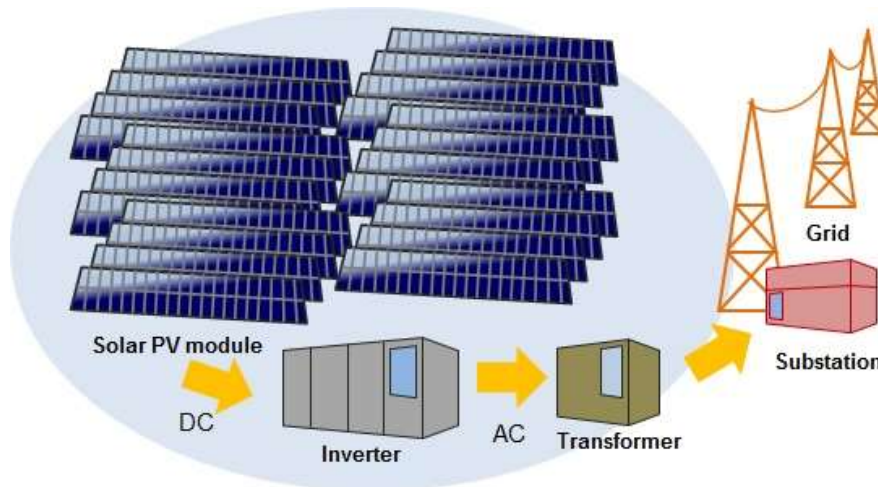


Figura 4 – Central Solar Fotovoltaica Princípio Básico

5.1.2 Definição de Tecnologia

A central solar fotovoltaica converte a energia recebida do sol em energia elétrica. Tendo isto em consideração, a central solar fotovoltaica descrita acima será composta pelo seguinte equipamento:

- Gerador solar composto por módulos fotovoltaicos bifaciais;
- Estrutura de seguimento a 1 eixo N/S;
- Inversores descentralizados;
- Posto de Transformação;
- Transformador de média tensão localizado nos Postos de Transformação e Inversores para elevar a tensão para os 33kV da rede de distribuição;
- Cabos BT e MT;
- Quadro MT localizado nos Postos de Transformação e Inversores;
- Subestação 33/150 kV;
- Quadro MT localizado na subestação 33/150kV
- Linha aérea de MAT 150 kV;
- Sistema de deteção de intrusão e vídeo vigilância;
- Sistema de comunicações;
- Sistema de terras;
- Sistema auxiliar de fornecimento de energia;

5.1.3 Sobredimensionamento do Campo Solar (CC/CA Racio)

No negócio fotovoltaico é prática comum o sobredimensionamento da potência do campo solar CC (soma dos módulos fotovoltaicos) ao contrário da soma da potência CA dos inversores. Esta prática é aplicada para compensar algumas perdas como:

- Situações de baixa radiação;

- Perdas por temperatura;
- Perdas nos cabos;
- Perdas por incompatibilidade (mismatch);
- Perdas por sombreamento;
- Etc.

Devido às razões apresentadas acima, a potência CC para este projeto será maior do que a potência CA dos inversores. É importante mencionar que o sistema de controlo do inversor nunca irá permitir gerar uma potência maior que a potência nominal do inversor. Se em algum momento de operação a potência CC da central fotovoltaica é mais elevada que a potência CA, o inversor auto protege-se operando em modo conhecido por “clipping” e descartará o excesso de energia através do desvio da potência máxima do campo fotovoltaico.

5.2 Descrição Geral da Central Solar Fotovoltaica

A central será constituída por 198 720 painéis solares fotovoltaicos, com a potência unitária de 615W, agrupados em 7 360 strings de 27 painéis, instalados em estrutura tipo seguidor horizontal a um eixo, representando uma potência pico instalada de 122,21 MWp e 99 MVA de potência elétrica de ligação. As strings de painéis serão associadas a 24 postos de transformação e inversores, compostos por inversores trifásicos de 4400 kVA, transformadores trifásicos de 4400 kVA 0,6 / 33 kV. O total da potência instalada de inversores será de 105 600 kVA, mas existirá um sistema de controlo de potência que limita a potência entregue à rede a 99 000 kVA.

A Tabela 1 deste documento apresenta o sumário da configuração técnica para a Central Solar Fotovoltaica de Pereiro. O documento PL2 – Planta de Implantação apresenta o layout geral para esta Central Fotovoltaica.

5.2.1 Dimensionamento

Considerando a dimensão deste projeto, com o objetivo de minimizar custos e otimizar o projeto serão definidos blocos de potência que serão repetidos várias vezes para obter a potência requerida,

Cada configuração de bloco de potência será projetada de acordo com as características elétricas do equipamento como tensões de operação dos módulos e inversores, correntes máximas, etc,

A solução de inversores proposta para esta central fotovoltaica é uma solução centralizada com inversores SMA de 4400 kVA.

O projeto será composto pela implantação de módulos fotovoltaicos e contempla a construção das seguintes infraestruturas:

- a) Central solar fotovoltaica;
- b) Instalações elétricas de baixa tensão de produção DC/AC;
- c) Instalações elétricas de baixa tensão de uso exclusivo para funcionamento da própria central, incluindo instalação elétrica de utilização para equipamento da central, iluminação da central, sistemas de videovigilância e deteção de intrusão;
- d) Subestação MAT/MT de interligação com a RESP;

- e) Instalação elétrica de média tensão incluindo os postos de transformação e conversão de energia, interligação e seccionamento;
- f) Ligação elétrica à rede elétrica de serviço público, a efetuar até ao ponto fronteira no terreno da central;
- g) Sistema de segurança e qualidade na produção de energia elétrica (limitadores de potência, sistemas de contagem, relés de proteção e comando, temporizadores, equipamentos de corte, transformadores de tensão, transformadores de corrente, e encravamentos);
- h) Sistemas de segurança e monitorização (estação meteorológica, zona de controlo, CCTV, e sistema anti-intrusão);
- i) Caminhos interiores, periféricos e vedação;

Na Tabela 3 é apresentado o dimensionamento para cada bloco de potência:

Posto de Transformação e Inversor	Potência CA @ 35°C (kVA)	Quantidade Módulos Fotovoltaicos	Strings por Posto de Transformação e Inversor	Potência CC (kWp)	Rácio CC/CA Cosphi 0,95 @ 35°C	Número de Caixas de Junção de 16 Strings
1	4 400	8 640	320	5 314	127%	20
2	4 400	8 640	320	5 314	127%	20
3	4 400	8 640	320	5 314	127%	20
4	4 400	8 127	301	4 998	120%	19
5	4 400	8 127	301	4 998	120%	19
6	4 400	8 127	301	4 998	120%	19
7	4 400	8 127	301	4 998	120%	19
8	4 400	8 154	302	5 015	120%	19
9	4 400	8 154	302	5 015	120%	19
10	4 400	8 262	306	5 081	122%	19
11	4 400	8 262	306	5 081	122%	19
12	4 400	8 262	306	5 081	122%	19
13	4 400	8 262	306	5 081	122%	19
14	4 400	8 262	306	5 081	122%	19
15	4 400	8 262	306	5 081	122%	19
16	4 400	8 262	306	5 081	122%	19
17	4 400	8 262	306	5 081	122%	19
18	4 400	8 262	306	5 081	122%	19
19	4 400	8 262	306	5 081	122%	19
20	4 400	8 262	306	5 081	122%	19
21	4 400	8 262	306	5 081	122%	19
22	4 400	8 262	306	5 081	122%	19
23	4 400	8 289	307	5 098	122%	19
24	4 400	8 289	307	5 098	122%	19

Tabela 3 – Dimensionamento Bloco de Potência

No capítulo 4.3.2 é apresentada uma descrição mais detalhada do inversor,

5.3 Equipamento Principal

Neste capítulo serão descritas as especificações do equipamento principal e os respetivos datasheets serão anexados.

5.3.1 Módulo Fotovoltaico

Na Central Solar Fotovoltaica de Pereiro serão instalados 198 720 módulos do tipo bifacial monocristalinos, half cut, O módulo fotovoltaico selecionado será o seguinte:

- **Longi 615 W LR8-66HGD-615M**

O módulo fotovoltaico selecionado é do fabricante Jinko Solar, que é líder e fabricante global tier 1 de produtos solares fotovoltaicos de alta performance.



Figura 5 – Módulo fotovoltaico

Módulos fotovoltaicos half-cell contêm células divididas pela metade o que melhora a performance e a durabilidade. Os tradicionais painéis de 66 células terão 132 células half-cut. Quando as células são divididas pela metade a sua corrente também é dividida pela metade, assim a resistência de perdas torna-se menor e as células podem produzir um pouco mais de energia. Células pequenas são sujeitas a menores stresses mecânicos, havendo assim menor probabilidade de se partirem. Módulos half-cell têm maiores valores de saída e são mais fiáveis que os painéis tradicionais.

As células fotovoltaicas são encapsuladas em acetato de etileno vinil (EVA - ethylene vinyl acetate) resistente à radiação ultravioleta. As células serão completamente protegidas contra o lixo, humidade e será garantida a sua vedação completa e estão preparadas para suportar condições adversas, operando de modo eficiente sem interrupções ao longo do seu tempo de vida útil.

A moldura do painel fotovoltaico é feita de uma liga de alumínio anodizado. De acordo com o fabricante, o período de garantia com respeito à potência mínima de saída é de 25 anos desde o início da garantia. No final do primeiro ano, a potência mínima não será menor do que 98% do mínimo de potência de saída mínima nominal e no final de cada ano após o primeiro ano a potência de saída não irá reduzir mais do que 0,5%.

A Tabela 4 apresenta um breve sumário dos dados elétricos do módulo fotovoltaico nas condições de teste standard (STC - Standard Test Conditions):

Dados Elétricos do Módulo Fotovoltaico (STC)	
Fabricante	Longi
Modelo	LR8-66HGD-615M
Potência nominal	615 Wp
Tensão em circuito aberto - Voc	48,58 V
Corrente de curto-circuito	16,0 A
Tensão de máxima potência - Vmpp	40,71 V
Tensão de máxima corrente - Impp	15,11 A
Eficiência do módulo	22,8 %
Coeficiente de temperatura em modo circuito aberto (Voc)	-0,23 %/°C
Coeficiente de temperatura modo curto circuito (Isc)	-0,045 %/°C
Coeficiente de temperatura em modo de potência máxima (Pmax (%/°C))	-0,28 %/°C
Máxima Tensão do Sistema	1500 Vdc
Fusível	35 A

Tabela 4 – Dados Elétricos do Módulo Fotovoltaico nas Condições STC

Cada módulo é constituído por uma caixa de junção na parte traseira. Para este módulo fotovoltaico (half cut), os polos positivo e negativo estão posicionados nas extremidades do painel como pode ser visto na Figura 6.

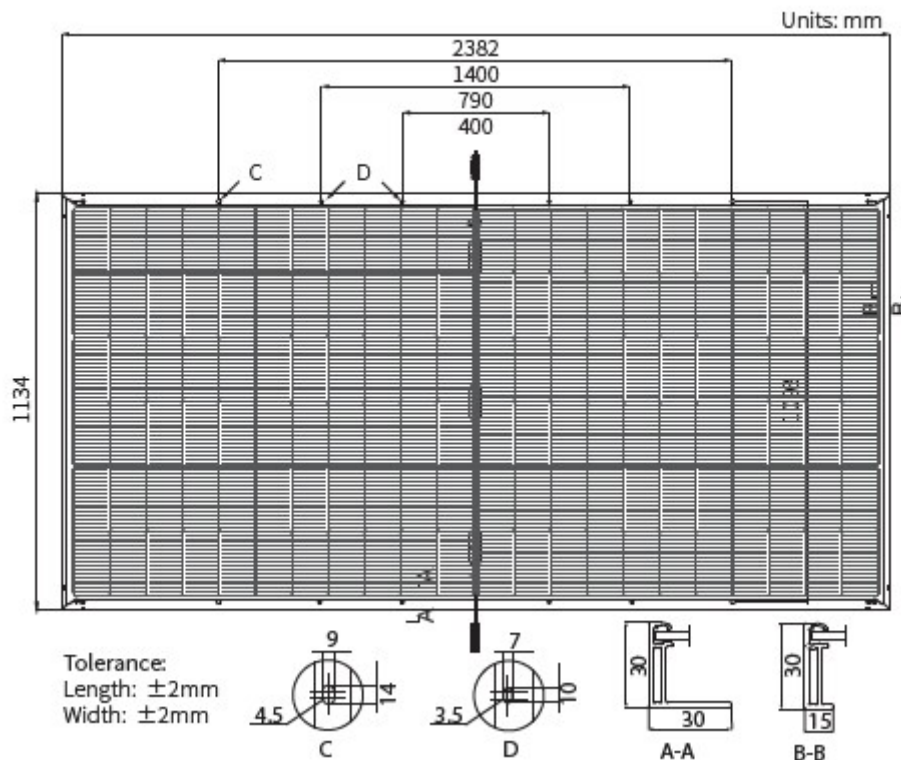


Figura 6 – Caixa de junção e polos do módulo fotovoltaico

Mais detalhes estão apresentados no Ficha Técnica do módulo fotovoltaico em anexo a este documento,

5.3.2 Inversores

Como breve introdução, o inversor é o equipamento que converte a corrente CC em corrente CA. A operação do inversor é feita automaticamente, O inversor monitoriza continuamente a tensão e corrente dos módulos e o estado da rede CA. Quando os módulos fotovoltaicos geram energia suficiente, o inversor sincroniza-se com a rede CA e começa a injetar energia. Os inversores fotovoltaicos têm uma potência de entrada variável que permite obter sempre a máxima potência do gerador fotovoltaico, Este mecanismo de extração de potência máxima do gerador é implementado pelo Maximum Power Point Tracking (MPPT), A qualidade do algoritmo MPPT é muito importante para avaliar a qualidade do inversor. O inversor parará a sua operação nas seguintes situações:

- Falha de rede: No caso em que há falha de rede (sem energia), o inversor estará em curto-circuito e será desconectado evitando a operação em ilha, O inversor retornará à operação quando a ligação à rede for restabelecida. Exceto no definido no regulamento da Portaria 73;
- Tensão MPPT fora do alcance: se a tensão MPPT está acima ou abaixo dos níveis MPPT o inversor deixará automaticamente de operar e restabelecerá a operação quando os níveis de tensão MPPT forem encontrados;
- Frequência fora do alcance: se o nível de frequência está fora do alcance do inversor o inversor deixará de operar e restabelecerá a operação quando os níveis de frequência forem encontrados;

- Alta temperatura: se o nível de temperatura está fora da temperatura máxima de operação do inversor o inversor deixará de operar e a operação será restabelecida quando a temperatura for inferior à temperatura máxima de funcionamento,

Para esta central fotovoltaica serão instalados 24 inversores de centrais do fabricante SMA. O inversor tem a potência de 4400kW @35°C e cada inversor será composto por 1 (nove) MPPTs.

