

Instituto Politécnico de Viseu

Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu

Simão Silva Vicente

Referenciação de Equipamentos de Centrais
Fotovoltaicas para Integração em Sistemas de Gestão
de Manutenção - O Caso Voltalia

Dissertação/Projeto de Mestrado

em Engenharia Eletrotécnica - Energia e Automação Industrial

Professor Doutor Daniel Filipe Albuquerque

Professor Doutor Paulo Moisés Almeida da Costa



novembro 2018

“É, realmente, um grande aborrecimento o fato da sabedoria só poder ser adquirida através de trabalho árduo.”

William Somerset Maugham

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma solução para colmatar uma lacuna existente no processo de gestão da manutenção de parques fotovoltaicos a cargo da empresa Voltalia S.A.. Efetivamente, a empresa possuía um sistema de gestão de manutenção, mas não possuía um processo de referenciação uniformizado que permitisse a interligação entre os equipamentos reais nos parques fotovoltaicos e o referido sistema de gestão da manutenção.

Nesta dissertação/projeto, expõe-se a metodologia e a ferramenta desenvolvida para superar a lacuna referida. A metodologia centrou-se, numa primeira fase, no levantamento de todos os equipamentos que podem integrar uma central fotovoltaica e na posterior definição da designação padrão e respetiva estruturação em diagrama de árvore. Na fase seguinte, com toda a estruturação criada, foram definidas regras de codificação para cada nível do diagrama de árvore. Neste processo contemplou-se sempre as características do respetivo nível hierárquico, criando assim um código único para cada equipamento de forma a contribuir para processos de planeamento e de controlo de equipamentos eficazes e de forma padronizada.

A ferramenta foi desenvolvida de forma a automatizar todo o processo de estruturação e codificação de equipamentos. Esta, foi desenvolvida em *Visual Basic for Applications (VBA)*, e permite, com base na metodologia anteriormente enunciada, elaborar a codificação e estruturação de forma automática. Esta ferramenta, quando disponibilizada aos gestores de parques, permite que estes possam quantificar os equipamentos existentes. Com base na informação recolhida, a ferramenta elabora o diagrama de árvore e a respetiva codificação. Adicionalmente, a ferramenta permite gerar um ficheiro com as características de importação do sistema de gestão de manutenção referido, permitindo assim a ligação entre os equipamentos dos parques fotovoltaicos e o sistema de gestão da manutenção.

Até ao momento, a ferramenta apresentada neste documento, foi já implementada em cerca de 500 parques fotovoltaicos, estando integrados no sistema de gestão de manutenção da empresa Voltalia S.A., segundo as diretrizes enunciadas aqui apresentadas.

ABSTRACT

The present work presents a solution to fill a void in the maintenance management process of photovoltaic parks by Voltalia SA. Effectively, the company had a maintenance management system, but did not have a standardized reference process that allowed seamless interconnection between the real equipment in the photovoltaic parks and the said maintenance management system.

In this dissertation, the methodology and the tool developed to overcome the mentioned void is disclosed. The methodology focused, in a first phase, on the survey of all the equipment that can integrate a photovoltaic power plant and on the subsequent definition of the standard designation and respective structuring in a tree diagram. In the next phase, with the structure created, coding rules were defined for each level of the tree diagram. In this process, the characteristics of the respective hierarchical level were always considered, thus