Os inversores serão distribuídos pela central fotovoltaica e serão conectados diretamente ao transformador do Posto de Transformação e Inversão. Cada inversor irá gerar corrente CA trifásica a 600V. O circuito de input CC suportará a tensão máxima de 1500Vdc.



Figura 7 – Aparência do Inversor

Na

Especificações Técnicas Principais do Inversor	
Fabricante	SMA
Modelo	4400
Máxima Eficiência (%)	98,8
Eficiência Europeia (%)	98,6
INPUT	
Tensão Máxima de Entrada (V)	1500
Corrente Máxima por MPPT (A)	4750
Máxima corrente de curto-circuito por MPPT (A)	4750
Intervalo de tensões de operação MPPT (V)	962-1325
Tensão Nominal de Entrada (V)	1500
Número de MPPT	1
OUTPUT	
Potência Ativa Nominal CA (kW)	4400 @ 35°C
Potência Aparente Máxima CA (kVA)	4400
Potência Ativa Máxima CA $\cos \varphi=1$ (kW)	4400
Tensão de Saída Nominal (V)	600
Frequência de Rede CA (Hz)	50/60
Corrente de Saída Nominal (A)	3850
Corrente de Saída Máxima (A)	3850
Intervalo ajustável do Fator de Potência	0,8 LG to 0,8 LD
Distorção Harmónica Máxima Total	< 3%
Intervalo de Temperatura de Operação (°C)	-25°C to 60°C

Tabela 5 são apresentadas as especificações técnicas principais do inversor:

Especificações Técnicas Principais do Inversor	
Fabricante	SMA
Modelo	4400

Máxima Eficiência (%)	98,8
Eficiência Europeia (%)	98,6
INPUT	
Tensão Máxima de Entrada (V)	1500
Corrente Máxima por MPPT (A)	4750
Máxima corrente de curto-circuito por MPPT (A)	4750
Intervalo de tensões de operação MPPT (V)	962-1325
Tensão Nominal de Entrada (V)	1500
Número de MPPT	1
OUTPUT	
Potência Ativa Nominal CA (kW)	4400 @ 35°C
Potência Aparente Máxima CA (kVA)	4400
Potência Ativa Máxima CA $\cos \varphi=1$ (kW)	4400
Tensão de Saída Nominal (V)	600
Frequência de Rede CA (Hz)	50/60
Corrente de Saída Nominal (A)	3850
Corrente de Saída Máxima (A)	3850
Intervalo ajustável do Fator de Potência	0,8 LG to 0,8 LD
Distorção Harmónica Máxima Total	< 3%
Intervalo de Temperatura de Operação (°C)	-25°C to 60°C

Tabela 5 – Principais Especificações Técnicas do Inversor

Mais detalhes estão presentes no Ficha Técnica em anexo a este documento,

5.3.3 Posto de Transformação

O Posto de Transformação e inversão (MV 4400) é um contentor metálico compacto, 20' HC, que contém um transformador de exterior, quadro de MT e quadro de BT. Permite uma rápida e fiável ligação do inversor fotovoltaico à rede MT.

As MV 4400 são de tipo Eco-design e tem baixas perdas em carga e sem carga de acordo com a EN50588-1.

O nível sísmico que o posto de transformação pode suportar é de nível 8. Todos os equipamentos internos estão fixos ao chão e paredes.

A Figura 8 apresenta a vista geral do posto de transformação.



Figura 8 – Vista Geral do posto de transformação

Mais detalhes são apresentados na Ficha Técnica da Posto de Transformação e Inversor anexada a este documento.

Na Tabela 6 são apresentadas as principais especificações técnicas do posto de transformação,

Fabricante	SMA
Modelo	MVPS 4400
ENTRADA	
Tensão de Entrada (V)	1500
Máxima Corrente Nominal de Entrada à Tensão Nominal (A)	4750
SAÍDA	
Potência CA (kVA)	4400 kVA @ 35°C
Tensão Nominal de Saída (kV)	33
Frequência (Hz)	50
Tipo de Transformador	Imersão em óleo
Tappings	±2x2,5%
Tipo de Transformador a Óleo	Óleo Mineral
Grupo Vetor do Transformador	Dy11
Índice de Eficiência	98,7%, de acordo com EN 50588-1
Impedância (HV-LV1, LV2)	7,5% (0~+10%)
Quadro de MT Tipo	SF6 Gas Insulated, DCV ou DVC
Transformador Auxiliar	5kVA, Dyn11, 0,6/0,4kV
PROTECÇÃO	
Grau de Proteção do compartimento de MT & BT e Inversor	IP 54
Falha por arco interno no quadro de MT	IAC A 20 kA 1s
LV SPD	Type I+II
Dimensões (C x A x L) (mm)	6058 mm / 2896 mm / 2438 mm (20' HC Contentor)
Peso (toneladas)	< 18
Alcance Temperatura de Operação (°C)	-25° C ~ 55°
Altitude de Máxima Operação (m)	2000
Normas Aplicáveis	EC 60076, IEC 62271-200, IEC 62271-202, EN 50588-1, IEC 61439-1

Tabela 6 – Principais Especificações Técnicas

5.3.4 Transformador

Em cada posto de transformação será instalado um transformador de potência que será responsável pela transformação da potência gerada a baixa tensão para o nível de tensão da rede,

Os transformadores de potência serão do tipo imerso em óleo e como mencionado anteriormente estará localizado no interior do posto de transformação. Este transformador é trifásico com a potência nominal de 4400kVA @ 25°C para a MV 4400.

As principais características do transformador estão apresentadas na Tabela 7.

Normas Aplicáveis	
Tipo/Design code	Óleo
Tipo Refrigeração	ONAN
Potência nominal (kVA)	4400 @40° C
Tensão de Saída (kV)	33
Nível de Isolamento (kV)	LI 170 / AC 70
DETC Tappings	± 2 x 2.5%
Baixa Tensão (kV)	0.6
Nível de Isolamento Baixa Tensão (kV)	LI-/AC10
Frequência Nominal / Número de fases	50 Hz / 3
Impedância (HV-LV1, LV2)	7.5% (0 ~+ 10%)
Grupo Vector	Dy11
PEI	98.7%
Tipo de Óleo	Óleo Mineral
Material dos condutores	Al
Classe de Isolamento	A
Elevação da Temperatura média dos condutores (K)	65
Elevação da Temperatura do Óleo (K)	60
Cor da Pintura	RAL 9003
Peso (t)	<15

Tabela 7 – Especificações Técnicas Principais do Transformador

5.3.5 Quadro de Média Tensão

O posto de transformação irá incluir um quadro de média tensão que irá permitir operar os vários circuitos de geração.

É um quadro de isolamento a gás SF6, com todos os componentes de MT são completamente fechados num invólucro em aço inoxidável soldado para permitir que todos os dispositivos não sejam afetados pelo ambiente exterior,

O Quadro de MT é do tipo DCV e é composto por uma unidade de saída (cable rise unit), uma unidade de entrada (cable switch unit) e um alimentador de transformador (circuit breaker unit), A Figura 9 apresenta o diagrama unifilar do Quadro MT,

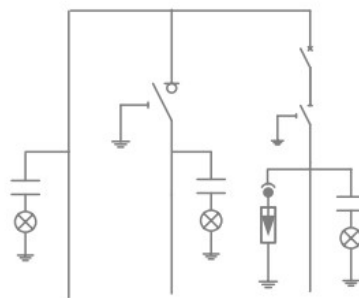


Figura 9 – Diagrama Unifilar do Quadro MT

Principais características:

- A libertação da pressão é direcionada para baixo;
- O barramento é totalmente inserido no interior de um invólucro que contém gás SF6 e é livre de manutenção;
- A tensão nominal de controlo e do circuito auxiliar é de 220V CA, Os circuitos existentes no armário de proteções são comumente protegidos por um MCB;
- Um barramento de proteção elétrica em cobre de 120 mm² está localizado na parte frontal inferior do compartimento dos cabos;
- Toda a sinalização auxiliar e circuitos de controlo são constituídos por cabo preto retardante ao fogo com uma secção de 1,5 mm², testado pelas normas IEC;
- A proteção deve ter fecho manual, Quando equipado com uma UPS, a proteção suporta fecho remoto;

As principais características do Quadro de MT estão apresentadas na

Item	Parâmetro	
Normas Aplicáveis	IEC 62271-1/100/102/103/200	
Tipo de Isolamento	SF6	SF6
Tensão Nominal (kV)	36	40,5
Corrente Nominal (A)	630	630
Frequência Nominal (Hz)	50	50
Tensão suportada à frequência nominal (1min) (kV)	70/80 (Valor comum/ Através da distância de isolamento)	80/90 (Valor comum/ Através da distância de isolamento)
Tensão nominal suportada para uma descarga atmosférica (kV)	170/195 (Valor comum/ Através da distância de isolamento)	185/215 (Valor comum/ Através da distância de isolamento)
Corrente nominal de pico suportada (kA)	50	50
Corrente nominal de curta duração suportada (kA)	20 / 3s	20 / 3s
Falha por Arco Interno	IAC A 20kA/1s	IAC A 20kA/1s
Proteção IP	IP2X	IP2X
Relé de Proteção	ANSI: 50/51, 50N/51N	
Fugas Nominais de Gás por Ano	< 0,1%	< 0,1%
Intervalo de Temperaturas de Operação (°C)	-25 ~+65°C	
Dimensões (mm)	≤1500≤1000≤2200	
Local de entrada e saída de cabos	Entrada e Saída por Baixo	Entrada e Saída por Baixo

Tabela 8,

Item	Parâmetro	
Normas Aplicáveis	IEC 62271-1/100/102/103/200	
Tipo de Isolamento	SF ₆	SF ₆
Tensão Nominal (kV)	36	40,5
Corrente Nominal (A)	630	630
Frequência Nominal (Hz)	50	50
Tensão suportada à frequência nominal (1min) (kV)	70/80 (Valor comum/ Através da distância de isolamento)	80/90 (Valor comum/ Através da distância de isolamento)
Tensão nominal suportada para uma descarga atmosférica (kV)	170/195 (Valor comum/ Através da distância de isolamento)	185/215 (Valor comum/ Através da distância de isolamento)
Corrente nominal de pico suportada (kA)	50	50
Corrente nominal de curta duração suportada (kA)	20 / 3s	20 / 3s
Falha por Arco Interno	IAC A 20kA/1s	IAC A 20kA/1s
Proteção IP	IP2X	IP2X
Relé de Proteção	ANSI: 50/51, 50N/51N	
Fugas Nominais de Gás por Ano	< 0,1%	< 0,1%
Intervalo de Temperaturas de Operação (°C)	-25 ~+65°C	
Dimensões (mm)	≤1500≤1000≤2200	
Local de entrada e saída de cabos	Entrada e Saída por Baixo	Entrada e Saída por Baixo

Tabela 8 – Principais Especificações Técnicas do Quadro MT

5.3.6 Estrutura Fotovoltaica

A estrutura de montagem é composta por 3898 seguidores horizontais a um eixo fixas ao solo com estaca batida, pré-drilling ou micro-estaca apresentando uma inclinação de -60° a 60°. Os painéis serão posicionados verticalmente em 2 linhas e serão fixos a perfis de aço galvanizado. Em cada seguidor serão instalados 54 painéis. A solução de micro-estaca prevê a utilização de betão na fixação das estruturas ao solo, mas será usado apenas quando a solução de estaca batida não funcionar (estimamos um valor inferior a 10% do total das estacas). A quantidade de betão por estaca é muito reduzida e fica abaixo do solo. De qualquer forma na fase de decomissionamento da central, as micro-estacas serão removidas juntamente com betão.



Figura 10 – Seguidor Horizontal a 1 eixo

As estruturas estarão suficientemente distanciadas tendo em conta o sombreamento no dia 21 de dezembro permitindo também um fácil acesso, não só para a instalação da central como também para operação e manutenção do mesmo.

As características estáticas da estrutura e fixação ao solo serão analisadas e concebidas especialmente para o local de implementação.

Os cálculos respeitarão as leis e regulamentos nacionais, nomeadamente o Regulamento de Segurança de Ação de Estruturas de Edifícios e Pontes (RSAEEP) e o Regulamento de Estruturas Metálicas (Eurocódigo 3).

Em anexo a este documento apresenta-se o plano da estrutura com os tipos de fundação a aplicar e a ficha técnica.

5.3.7 Circuito de Baixa Tensão

O circuito de baixa tensão é composto por circuitos de baixa tensão CC e CA. As diferentes partes do circuito de baixa tensão são os seguintes:

- **Cablagem módulos fotovoltaicos:** composto por módulos interligados que formam uma string, Estes cabos são fornecidos com o módulo fotovoltaico pelo fabricante;
- **Cablagem de string:** este cabo irá ligar a string de módulos fotovoltaicos existentes em cada estrutura ao inversor, irá percorrer a estrutura e será instalado ao ar livre fixo na mesma através de abraçadeiras plásticas. Quando o cabo solar necessitar percorrer pelo solo será instalado em valas. A ligação de módulos e de strings à caixa de junção serão feitas através de conectores MC4. Da caixa de junção aos inversores através de cabo CC apropriado para valas;

Em anexo a este documento apresenta-se a memória descritiva do cálculo de cabos de baixa tensão e o respetivo ficheiro de cálculo,

5.3.8 Circuito de Média Tensão

O circuito de média tensão (MT) irá interligar os Postos de Transformação com a subestação, A rede MT será composta por 6 circuitos interligando os Postos de Transformação como indicado no esquema unifilar MT,

A cablagem será em alumínio para um nível de tensão de 30kV, isolamento XLPE e será dimensionado de acordo com as normas IEC. Os cabos MT serão diretamente enterrados,

Em anexo a este documento apresenta-se a memória descritiva do cálculo de cabos de média tensão e o respetivo ficheiro de cálculo.

5.3.9 Rede de Terras

O dimensionamento da rede de terras da central pretende garantir a segurança das pessoas em relação ao aumento do seu potencial evitando sobretensões perigosas na instalação e ter um valor mínimo de corrente de falta à terra, para assegurar o bom funcionamento dos dispositivos de proteção e, por conseguinte, o isolamento da zona de falha assim como obter uma rede de terra capaz de apresentar um valor de resistência de terra inferior a 1 Ω .

A rede de terras subterrânea entre Postos de Transformação seguirá o traçado das valas de cabos de média tensão e as estruturas metálicas de suporte dos módulos fotovoltaicos (não representadas neste esquema) serão ligadas entre si, aos módulos fotovoltaicos e à rede de terras única da central fotovoltaica. As partes metálicas dos módulos fotovoltaicos serão ligadas entre si por fita inox ou outra solução equivalente.

5.3.10 Sistema de controlo e monitorização

O Sistema de Controlo e Monitorização é baseado numa arquitetura distribuída suportada por uma rede em tempo real e múltiplas unidades diferentes. Esta arquitetura assegura uma alta flexibilidade uma vez que os vários recursos de um sistema de automação, associados a diferentes requisitos, podem ser atribuídos a diferentes unidades e colocados em pontos mais apropriados da instalação. Esta solução permite a gestão remota da central.

Devido às grandes áreas de aplicação do sistema, o grau de complexidade associado a cada sistema de monitorização e controlo podem variar de acordo com as especificidades de cada instalação, assim como as características integradas do sistema que são dependentes do tipo de geração de energia. Contudo, é pretendido neste documento mostrar de uma maneira detalhada a arquitetura e especificar as características do sistema para esta instalação.

A arquitetura do sistema atual adotado compreende uma unidade principal instalada no Edifício Principal, integrando o servidor SCADA e HMI, que adquirirá dados de todos os outros equipamentos remotamente (Ex. Inversores, subestações, estações meteorológicas...). De facto, o sistema SCADA da CSF Pereiro pode ser claramente entendido como um sistema de monitorização e automação distribuído, permitindo um elevado grau de operação flexibilidade/habilidade.

5.3.11 Estação Meteorológica

A estação meteorológica tem com função a recolha de dados meteorológicos, em particular a irradiação solar, que permite aferir a eficiência da central fotovoltaica. A produção da energia depende diretamente das condições climáticas como a temperatura ou radiação solar. A estação meteorológica será fornecida e instalada num mastro adequado no exterior do posto de transformação e permite aquisição em tempo real.

Serão instaladas 8 estações meteorológicas, a definir, para permitirem a monitorização das condições meteorológicas no local dos seguintes dados:

Principal:

- Radiação solar (Tilt and Horizontal);
- Temperatura Ambiente;
- Humidade Relativa;
- Velocidade do vento e direção;
- Temperatura de referência do módulo;
- Sensor pluviométrico/precipitação.

Secundário:

- Radiação solar (Tilt);
- Temperatura Ambiente.

5.3.12 Sistema CCTV

Devido à localização usual dos parques fotovoltaicos (frequentemente localizados em áreas isoladas) e considerando o largo investimento no equipamento instalado (inversores, módulos, cabos, entre outros equipamentos), torna-se muito importante incluir um sistema de vigilância e segurança que irá minimizar a ocorrência de acesso não autorizado, roubo ou vandalismo, que pode causar um enorme custo devido a reparações ou substituição de equipamento danificado.

O Sistema tem de ser capaz de detetar e gravar todas as ocorrências dentro do parque fotovoltaico e tem de ser capaz de informar o cliente do alarme e ativar a sirene ou outros elementos necessários uma vez ocorrida uma deteção.

O projeto pode ser dividido e resumido nos seguintes itens:

- Sistema de Proteção contra Fogo – que deve incluir deteção e, quando aplicável, sistemas de atuação nos equipamentos principais, nomeadamente STS e Edifícios principais;
- Área de Vigilância – Fornecimento e instalação de câmaras óticas fixas, com visão noturna, capazes de cobrir uma área relevante do parque fotovoltaico, assim como o equipamento necessário para gestão de toda a informação de vídeo;
- Instalação de proteção – Fornecimento e instalação de um sistema de intrusão, capaz de detetar intrusos dentro do edifício e permitindo o controlo de acessos à instalação fotovoltaica;

- Dispositivos de aviso – Fornecimento e instalação de sirene desencadeada por um alarme enviado por quaisquer sistemas instalados.

Para garantir a continuidade do sistema CCTV o sistema irá ser alimentado por uma fonte de alimentação UPS.

5.3.13 Contagem de Energia

A contagem da energia produzida na central fotovoltaica será efetuada no ponto de interligação com a Rede Elétrica.

5.4 Trabalhos de construção civil

Para a implantação da central será necessário realizar um conjunto de trabalhos de construção civil, como por exemplo, os relacionados com a vedação perimetral da central, construção ou reabilitação de estradas internas e de acesso ao parque, abertura e fecho de valas, fundações de equipamentos principais, movimentação de terras, drenagens e outros necessários para a construção da central.

Por motivos de segurança, para prevenir qualquer tipo de intrusões, será implementada, em todo o perímetro da central, uma vedação com cerca de 2 metros de altura ao solo e cerca de 15 km comprimento. A vedação será constituída por postes de madeira com rede denominada “rede ovelheira”. Os postes da vedação serão diretamente estacados no solo, ou através de pré-perfuração, recorrendo-se a fundações de betão, sempre que seja necessário reforçar a vedação. Em cada entrada da central, serão colocados um portão e uma porta homem para acesso de pessoas e veículos.

No interior do parque será construída uma rede de acessos internos para permitir o acesso de ligeiros e pesados a todas as áreas do parque inclusive a todos os equipamentos principais: subestação posto de corte, linhas AT e MT, postos de transformação, inversores, etc. durante a fase de construção e posteriormente de operação e manutenção. Sempre que possível serão aproveitados e melhorados os caminhos existentes e quando necessário serão construídos caminhos novos de acordo com a topografia do terreno. Os caminhos terão uma largura de 4 metros e serão constituídos em “tout-venant”. A extensão total aproximada de caminhos internos será de 8,7 km, e externos 301 m, dos quais cerca de 20% serão reabilitados.

As valas para passagem de cabos de potência e da rede de terras terão dimensões diferentes consoante o tipo e quantidade de cabos que as percorrem. A instalação dos cabos será preferencial cabos diretamente enterrados no solo ou se necessário instalados em tubos de proteção mecânica (tubos corrugados) de acordo com os desenhos relacionados. O fecho das valas será realizado com solos selecionados e isentos de agregados de granulometria significativa. Aquando da travessia de linhas de água e estradas, as valas terão proteção mecânica adicional de betão de modo a proteger as canalizações elétricas. A extensão total aproximada de valas para a operacionalidade da central será cerca de 36 km.

6. Subestação

O projeto da Subestação 33/150kV da Central Solar Fotovoltaica de Pereiro apresenta as características técnicas que a subestação deverá respeitar, bem como os seus diversos equipamentos e materiais constituintes e as regras que deverão ser cumpridas na construção das instalações elétricas de Muito Alta Tensão (MAT), MT, Serviços Auxiliares (SA) e do Sistema de Proteção, Comando e Controlo (SPCC).

A subestação a ser construída destina-se a escoar, para a rede de 150kV, a energia produzida pelo CSF Pereiro. A ligação da Central Fotovoltaica de Pereiro à RNT será feita através de uma linha aérea de terno simples, a 150kV até ao apoio P8 da Linha MAT Viçoso-Tavira de 150 kV. Esta linha tem uma extensão total de cerca de 3,82 km, com um cabo condutor por fase, dispostos em apoios de esteira horizontal. Está prevista a utilização de apoios do tipo T e CW, apoio da linha existente, cabos condutores do tipo ZEBRA (429-AL1/56-ST1A) e cabos de guarda tipo OPGW+DORKING.

A linha será estabelecida entre a CF Pereiro, a construir no concelho de Alcoutim, na união de freguesias de Alcoutim e Pereiro, e a linha existente Viçoso-Tavira da RNT, Rede Nacional de Transporte, de que é concessionária a REN - Rede Elétrica Nacional, S.A., no concelho de Tavira.

A subestação projetada será do tipo mista, composta por dois escalões de tensão, um de 150kV (MAT) e outro de 33kV (MT). A subestação será essencialmente constituída por um parque exterior de aparelhagem (PEA) e por um edifício de comando (EC).

A subestação será dotada de 1 transformadores 100 MVA, com uma área aproximada de 3060m². No Parque Exterior de Aparelhagem estarão localizados os maciços das fundações das estruturas de suporte dos equipamentos, fossas do transformador e respetivos depósitos de recolha de óleos, bem como as caleiras de cabos. Ao longo do perímetro da subestação existirá um murete e uma rede de altura adequada para garantir uma vedação eficaz. O acesso ao equipamento aí instalado é realizado através de um portão de acesso à subestação.

Foram considerados os seguintes pressupostos para os materiais e equipamentos utilizados na subestação:

Parque Exterior de Aparelhagem:

- Equipamentos de montagem sobre suportes metálicos galvanizados, fixados em maciços de betão;
- Altitude do local da instalação, inferior a 1000 m;
- Temperatura Máxima do Ar: 50 °C;
- Humidade Relativa do ambiente: 100%;
- Nível de Poluição Ligeiro;
- Tensões de Serviço: 33 / 150 kV

Edifício de Comando:

- Equipamentos modulares de SF6 para montagem interior;
- Altitude do local da instalação, inferior a 1000 m;
- Temperatura Máxima do Ar: 40°C;

- Humidade Relativa do ambiente: 100%;
- Nível de Poluição Ligeiro;
- Tensão Nominal de serviço: 33 kV;
- Tensão estipulada, eficaz: 36 kV,

Listagem de equipamentos aprovados a serem considerados:

- Transformador Potência: ABB, EFACEC, Grid Solutions Portugal, SIEMENS;
- Transformador Auxiliares: ABB, EFACEC, Grid Solutions Portugal, SIEMENS;
- Resistência de Neutro: ABB, EFACEC, Grid Solutions Portugal, SIEMENS;
- Disjuntores 150 kV: ABB, Grid Solutions Portugal, SIEMENS;
- Seccionadores 150 kV: ABB, EFACEC, Grid Solutions Portugal, SIEMENS;
- Transformadores de Medida 150 kV: ABB, EFACEC, Grid Solutions Portugal, SIEMENS;
- Descarregadores de sobretensões 150 kV: ABB, SIEMENS, TRIDELTA;
- Quadros GIS 33 kV: ABB, ORMAZABAL, SIEMENS, SCHNEIDER
- Sistema de Proteção e Comando: ABB, EFACEC, Grid Solutions Portugal, SIEMENS;
- Sistema de Telecomunicações: ABB, EFACEC, Grid Solutions Portugal, SIEMENS;
- Sistema de Contagem de Energia: ABB, EFACEC, Grid Solutions Portugal, SIEMENS;
- Cabos Eléctricos: Cabelte, General Cable, Solidal;

Listagem de Standards de equipamentos a serem seguidos:

- Transformador de Potência IEC 60 076
- Disjuntores 150 kV: IEC 62 271-100
- Seccionadores 150 kV: IEC 62 271-102
- Transformadores de Medida 150 kV: IEC 61 869-2/3/5
- Descarregadores de sobretensões 150 kV: IEC 60 099-4
- Sistema de Protecção e Comando: IEC 60 255
- Cabos Eléctricos: IEC 60 502; IEC 60 228; IEC 60 287

Listagem de Standards de eléctricos a serem seguidos:

- Vocabulário Eletrotécnico Internacional IEC 60 050;
- Simbologia e Diagramas IEC 60 417; IEC 60 617; ISO 5457;
- Rating de Corrente IEC 60 059;
- Cálculos Curto Circuito IEC 60 865; IEC 60 909;
- Dielétricos IEC 62 271-1;
- Isolamento IEC 60 071-1;
- Sistema de Terras e Proteção Atmosférica IEC 80-2000; IEC 62 305;
- Dimensionamento Cabos IEC 60 183;

Para mais detalhe, por favor, consultar o respetivo anexo com o projeto de detalhe.

7. BESS

A central será dotada de um sistema de armazenamento de energia de 24,44 MWdc / 97,76 MWh, que será conectado à subestação da central e permitirá que a central funcione de forma híbrida, como também permitirá atenuar a intermitência de produção de energia da central, otimizar a geração de acordo com o mercado energético, melhorar a previsibilidade e controlabilidade da central, permitir que a central realize serviços de suporte à rede de transporte (como controlo de frequência, regulação de potência reativa, tensão, e cavas de tensão), deslocalizar no período diário alguma da potência disponível para períodos sem recurso solar, e reserva de capacidade.

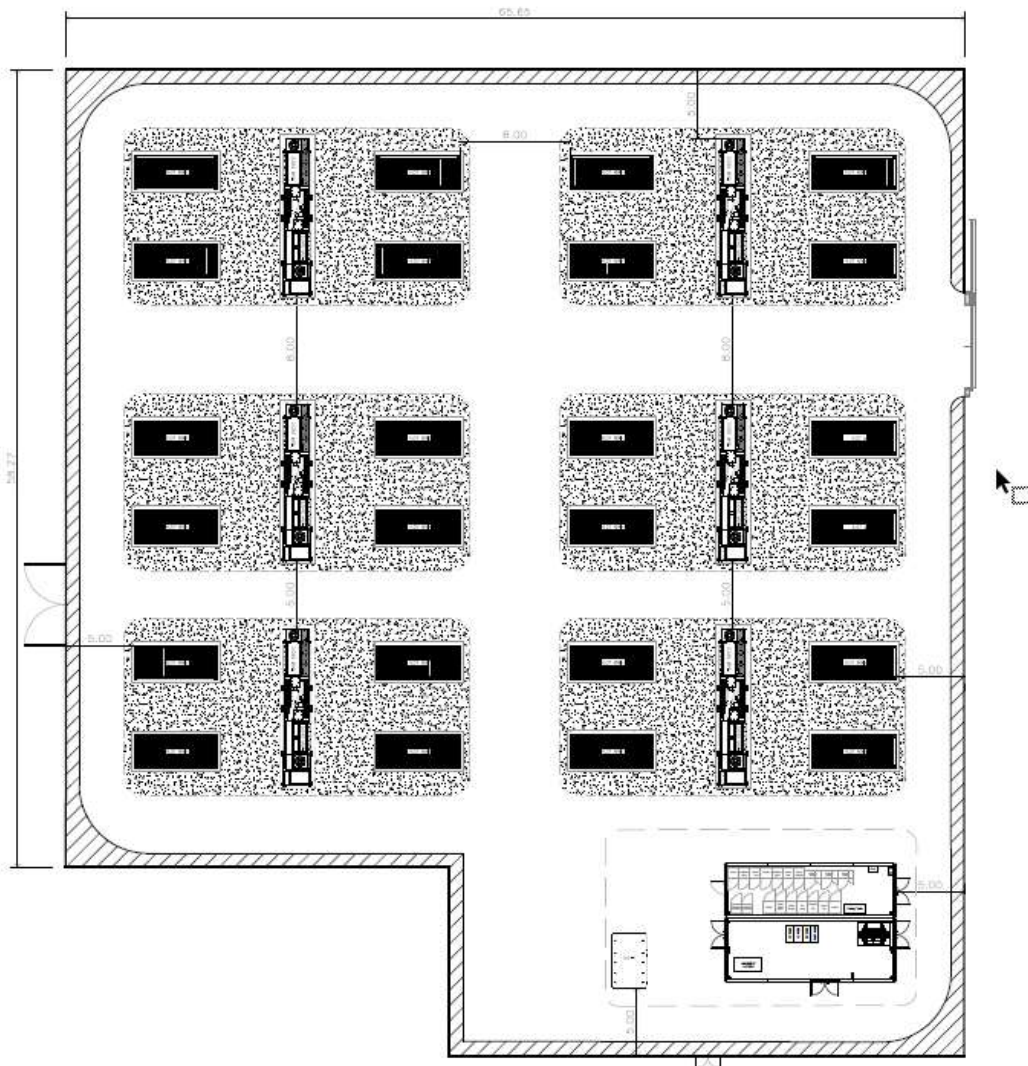


Figura 11 – BESS Layout

Mais detalhes sobre o sistema poderão ser consultados no respetivo anexo.

8. Linha Aérea de MAT

O Ramal da Linha CSF PEREIRO - P8/14 (VCS-TVR), a 150 kV, tem uma extensão total de cerca de 3,82 km, com 13 apoios, a 150 kV.

A ligação da Central Fotovoltaica de Pereiro à RNT será feita através de uma linha aérea de terno simples, a 150kV até ao apoio P8 da Linha MAT Viçoso-Tavira de 150 kV. Esta linha tem uma extensão total de cerca de 3,82 km, com um cabo condutor por fase, dispostos em apoios de esteira horizontal. Está prevista a utilização de apoios do tipo T e CW, apoio da linha existente, cabos condutores do tipo ZEBRA (429-AL1/56-ST1A) e cabos de guarda tipo OPGW+DORKING.

A linha será estabelecida entre a CF Pereiro, a construir no concelho de Alcoutim, na união de freguesias de Alcoutim e Pereiro, e a linha existente Viçoso-Tavira da RNT, Rede Nacional de Transporte, de que é concessionária a REN - Rede Elétrica Nacional, S.A., no concelho de Tavira.

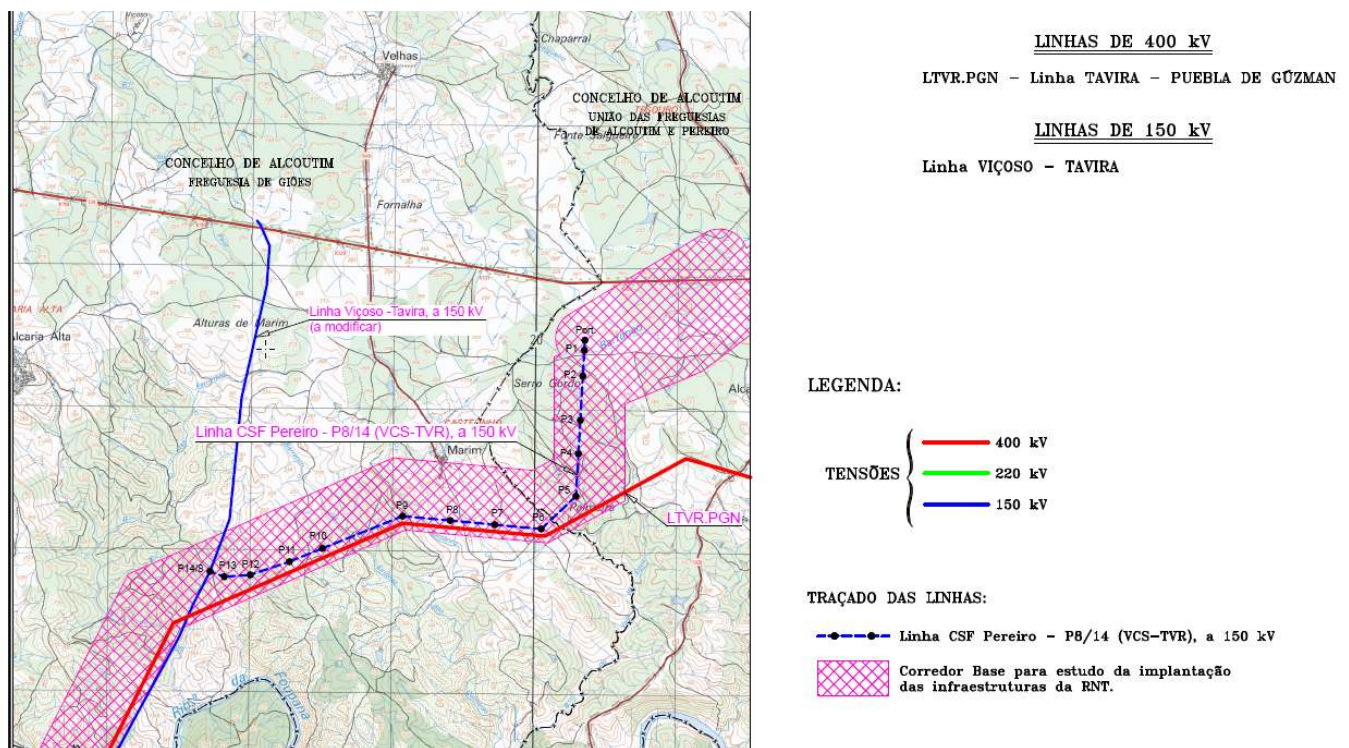


Figura 12 – Planta Geral Linha CSF Pereiro – P8/14 (VCS-TVR) a 150 kV

O projeto de detalhe da linha poderá ser consultado no respetivo anexo.

9. Estimativa da Energia

A estimativa anual por mês, baseada na base de dados Mateológicos:

Mês	Produção de Energia Estimada (GWh)
Janeiro	13,14
Fevereiro	16,22
Março	21,78
Abril	25,34
Maiο	30,69
Junho	32,00
Julho	33,54
Agosto	30,65
Setembro	23,97
Outubro	18,13
Novembro	13,17
Dezembro	10,69
Total	269,32

Tabela 9 – Produção de Energia Estimada

O PR estimado para a central solar é: **84,49%**

A produção específica para a central solar é: **2204 kWh/kWp/year**

A produção anual estimada da central é: **269,32 GWh/year**

Em anexo a este documento apresenta-se o relatório da estimativa de produção.

Memória Técnica de Cabos Baixa Tensão

Documento

Nome	Memória Técnica de Cabos Baixa Tensão	
Revisão e data	0	2024-09-17
Projeto	Central Solar Fotovoltaica Pereiro	
Criado	NM	
Revisto	PM	
Aprovado	PM	
Páginas	19	

Registo de revisões:

Rev.	Data	Modificação	Criado
0	2024-09-17	Primeira emissão	NM

Índice

1. ABREVIATURAS.....	5
2. DOCUMENTOS RELACIONADOS.....	5
3. INTRODUÇÃO.....	6
4. DIMENSIONAMENTO E REQUISITOS OPERACIONAIS.....	7
5. CARACTERÍSTICAS DA CENTRAL FOTOVOLTAICA.....	8
6. METODOLOGIA.....	9
7. CONDIÇÕES DE INSTALAÇÃO.....	9
7.1 NÍVEL 1: PV MÓDULOS PARA CAIXA DE JUNÇÃO.....	10
7.2 NÍVEL 2: CAIXA DE JUNÇÃO À MVPS.....	11
8. CÁLCULOS.....	12
8.1 CORRENTES MÁXIMAS ADMISSÍVEIS.....	12
8.2 CORRENTES DE CURTO CIRCUITO MÁXIMAS.....	12
8.3 DIMENSIONAMENTO DE PROTEÇÕES.....	13
8.4 QUEDA DE TENSÃO (CC).....	13
8.5 PERDAS DE POTÊNCIA (CC).....	14
8.6 CORREÇÃO TEMPERATURA DE FUNCIONAMENTO.....	14
9. CONCLUSÕES.....	15
9.1 CORRENTES MÁXIMAS ADMISSÍVEIS CORRIGIDAS.....	15
9.2 RESULTADOS PARA O NÍVEL 1.....	16
9.3 RESULTADOS PARA O NÍVEL 2.....	16
9.4 RESULTADOS GERAIS - NÍVEL 1+ 2.....	17
10. CONCLUSÕES.....	18
11. ANEXOS.....	19
11.1 TIPO DE VALA DE BAIXA TENSÃO - EXEMPLO.....	19

Índice de Tabelas

Table 1 - Características do parque fotovoltaico (painel)	8
Table 2 - Características do parque fotovoltaico (Configuração elétrica)	8
Table 3 - Correntes máximas admissíveis para o nível 1	12
Table 4 - Correntes máximas admissíveis para o nível 2	12
Table 5 - Correntes máximas admissíveis - nível 1	15
Table 6 - Correntes máximas admissíveis - nível 2 (1 cabo por polo)	15
Table 7 - Correntes máximas admissíveis - nível 2 - 2 cabos por polo	15
Table 8 - Secção mínima; Nível 1 - PV módulo até à caixa de junção	16
Table 9 - Queda de tensão; Perdas de Potência; Nível 1 - PV módulo até à caixa de junção	16
Table 10 - Secção mínima; Nível 2 - Caixa de junção até MVPS	16
Table 11 - Quedas de tensão; Perdas de Potência; Nível 2 – Caixa de junção até à MVPS.	16
Table 12 - Quedas de tensão; Perdas de Potência; Nível 1 + 2 – PV Módulos até MVPS	17

Índice de figuras

Figure 1 - Vista geral da Central Solar Fotovoltaica	6
Figure 2 – Vista geral da Central Solar Fotovoltaica, imagem via satélite	Error! Bookmark not defined.
Figure 3 - Módulos fotovoltaicos distribuídos por uma caixa de junção	10
Figure 4 - Esquema elétrico exemplo da MVPS	11
Figure 5 - Exemplo de vala de baixa tensão	19

1. Abreviaturas

(EPC)	Engineering, procurement, and construction
(SI units)	International System of Units
(PV)	Central Fotovoltaica
(MT)	Média Tensão
(BT)	Baixa tensão
(CA)	Corrente Alternada
(CC)	Corrente Contínua
(SLD)	Single Line Diagram – Esquema Unifilar

2. Documentos relacionados

3. Introdução

A central fotovoltaica tem 99 MVA de potência de injeção (CA) na rede através de uma subestação de 33/150 kV.

O objetivo deste documento é descrever o dimensionamento de cabos (CC/CA).

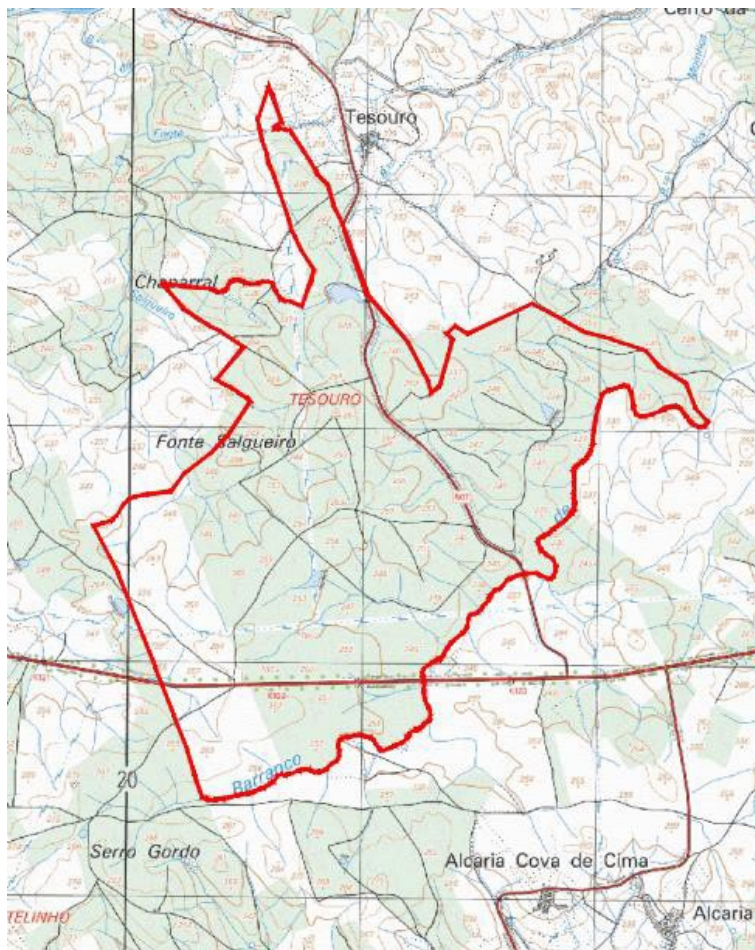


Figure 1 - Vista geral da Central Solar Fotovoltaica

4. Dimensionamento e requisitos operacionais

O dimensionamento de cabos é baseado nos seguintes regulamentos nacionais e internacionais de referência:

- “RSIUEE R.S.I.U.E.E. – Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Elétrica”;
- IEC 60364-5-52, Low voltage Electrical Installations;
- RTIEBT – “Regras técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão”;
- BT Diretiva 2006/95/EC.

5. Características da central fotovoltaica

Em termos de dimensionamento de cabos, pode dividir-se a Central Solar Fotovoltaica de Pereiro em dois níveis:

- Nível 1: PV módulos até caixa de junção;
- Nível 2: Caixas de junção até Posto de Transformação e Inversor;

As principais características da central fotovoltaica encontram-se descritas nas figuras seguintes:

Table 1 - Características do parque fotovoltaico (painel)

Considerações	
Power (W)	41,70
Vca (V):	18,42
Isc (A):	34,60
Vmpp (V):	17,34
Impp (A):	41,70

Table 2 - Características do parque fotovoltaico (Configuração elétrica)

Considerações	
Número de Módulos em Série	27
Número de Strings em Paralelo na Caixa de Junção	16
Número de Condutores por pólo	1

Nível 1: Módulos até à Caixa de Junção	Cabo solar em cobre
P (W):	16 605,00
U(V):	1 099,17
I (A):	15,11
Nível 2: Caixa de Junção até Inversor	Cabo Alumínio
P (W):	265 680,00
U (V):	1 099,17
I (A):	241,76

6. Metodologia

- Condições de instalação (temperatura do ambiente e do solo, resistividade térmica do solo, fatores de redução de agrupamento de cabos);
- Correntes máximas admissíveis;
- Quedas de tensão;
- Perdas de potência;
- Correção de temperaturas de funcionamento.
- Correntes de curto circuito máximas;

7. Condições de instalação

- Temperatura ambiente máxima: 40°C;
- Temperatura máxima do solo: 30°C;
- Resistividade térmica do solo: 1,5 k.m/W;
- $\cos \phi = 1$;

7.1 Nível 1: PV Módulos para Caixa de junção

Os circuitos que vão desde os módulos fotovoltaicos até às caixas de junção são instalados em dois métodos distintos. A primeira parte do circuito é instalada ao longo da estrutura do seguidor atrás dos módulos enquanto que a segunda parte é entubada ao longo das valas desde o seguidor até à respetiva caixa de junção.

Como este seguidor permite a instalação de 2 strings por cada unidade, ao longo de todo o trajeto do cabo solar vão existir circuitos com 2 cabos solares carregados. Devido a tal, é correto considerar para dimensionamento as correntes admissíveis da tabela IEC B52.5, tipo de instalação D1, item 71, cabos monopolares em condutas.

O pior cenário, ou seja, o ponto em que existe o maior número de cabos solares agrupados, é à entrada da caixa de junção (16 strings diferentes, 16 condutores positivos e 16 condutores negativos entram na caixa de junção), como se pode observar na figura seguinte:

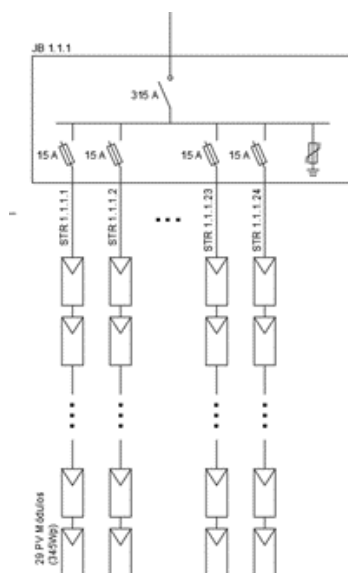


Figure 2 - Módulos fotovoltaicos distribuidos por uma caixa de junção

Nota: A componente DC esta configurada com base num sistema de polo negativo ligado à terra.

7.2 Nível 2: Caixa de junção à MVPS

Este nível diz respeito aos cabos que ligam a caixa de junção ao barramento de entrada DC da MVPS (figura 4).

Todos estes circuitos são enterrados diretamente no solo, pelo que se considera o método de instalação D2, item 72. Como neste caso, serão necessários dois cabos por polo, foram consideradas para dimensionamento as correntes admissíveis da tabela IEC B52.3 para o método referido anteriormente.

Neste nível o pior cenário será a junção dos circuitos de 6 caixas de junção numa mesma vala. Nesses setores existem cerca de 12 condutores positivos e 12 condutores negativos separados entre si.

Perante tal, foi considerado para dimensionamento o fator de agrupamento da tabela B52.18 relativo à instalação de 6 circuitos de dois cabos carregados, separados por um diâmetro entre si. Mais se adianta, que devido a tal, as valas serão dimensionadas de acordo com esses requisitos.

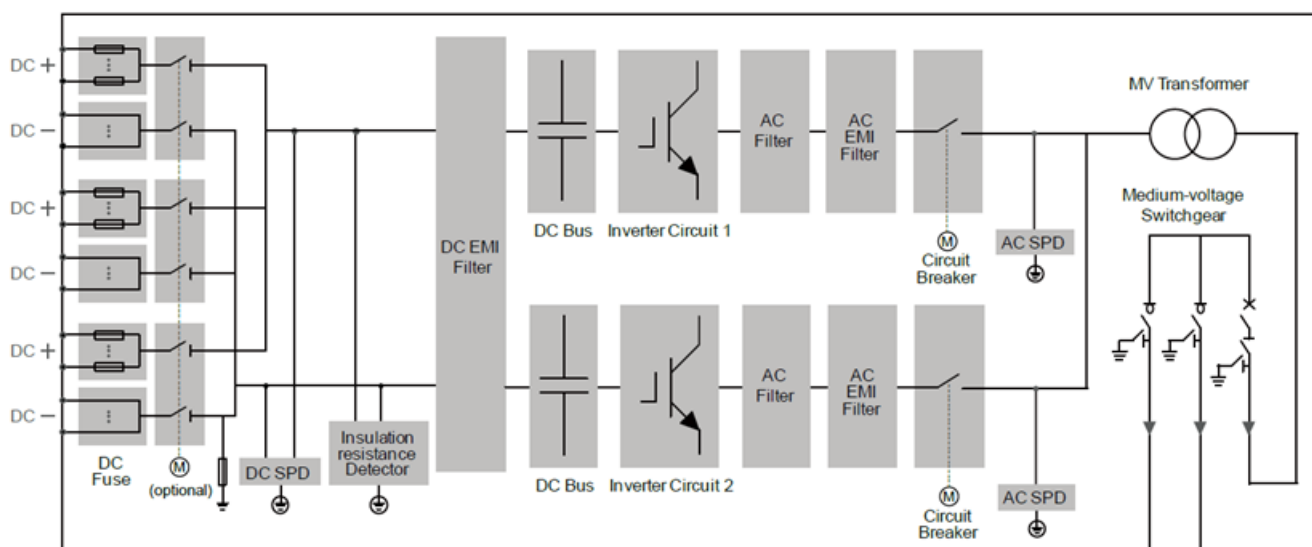


Figure 3 - Esquema elétrico exemplo da MVPS

8. Cálculos

8.1 Correntes máximas admissíveis

Aproveitando da experiência de instalações fotovoltaicas o dimensionamento destes dois níveis considera as seguintes secções de cabo:

Table 3 - Correntes máximas admissíveis para o nível 1

Nível 1: PV Módulos até Caixa de Junção		
Tipo de Cabo	Secção de cabo (mm ²)	Tipo D1
		IEC Tabela B52.5 (A)
1.5/1.5 kV (Cu) 1x(2x1x4mm ²)	4	36
1.5/1.5 kV (Cu) 1x(2x1x6mm ²)	6	44
1.5/1.5 kV (Cu) 1x(2x1x10mm ²)	10	58

Table 4 - Correntes máximas admissíveis para o nível 2

Nível 2: Caixa de junção até PVStation		
Tipo de Cabo	Secção de cabo (mm ²)	Tipo D2
		IEC table B52.3 (A)
1.8/3.0 kV (Al) 1x(2x1x150mm ²)	150	261
1.8/3.0 kV (Al) 1x(2x1x185mm ²)	185	296
1.8/3.0 kV (Al) 1x(2x1x240mm ²)	240	343

Para informações adicionais dos cálculos realizados bem como da configuração elétrica, por favor consultar documentos em anexo.

8.2 Correntes de curto circuito máximas

As correntes prejudiciais da instalação elétrica geralmente devem-se a sobrecargas e correntes de curto-circuito. Como as centrais fotovoltaicas são projetadas para suportar correntes de produção máximas, o conceito de sobrecarga não se aplica a ela. Além disso, as correntes de curto-circuito não são muito maiores que as correntes nominais de operação e isso significa que uma corrente de curto-circuito na instalação não pode ser detetada por dispositivos de proteção convencionais e, portanto, o projeto de proteção específico não é aplicável.

Para informação adicional considerar os seguintes documentos:

ET7 - Ficha Técnica Cabo Solar

ET8 - Ficha Técnica Cabo CC

8.3 Dimensionamento de proteções

Para informação adicional considerar o seguinte documento:

MD3 - Memória Técnica Dimensionamento Protecções BT

8.4 Queda de Tensão (CC)

A queda de tensão (diferença de tensão entre o início e o final do circuito) para cada um dos circuitos é calculada de acordo com a seguinte expressão.

$$\Delta V = I_b \times \frac{R}{1000} \times (L_p + L_n) \quad (1)$$

Onde:

ΔV Queda de tensão (V);

R Resistência (Ω/km);

L_p Comprimento do cabo, pólo positivo (m);

L_n Comprimento do cabo, pólo negativo (m);

I_b Corrente nominal do circuito (A);

Nota: Assumir como valor máximo da queda de tensão e perdas de potência um valor abaixo dos 2 %.

Para informação adicional considerar o seguinte documento: DC1 - Calculo de Cabos BT.

8.5 Perdas de potência (CC)

A perda de potência (diferença entre a potência no início e o final do circuito) para cada um dos circuitos é calculada de acordo com a seguinte expressão.

$$P (W) = \frac{R}{1000} \times Ib^2 \times (Lp + Ln) \quad (3)$$

Onde:

- P Perdas de potência (W);
- R Resistência (Ω/km);
- Ib Corrente nominal do circuito (A);
- Lp Comprimento do cabo, pólo positivo (m);
- Ln Comprimento do cabo, pólo negativo (m);

Para informação adicional considerar o seguinte documento: DC1 - Cálculo de Cabos BT.

8.6 Correção temperatura de funcionamento

Normalmente a resistência fornecida pelo fabricante dos cabos é relativa aos 20° e necessita ser corrigida para a temperatura de funcionamento dos cabos de acordo com a seguinte expressão.

$$R_{\theta} (\Omega/\text{km}) = R_{20^{\circ}\text{C}} \times [1 + \alpha_{20^{\circ}\text{C}} \times (\theta - 20)] \quad (4)$$

Onde:

- R_{θ} – Resistência do cabo para a temperatura de funcionamento (Ω/km);
- $R_{20^{\circ}\text{C}}$ – Resistência do cabo para a temperatura de referência de 20°C (Ω/km);
- $\alpha_{20^{\circ}\text{C}}$ – Resistividade do cabo para a temperatura de referência de 20°C;
- θ – Temperatura de funcionamento do cabo.

9. Conclusões

9.1 Correntes máximas admissíveis corrigidas

Na tabela seguinte são apresentadas as correntes máximas suportadas pelos cabos anteriormente referidos, para os respetivos níveis e tendo em consideração o fator de correção global descrito ao longo do documento.

Table 5 - Correntes máximas admiseveis - nível 1

Nível 1: PV Módulos até Caixa de Junção		
Tipo de Cabo	Secção de cabo (mm ²)	Tipo D1 IEC table B52.5
		(A)
1.5/1.5 kV (Cu) 1x(2x1x4mm ²)	4	20,57
1.5/1.5 kV (Cu) 1x(2x1x6mm ²)	6	25,14
1.5/1.5 kV (Cu) 1x(2x1x10mm ²)	10	33,14

Table 6 - Correntes máximas admiseveis - nível 2 (1 cabo por polo)

Nível 2: Caixa de junção até PVStation		
Tipo de Cabo	Secção de cabo (mm ²)	Tipo D2 IEC table B52.3
		(A)
1.8/3.0 kV (Al) 1x(2x1x150mm ²)	150	171
1.8/3.0 kV (Al) 1x(2x1x185mm ²)	185	194
1.8/3.0 kV (Al) 1x(2x1x240mm ²)	240	225

Table 7 - Correntes máximas admiseveis - nível 2 - 2 cabos por polo

Nível 2: Caixa de junção até PVStation		
Tipo de Cabo	Secção de cabo (mm ²)	Tipo D2 IEC table B52.3
		(A)
1.8/3.0 kV (Al) 2x(2x1x150mm ²)	150	342
1.8/3.0 kV (Al) 2x(2x1x185mm ²)	185	388
1.8/3.0 kV (Al) 2x(2x1x240mm ²)	240	449

9.2 Resultados para o nível 1

As tabelas seguintes apresentam as secções consideradas bem como os valores das perdas para o nível 1.

Table 8 - Secção mínima; Nível 1 - PV módulo até à caixa de junção

S(mm ²)	Iz (one circuit only)	Cable Temp. (°C)	IEC 60364-4-43						IEC60269					
			Resistance @ cable temp. (Ω/km)	Ib (circuit)	In protection device (A); *corrected	I2 (current ensuring effective protection) (A) I2=1,45xIn	Iz_corrected (A) (total circuits)	1,45xIz	STATUS	Isc	Isc/(A1xA2)	In(fuse)	STATUS	Cable load
150	15	lb>Iz_corr	lb>Iz_corr	15,11	18,96	27,49	15,00	21,75	NOT OK	18,00	25,32	30	OK	101%
250	20	61,2122	9,27	15,11	18,96	27,49	20,00	29,00	NOT OK	18,00	25,32	30	OK	76%
4,00	25,71	48,04	5,65	15,11	18,96	27,49	25,71	37,28	NOT OK	18,00	25,32	30	OK	53%
6,00	31,43	41,81	3,58	15,11	18,96	27,49	31,43	45,57	OK	18,00	25,32	30	OK	48%
10,00	41,43	36,67	2,04	15,11	18,96	27,49	41,43	60,07	OK	18,00	25,32	30	OK	36%

Table 9 - Queda de tensão; Perdas de Potência; Nível 1 - PV módulo até à caixa de junção

To	AV Máx values (V/%)		AV Average values (V/%)		AP SUM Values (kW/%)	
Máx values	20,15	1,83%	0,01	0,53%	x	x
Average values	12,13	1,10%	0,01	0,52%	x	x
Sum values	x	x	x	x	505716	0,43%

9.3 Resultados para o nível 2

As tabelas seguintes apresentam as secções consideradas bem como os valores das perdas para o nível 2.

Table 10 - Secção mínima; Nível 2 - Caixa de junção até MVPS

S(mm ²)	Iz (one circuit only)	Cable Temp. (°C)	IEC 60364-4-43						IEC60269					
			Resistance @ cable temp. (Ω/km)	Ib (circuit)	In protection device (A); *corrected	I2 (current ensuring effective protection) (A) I2=1,35xIn	Iz_corrected (A) (total circuits)	1,45xIz	STATUS	Isc	Isc/(A1xA2)	In(fuse)	STATUS	Cable load
120	152,55	58	0,2923	221,52	238,00	321,30	305,10	442,39	NOT OK	232,08	341,29	350,00	OK	73%
150	170,88	52	0,2327	221,52	238,00	321,30	341,76	495,56	OK	232,08	341,29	350,00	OK	65%
185	193,80	47	0,1818	221,52	238,00	321,30	387,59	562,01	OK	232,08	341,29	350,00	OK	57%
240	224,57	42	0,1363	221,52	238,00	321,30	449,14	651,25	OK	232,08	341,29	350,00	OK	49%
300	252,72	40	0,1079	221,52	238,00	321,30	505,44	732,89	OK	232,08	341,29	350,00	OK	44%

Table 11 - Quedas de tensão; Perdas de Potência; Nível 2 - Caixa de junção até à MVPS.

To	AV Máx values (V/%)		AV Average values (V/%)		AP SUM Values (W/%)	
Máx values	18,19	1,65%	15,37	1,40%	x	x
Average values	15,85	1,44%	13,48	1,23%	x	x
Sum values					1195	0,00%

9.4 Resultados Gerais – Nível 1+ 2

A tabela seguinte apresenta os resultados gerais de queda de tensão e das perdas de potência para o nível 2.

Table 12 - Quedas de tensão; Perdas de Potência; Nível 1 + 2 – PV Módulos até MVPS

To	AV Máx values (V/%)		AV Average values (V/%)		AP SUM Values (kW/%)	
	Average values	27,98	2,55%	13,48	1,743%	x
Sum values	x	x	x	x	506,91	0,43%

10. Conclusões

As conclusões mais relevantes do projeto são as seguintes:

Para o nível 1:

- O cabo selecionado é do tipo 1.5/1.5 kV (Cu) 1x(2x1x6mm²);
- O valor máximo do fator de utilização do mesmo é de 44%;
- O valor médio das quedas de tensão é de 0,52%;
- O valor das perdas de potência para o nível 1 é de 0,52%

Para o nível 2:

- O cabo selecionado é do tipo 1.8/3.0 kV (Al) 2x(2x1x185mm²)
- O valor máximo do fator de utilização do mesmo é de 57%;
- O valor médio das quedas de tensão é de 0,73%;
- O valor das perdas de potência para o nível 2 é de 1,03%

Para o nível 1 + 2 (totalidade da parte da corrente contínua)

- O valor médio das quedas de tensão, resultante de valores médios é de 1,55%
- O valor das perdas de potência totais é de 1,24%

11. Anexos

11.1 Tipo de vala de Baixa tensão - exemplo

LOW VOLTAGE TRENCH

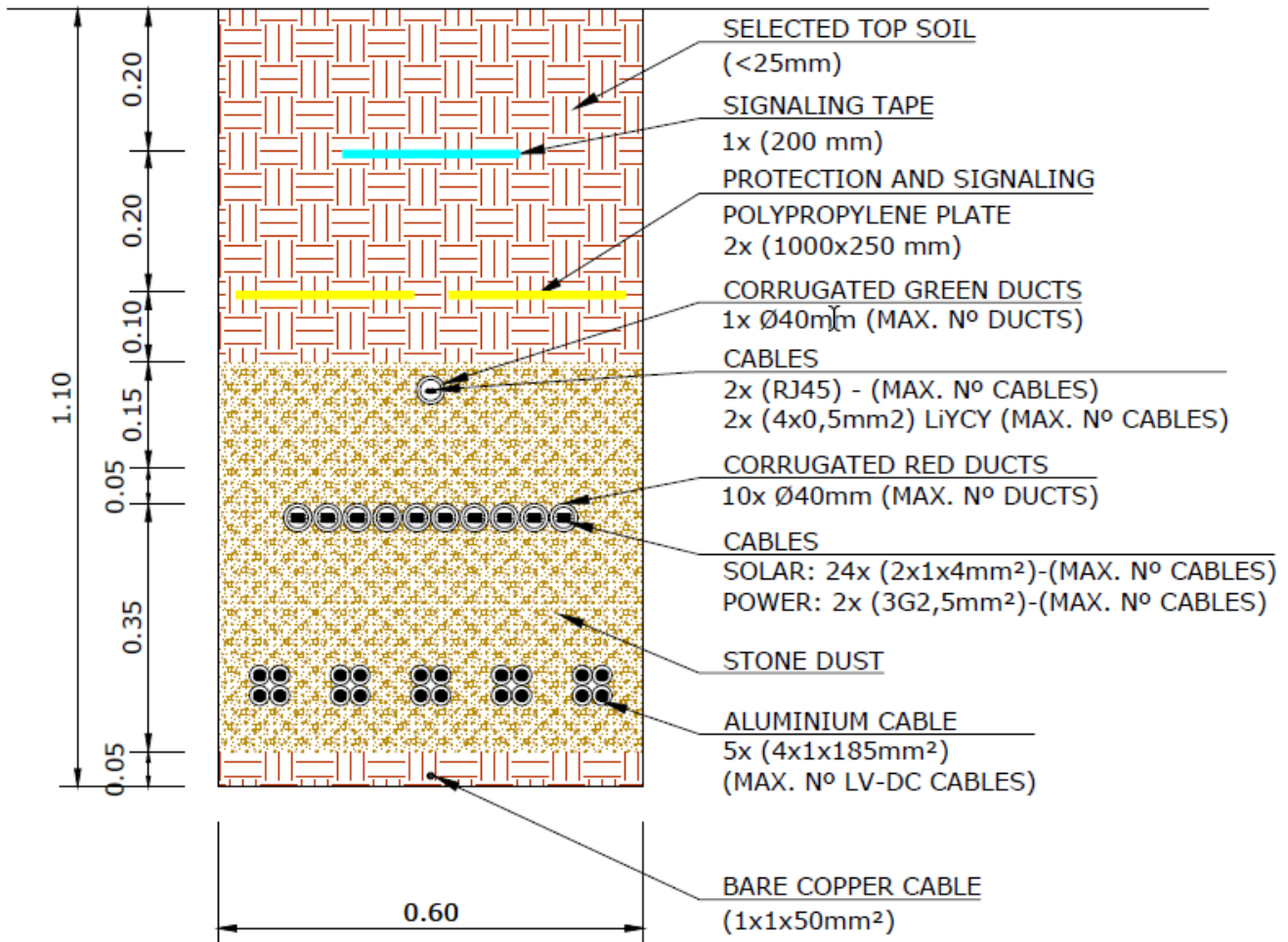


Figure 4 - Exemplo de vala de baixa tensão

Memória Técnica Cabos Média Tensão

Documento

Nome	Memória Técnica Cabos Média Tensão	
Revisão e data	1	2024-09-17
Projeto	Central Solar Fotovoltaica de Pereiro	
Criado	NM	
Revisto	JC	
Aprovado	PM	
Páginas	13	

Registo de revisões:

Rev.	Data	Modificação	Criado
0	2022-12-03	Primeira emissão	NM
1	2024-09-17	Alterações de secções de cabo	NM

Índice

1. ABREVIATURAS.....	5
2. DOCUMENTOS RELACIONADOS.....	5
3. INTRODUÇÃO.....	6
4. DIMENSIONAMENTO E REQUISITOS OPERACIONAIS.....	6
5. METODOLOGIA.....	7
5.1 CONDIÇÕES DE INSTALAÇÃO	7
6. CÁLCULOS	8
6.1 CORRENTES MÁXIMAS EM REGIME ESTACIONÁRIO	8
6.2 CORRENTES MÁXIMAS DE CURTO-CIRCUITO	9
6.3 QUEDA DE TENSÃO (CA)	9
6.3.1 Resultados (queda de tensão)	10
6.4 PERDAS DE POTÊNCIA (AC)	10
6.5 CORREÇÃO TEMPERATURA DE FUNCIONAMENTO (AC)	11
6.5.1 Resultados (perdas de potência)	11
7. CONCLUSÕES	13

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Correntes máximas admissíveis corrigidas, em estado estacionário.....	8
Tabela 2 – Resultados de queda de tensão.....	10
Tabela 3 – resultados de perdas de potência.....	11

Índice de figuras

Figura 1 - Vista geral da Central Solar Fotovoltaica.....	6
Figura 2 – Condições de instalação (um ou dois circuitos MT por vala).....	7
Figura 3 – Valores de referência das correntes máximas de curto-circuito.....	9

1. Abreviaturas

(EPC)	Engineering, procurement, and construction
(SI units)	International System of Units
(PV)	Central Fotovoltaica
(MT)	Média Tensão
(BT)	Baixa tensão
(CA)	Corrente Alternada
(CC)	Corrente Contínua
(SLD)	Single Line Diagram – Esquema Unifilar

2. Documentos relacionados

3. Introdução

A central fotovoltaica tem 99 MVA de potência de injeção (CA) na rede através de uma subestação de 33/150 kV.

O objetivo deste documento é descrever o dimensionamento dos cabos de Média Tensão.

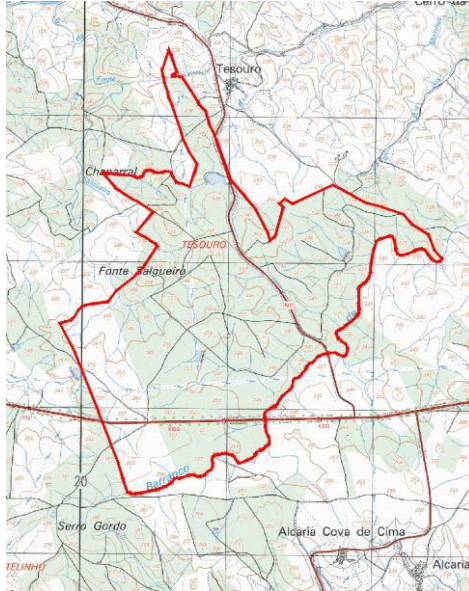


Figura 1 - Vista geral da Central Solar Fotovoltaica

4. Dimensionamento e requisitos operacionais

O dimensionamento de cabos é baseado nos seguintes regulamentos nacionais e internacionais de referência:

- “RSIUEE R.S.I.U.E.E. – Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Eléctrica”;
- “Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas da Alta Tensão (Decreto Regulamentar n.º 1/92, de 18/02)”;
- “Condutores Isolados e seus acessórios para redes de Distribuição DMA-C33-251/N MAI 2017”;
- IEC 60287;
- IEC 60502-2.

5. Metodologia

- Condições de instalação (temperatura do ambiente e do solo, resistividade térmica do solo, fatores de redução de agrupamento de cabos);
- Correntes máximas admissíveis;
- Quedas de tensão;
- Perdas de potência;
- Correção de temperaturas de funcionamento.
- Correntes de curto circuito máximas;

5.1 Condições de instalação

- Temperatura ambiente máxima: 40°C;
- Temperatura máxima do solo: 30°C;
- Resistividade térmica do solo: 1,5 k.m/W;
- $\cos \phi = 1$.

Installation characteristics	
Conductor Material	Aluminium
Conductor type	single-core
Conductor maximum temperature (°C)	90
Soil maximum temperature (°C)	30
Cable depth (cm)	100
Maximum working temperature (°C)	90
Soil type	Very dry terrain
Distance between circuits (cm)	20
Number of circuits	1 or 2

Figura 2 – Condições de instalação (um ou dois circuitos MT por vala)

6. Cálculos

6.1 Correntes máximas em regime estacionário

As correntes máximas, em regime estacionário, resultantes das condições de instalação escolhidas e dos fatores de redução (IEC 60502) são apresentadas na tabela seguinte.

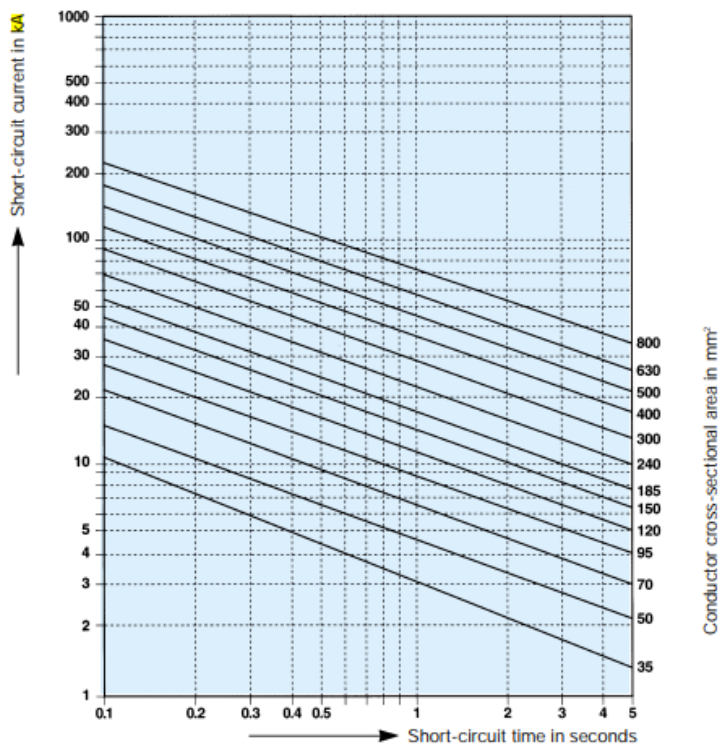
Circuito		S (kVA)	Troço (m)	Número de Circuitos	Número de cabos por fase	$I_{B \max}(A)$	Secção (mm ²)	I_z Corrected (A)
SS	PT 1	17 600	146	2	1	338,71	630	575
PT 1	PT 2	13 200	700	2	1	254,03	300	414
PT 2	PT 3	8 800	627	2	1	169,36	185	317
PT3	PT 4	4 400	1135	1	1	84,68	185	317
SS	PT 5	17 600	838	2	1	338,71	630	575
PT 5	PT 6	13 200	255	2	1	254,03	300	414
PT 6	PT 7	8 800	263	2	1	169,36	185	317
PT 7	PT 8	4 400	438	1	1	84,68	185	317
SS	PT 9	17 600	1399	2	2	338,71	630	575
PT 9	PT 10	13 200	322	2	1	254,03	300	414
PT 10	PT 11	8 800	242	2	1	169,36	185	317
PT 11	PT 12	4 400	540	1	1	84,68	185	317
SS	PT 13	17 600	1059	2	2	338,71	630	575
PT 13	PT 14	13 200	491	2	1	254,03	300	414
PT 14	PT 15	8 800	398	2	1	169,36	185	317
PT 15	PT 16	4 400	249	1	1	84,68	185	317
SS	PT 17	17 600	1618	2	2	338,71	630	575
PT 17	PT 18	13 200	480	2	1	254,03	300	414
PT 18	PT 19	8 800	451	2	1	169,36	185	317
PT 19	PT 20	4 400	406	1	1	84,68	185	317
SS	PT 21	17 600	2902	2	2	338,71	630	575
PT 21	PT 22	13 200	386	2	1	254,03	300	414
PT 22	PT 23	8 800	527	1	1	169,36	185	317
PT 23	PT 24	4 400	934	1	1	84,68	185	317

Tabela 1 - Correntes máximas admissíveis corrigidas, em estado estacionário

6.2 Correntes máximas de curto-circuito

Os valores de referência das correntes máximas de curto-circuito dos cabos considerados são os do DMA-C33-251/ N MAI 2017” são apresentados na figura seguinte.

Figura 3 – Valores de referência das correntes máximas de curto-circuito



6.3 Queda de Tensão (CA)

A queda de tensão (diferença de tensão entre o início e o final do circuito) para cada um dos circuitos é calculada de acordo com a seguinte expressão.

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I_b \times \left(\frac{R \cos \varphi + X \sin \varphi}{1000} \right) \times L \quad (1)$$

Onde:

ΔV Queda de tensão (V);

L Comprimento do cabo (m),

$\cos \varphi$ Fator de potência

I_b Corrente nominal do circuito (A);

R Resistência (Ω/km);

X Reactância (Ω/km).

6.3.1 Resultados (queda de tensão)

Os resultados de queda de tensão dos cabos são mostrados na tabela seguinte.

Circuito		ΔV (V)	ΔV (%)
SS	PT 1	10,73	0,036
PT 1	PT 2	77,88	0,260
PT 2	PT 3	46,53	0,155
PT3	PT 4	20,81	0,069
SS	PT 5	124,41	0,415
PT 5	PT 6	28,41	0,095
PT 6	PT 7	9,64	0,032
PT 7	PT 8	16,25	0,054
SS	PT 9	103,84	0,346
PT 9	PT 10	17,73	0,059
PT 10	PT 11	17,96	0,060
PT 11	PT 12	20,04	0,067
SS	PT 13	38,84	0,129
PT 13	PT 14	54,61	0,182
PT 14	PT 15	29,55	0,099
PT 15	PT 16	4,56	0,015
SS	PT 17	120,08	0,400
PT 17	PT 18	53,39	0,178
PT 18	PT 19	16,54	0,055
PT 19	PT 20	15,06	0,050
SS	PT 21	215,35	0,718
PT 21	PT 22	21,24	0,071
PT 22	PT 23	39,10	0,130
PT 23	PT 24	34,65	0,116

Tabela 2 – Resultados de queda de tensão

6.4 Perdas de potência (AC)

A perda de potência (diferença entre a potência no início e o final do circuito) para cada um dos circuitos é calculada de acordo com a seguinte expressão.

$$P (W) = \sqrt{3} \times \frac{R}{1000} \times Ib^2 \times L \quad (4)$$

Onde:

P Perdas de potência (W);

R Resistência (Ω /km);

Ib Corrente nominal do circuito (A);

L Comprimento do cabo (m).

6.5 Correção temperatura de funcionamento (AC)

Normalmente a resistência fornecida pelo fabricante dos cabos é relativa aos 20° e necessita ser corrigida para a temperatura de funcionamento dos cabos de acordo com a seguinte expressão.

$$R_{\theta} (\Omega/km) = R_{20^{\circ}C} \times [1 + \alpha_{20^{\circ}C} \times (\theta - 20)] \quad (4)$$

Onde:

R_{θ} – Resistência do cabo para a temperatura de funcionamento (Ω/km);

$R_{20^{\circ}C}$ – Resistência do cabo para a temperatura de referência de 20°C (Ω/km);

$\alpha_{20^{\circ}C}$ – Resistividade do cabo para a temperatura de referência de 20°C;

θ – Temperatura de funcionamento do cabo.

6.5.1 Resultados (perdas de potência)

Os resultados de perdas de potência dos cabos são mostrados na tabela seguinte.

Circuito		Power Losses (kW)	Power Losses (%)
SS	PT 1	6,29	0,006
PT 1	PT 2	34,27	0,032
PT 2	PT 3	13,65	0,013
PT3	PT 4	3,05	0,003
SS	PT 5	72,99	0,069
PT 5	PT 6	12,50	0,012
PT 6	PT 7	2,83	0,003
PT 7	PT 8	2,38	0,002
SS	PT 9	121,84	0,115
PT 9	PT 10	7,80	0,007
PT 10	PT 11	5,27	0,005
PT 11	PT 12	2,94	0,003
SS	PT 13	45,57	0,043
PT 13	PT 14	24,03	0,023
PT 14	PT 15	8,67	0,008
PT 15	PT 16	0,67	0,001
SS	PT 17	140,90	0,133
PT 17	PT 18	23,49	0,022
PT 18	PT 19	4,85	0,005
PT 19	PT 20	2,21	0,002
SS	PT 21	252,68	0,239
PT 21	PT 22	9,34	0,009
PT 22	PT 23	11,47	0,011
PT 23	PT 24	5,08	0,005

Tabela 3 – resultados de perdas de potência

7. Conclusões

As conclusões mais relevantes são as seguintes:

O tipo de cabo selecionado é o LXHIOZ1 (ser) com seções transversais de 300,240 e 185 mm².

- A queda de tensão máxima do circuito é de 310 V, que corresponde a 1%;
- As perdas de potência máximas são 814,77 kW, o que corresponde a 0,82%.

Para informação adicional considerar os documentos relacionados.

Central Solar Fotovoltaica Pereiro

Documento

Nome	Memória Técnica Dimensionamento Proteções Baixa Tensão	
Revisão e data	0	2024-09-17
Projeto	Central Solar Fotovoltaica de Pereiro	
Criado	NM	
Revisto	PM	
Aprovado	PM	
Páginas	15	

Registo de revisões:

Rev.	Data	Modificação	Criado
0	2024-09-17	Primeira emissão	NM

Índice

1. ABREVIATURAS.....	5
2. DOCUMENTOS RELACIONADOS.....	5
3. INTRODUÇÃO.....	6
4. DIMENSIONAMENTO E REQUISITOS OPERACIONAIS.....	7
5. CARACTERÍSTICAS DA CENTRAL FOTOVOLTAICA.....	8
6. METODOLOGIA.....	9
6.1 PÓLO NEGATIVO À TERRA.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
6.2 PROTECÇÃO DE SOBRECORRENTE.....	9
6.3 CONDIÇÕES DE DIMENSIONAMENTO.....	9
6.3.1 Nível 1.....	10
6.3.2 Nível 2.....	10
6.4 PROTEÇÕES EM BAIXA TENSÃO, CORRENTE CONTÍNUA.....	11
7. CONDIÇÕES DE INSTALAÇÃO.....	13
7.1 CONSIDERAÇÕES.....	13
8. CÁLCULOS.....	13
8.1 CORRENTES MÁXIMAS ADMISSÍVEIS CORRIGIDAS.....	13
8.2 CORRENTES DE CURTO CIRCUITO MÁXIMAS.....	14
8.3 DIMENSIONAMENTO DE PROTEÇÕES (NÍVEL 1; FUSÍVEL 16 A).....	14
8.4 DIMENSIONAMENTO DE PROTEÇÕES (NÍVEL 2; FUSÍVEL 400 A).....	15
9. RESULTADOS.....	15
9.1 PROTEÇÕES (NÍVEL 1; FUSÍVEL 16 A).....	15
9.2 PROTEÇÕES (NÍVEL 2; FUSÍVEL 400 A).....	15

Índice de Tabelas

Table 1 - Características do parque fotovoltaico (painel)	8
Table 2 - Características do parque fotovoltaico (Configuração elétrica)	8
Table 3 - Correntes máximas admisíveis - nível 1	13
Table 4 - Correntes máximas admisíveis - nível 2 (1 cabo por polo)	13
Table 5 - Correntes máximas admisíveis - nível 2 - 2 cabos por polo	14
Table 6 - Dimensionamento de proteções, considerações (nível 1; fusível 16 A)	14
Table 7 - Dimensionamento de proteções, considerações (nível 2; fusível 400 A).....	15

Índice de figuras

Figure 1 - Vista geral da Central Solar Fotovoltaica	6
Figure 2 – Vista geral da Central Solar Fotovoltaica, imagem via satélite	Error! Bookmark not defined.
Figure 3 - Sistema de pólo negativo à terra e sistema de monitorização de resistência de isolamento.....	Error! Bookmark not defined.
Figure 4 – nível 1, curva de correção de temperatura ambiente para fusíveis.	10
Figure 5 – valores de protecção de sobrecorrentes	11
Figure 6 – nível 2, curva de correção de temperatura ambiente para fusíveis.	11
Figure 7 – Nível 1, esquema de ligação dos módulos à caixa de junção.	12
Figure 8 – Nível 1+2, esquema de ligação dos módulos à caixa de junção e da caixa de junção ao inversor.....	12
Figure 9 – Dimensionamento de proteções, resultados (nível 1; fusível 16 A).....	14
Figure 10 – Dimensionamento de proteções, resultados (nível 2; fusível 400 A).....	15

1. Abreviaturas

(EPC)	Engineering, procurement, and construction
(SI units)	International System of Units
(PV)	Central Fotovoltaica
(MT)	Média Tensão
(BT)	Baixa tensão
(CA)	Corrente Alternada
(CC)	Corrente Contínua
(SLD)	Single Line Diagram – Esquema Unifilar

2. Documentos relacionados

3. Introdução

A central fotovoltaica tem 99 MVA de potência de injeção (CA) na rede através de uma subestação de 33/150 kV.

O objetivo deste documento é descrever o dimensionamento das proteções de baixa tensão, mais especificamente da componente CC.

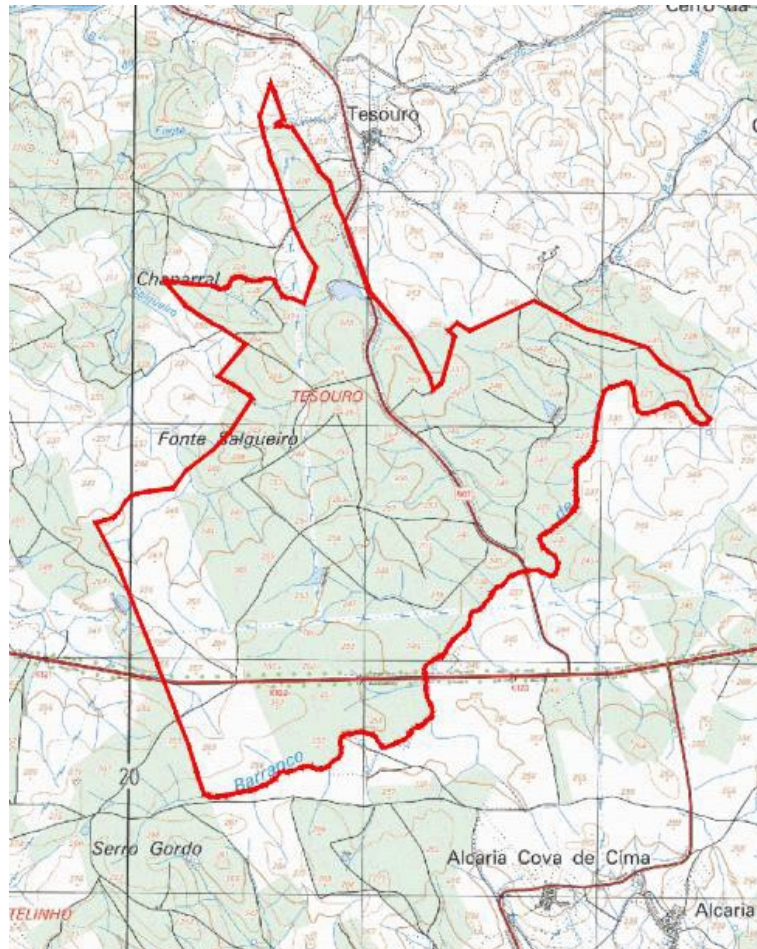


Figure 1 - Vista geral da Central Solar Fotovoltaica

4. Dimensionamento e requisitos operacionais

O dimensionamento de cabos é baseado nos seguintes regulamentos nacionais e internacionais de referência:

- “RSIUEE R.S.I.U.E.E. – Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Eléctrica”;
- RTIEBT – “Regras técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão”;
- EC 60364-4; Electrical installation of buildings, part 4, protection for safety;
- IEC 60364-4-43; Protection for safety – Protection against overcurrent;
- IEC 62109-1; Low-voltage fuses – General Requirements;
- IEC 60269-6:2010; Low-voltage fuses – Supplementary requirements for fuse-links for the protection of solar photovoltaic energy systems;

5. Características da central fotovoltaica

A arquitetura da central solar fotovoltaica é baseada em diversos conjuntos de módulos fotovoltaicos conectados em série, neste caso 34 painéis. Estes conjuntos serão conectados às caixas de junção, até um máximo de 16 séries de painéis em paralelo. Todas as caixas de junção são por sua vez conectadas ao respetivo Posto de Transformação.

Posto isto, em termos de dimensionamento das proteções, pode-se dividir a Central Solar Fotovoltaica de Pereiro em dois níveis:

- Nível 1: PV módulos até caixa de junção;
- Nível 2: Caixas de junção até à PVStation;

As principais características da central fotovoltaica encontram-se descritas nas figuras seguintes:

Table 1 - Características do parque fotovoltaico (painel)

Considerações	
Power (W)	615
Vca (V):	48,58
Isc (A):	16,00
Vmpp (V):	40,71
Impp (A):	15,11

Table 2 - Características do parque fotovoltaico (Configuração elétrica)

Considerações	
Número de Módulos em Série	27
Número de Strings em Paralelo na Caixa de Junção	16
Número de Condutores por pólo	1

Nível 1: Módulos até à Caixa de Junção	Cabo solar em cobre
P (W):	16 605,00
U(V):	1 099,17
I (A):	15,11
Nível 2: Caixa de Junção até Inversor	Cabo Alumínio
P (W):	265 680,00
U (V):	1 099,17
I (A):	241,76

6. Metodologia

6.1 Protecção de sobrecorrente

As proteções de sobrecorrente, mais especificamente os fusíveis, são dimensionados de acordo com as normas IEC 60364-4-3 e IEC 60269-6.

Para este caso foram testados os seguintes cenários:

- Nível 1: PV módulos até às caixas de junção: cabo solar 1.5/1.5 kV DC (Cu) 1x(2x1x6mm²). Fusível a ser colocado $I_n = 30$ A.
- Nível 2: Caixas de junção até ao lado CC do Posto de Transformação: cabo CC monopolar 1.8/3.0 kV (Al) 2x(2x1x185mm²). Fusíveis a ser colocado: $I_n = 350$ A.
-

6.2 Condições de dimensionamento

As fórmulas a utilizar para o dimensionamento são:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (1)$$

$$I_2 \leq 1.45 \times I_z \quad (2)$$

Sendo que:

I_b : Corrente nominal do circuito (A);

I_n : Corrente nominal do fusível (A);

I_z : Corrente admissível do cabo (A);

I_2 : Corrente que garante o funcionamento efetivo das proteções durante um certo tempo

Adicionalmente para dimensionamento de fusíveis a aplicar em plantas fotovoltaicas, devemos ter em consideração à corrente de curto circuito para temperaturas ambiente e o fator de redução para o ciclo de carga

Por exemplo para uma temperatura de 45 graus e um pico de radiação de 1200 w/m², o dimensionamento do fusível deve ter em consideração o seguinte:

$$I_{n(fuse)} \geq 1,4 \times I_{sc} \quad (3)$$

Do fabricante de fusíveis e para as condições referidas anteriormente podemos retirar o valor do A1 e do A2.

$$1,4 = \frac{1}{A1 \times A2} \quad (4)$$

Onde:

I_n : Corrente nominal dos fusíveis (A);

I_{sc} : Corrente de curto circuito dos painéis (A);

A1: Fator de redução devido à temperatura ambiente (Figure 7);

A2: Fator de redução devido ao ciclo de carga, aplicado a instalações fotovoltaicas

6.2.1 Nível 1

Considerando a temperatura do ar ambiente: 40°C e o número de fusíveis instalados juntos na mesma caixa de junção, espera-se que a temperatura máxima dos fusíveis esteja no máximo 65°C e, portanto, a corrente nominal I_n : Fusível (A) seja reduzida de acordo. na figura seguinte ($A_1 = 0,79$) e o fator de redução da carga de ciclo correspondente calculado a partir da fórmula 4 ($A_2 = 0,80$). $I_2 = 1,40 \times I_n$ (fusível) de acordo com a norma IEC 60269-6: 2010.

t_a (°C)	A_1
25	1
30	0,98
35	0,95
40	0,92
45	0,90
50	0,87
55	0,85
60	0,82
65	0,79
70	0,76
75	0,72
80	0,69

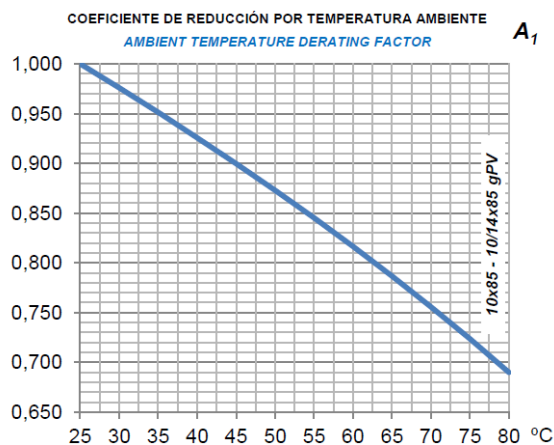


Figure 2 – nível 1, curva de correção de temperatura ambiente para fusíveis.

6.2.2 Nível 2

Considerando a temperatura do ar ambiente: 40°C e o número de fusíveis instalados juntos na mesma caixa de junção, espera-se que a temperatura máxima dos fusíveis esteja no máximo a 60°C e, portanto, a corrente nominal I_n : Fusível (A) deve ser reduzida de acordo na figura seguinte ($A_1 = 0,85$) e o fator de redução da carga de ciclo correspondente calculado a partir da fórmula 4 ($A_2 = 0,80$).

O fabricante da PVStation definiu $I_2 = 1,35 \times I_n$ (fusível), conforme descrito na figura seguinte:

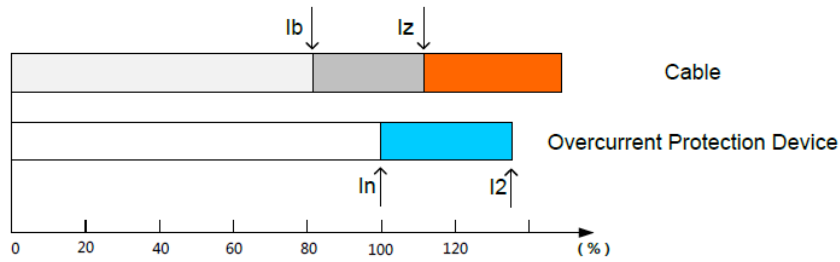


Figure 3 – valores de protecção de sobrecorrentes

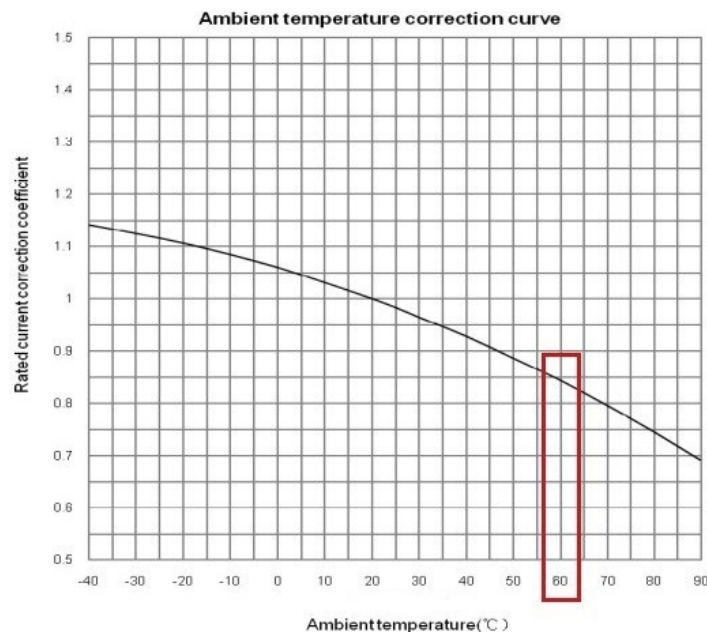


Figure 4 – nível 2, curva de correção de temperatura ambiente para fusíveis.

6.3 Proteções em Baixa Tensão, corrente contínua

As proteções em Baixa Tensão, corrente contínua, mais frequentes, são as seguintes:

- Módulo fotovoltaico: 3 díodos de derivação;
- Caixa de junção: fusível para cada cabo / "string" solar (somente pólo positivo), Figura 8;
- Inversor: fusível para cada cabo CC (somente pólo positivo), função de monitoramento da resistência de isolamento de acordo com as figuras seguintes:

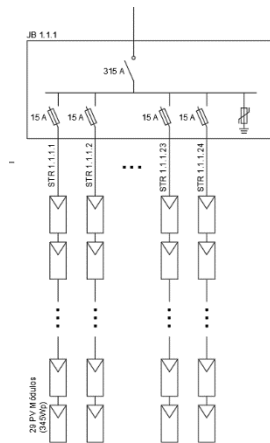


Figure 5 – Nível 1, esquema de ligação dos módulos à caixa de junção.

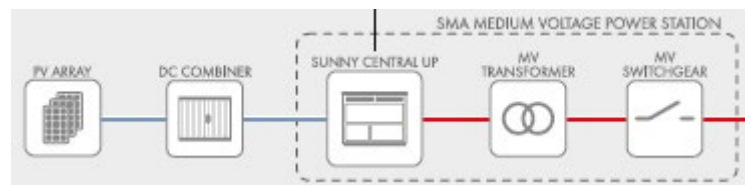


Figure 6 – Nível 1+2, esquema de ligação dos módulos à caixa de junção e da caixa de junção ao inversor.

7. Condições de instalação

7.1 Considerações

- Temperatura ambiente máxima: 40°C;
- Temperatura máxima do solo: 30°C;
- Resistividade térmica do solo: 1,5 k.m/W;
- $\cos \phi = 1$;

8. Cálculos

8.1 Correntes máximas admissíveis corrigidas

Na tabela seguinte são apresentadas as correntes máximas suportadas pelos cabos anteriormente referidos, para os respetivos níveis e tendo em consideração o fator de redução global descrito ao longo do documento.

Para informação adicional considerar os seguinte documentos: DC1 - Calculo de Cabos BT.

Table 3 - Correntes máximas admiseveis - nível 1

Nível 1: PV Módulos até Caixa de Junção		
Tipo de Cabo	Secção de cabo (mm ²)	Tipo D1 IEC table B52.5
		(A)
1.5/1.5 kV (Cu) 1x(2x1x4mm ²)	4	20,57
1.5/1.5 kV (Cu) 1x(2x1x6mm ²)	6	25,14
1.5/1.5 kV (Cu) 1x(2x1x10mm ²)	10	33,14

Table 4 - Correntes máximas admiseveis - nível 2 (1 cabo por polo)

Nível 2: Caixa de junção até PVStation		
Tipo de Cabo	Secção de cabo (mm ²)	Tipo D2 IEC table B52.3
		(A)
1.8/3.0 kV (Al) 1x(2x1x150mm ²)	150	171
1.8/3.0 kV (Al) 1x(2x1x185mm ²)	185	194
1.8/3.0 kV (Al) 1x(2x1x240mm ²)	240	225

Table 5 - Correntes máximas admiseveis - nível 2 - 2 cabos por polo

Nível 2: Caixa de junção até PVStation		
Tipo de Cabo	Secção de cabo (mm ²)	Tipo D2 IEC table B52.3
		(A)
1.8/3.0 kV (Al) 2x(2x1x150mm ²)	150	342
1.8/3.0 kV (Al) 2x(2x1x185mm ²)	185	388
1.8/3.0 kV (Al) 2x(2x1x240mm ²)	240	449

8.2 Correntes de curto circuito máximas

As correntes prejudiciais da instalação elétrica geralmente devem-se a sobrecargas e correntes de curto-circuito. Como as centrais fotovoltaicas são projetadas para suportar correntes de produção máximas, o conceito de sobrecarga não se aplica a ela. Além disso, as correntes de curto-circuito não são muito maiores que as correntes nominais de operação e isso significa que uma corrente de curto-circuito na instalação não pode ser detetada por dispositivos de proteção convencionais e, portanto, o projeto de proteção específico não é aplicável.

Para informação adicional considerar os seguintes documentos:

ET7 - Ficha Técnica Cabo Solar

ET8 - Ficha Técnica Cabo CC

8.3 Dimensionamento de proteções (nível 1; fusível 16 A)

Table 6 - Dimensionamento de proteções, considerações (nível 1; fusível 16 A)

Corrente do circuito I _b (por cabo ou por fase)	15,11
I _n : Corrente equipamento de proteção (A);	30
I _n : Corrente equipamento de proteção (A) corrigido	18,96
I _{sc} : Corrente curto circuito módulo (A);	18,42
A1: Fator de redução devido à temperatura ambiente	0,79
A2: Fator de redução devido ao ciclo de carga, aplicado a instalações fotovoltaicas	0,8

S(mm ²)	I _z (one circuit only)	Cable Temp. (°C)	IEC 60364-4-43				IEC 60269				Cable load			
			Resistanc e @ cable temp. (n/km)	I _b (circuit)	I _n protection device (A); *corrected	I ₂ (current ensuring effective protection) (A) I ₂ =1,45I _n	I _z _corrected (A) (total circuits)	1,45I _z	STATUS	I _{sc}		I _{sc} /(A1xA2)	I _n (fuse)	STATUS
1,50	15	lb>I _z _corr	lb>I _z _corr	15,11	18,96	27,49	15,00	21,75	NOTOK	16,00	25,32	30	OK	101%
2,50	20	61,2122	3,27	15,11	18,96	27,49	20,00	29,00	NOTOK	16,00	25,32	30	OK	76%
4,00	25,71	48,04	5,65	15,11	18,96	27,49	25,71	37,28	NOTOK	16,00	25,32	30	OK	59%
6,00	31,43	41,81	3,58	15,11	18,96	27,49	31,43	45,57	OK	16,00	25,32	30	OK	48%
10,00	41,43	36,67	2,04	15,11	18,96	27,49	41,43	60,07	OK	16,00	25,32	30	OK	36%

Figure 7 – Dimensionamento de proteções, resultados (nível 1; fusível 16 A)

8.4 Dimensionamento de proteções (nível 2; fusível 400 A)

Table 7 - Dimensionamento de proteções, considerações (nível 2; fusível 400 A)

Corrente do circuito I_b (por cabo ou por fase)	110,76
I_n : Corrente equipamento de proteção (A);	350
I_n : Corrente equipamento de proteção (A) corrigido	238
I_{sc} : Corrente curto circuito módulo (A);	232,08
A1: Fator de redução devido à temperatura ambiente	0,85
A2: Fator de redução devido ao ciclo de carga, aplicado a instalações fotovoltaicas	0,8

Figure 8 – Dimensionamento de proteções, resultados (nível 2; fusível 400 A)

S(mm ²)	I _z (one circuit only)	Cable Temp. (°C)	Resistance @ cable temp. (Ω/km)	IEC 60364-4-43						IEC60269				
				I _b (circuit)	I _n protection device (A)*corrected	I ₂ (current ensuring effective protection) (A) I ₂ =1,35xI _n	I _z corrected (A) (total circuits)	1,45xI _z	STATUS	I _{sc}	I _{sc} /(A1xA2)	I _n (fuse)	STATUS	Cable load
120	152,55	58	0,2923	221,52	238,00	321,30	305,10	442,39	NOT OK	232,08	341,29	350,00	OK	73%
150	170,88	52	0,2327	221,52	238,00	321,30	341,76	495,56	OK	232,08	341,29	350,00	OK	65%
185	193,80	47	0,1818	221,52	238,00	321,30	387,59	562,01	OK	232,08	341,29	350,00	OK	57%
240	224,57	42	0,1363	221,52	238,00	321,30	449,14	651,25	OK	232,08	341,29	350,00	OK	49%
300	252,72	40	0,1079	221,52	238,00	321,30	505,44	732,89	OK	232,08	341,29	350,00	OK	44%

9. Resultados

9.1 Proteções (nível 1; fusível 30 A)

Os cálculos mostram que o fusível de 30 A protege todos os cabos solares testados: 1,5 / 1,5kV DC (Cu) 1x (2x1x6mm²).

9.2 Proteções (nível 2; fusível 350 A)

Os cálculos mostram que o fusível 350 A protege os cabos DC 1,8 / 3,0 kV (Al) 2x2x1x185 mm².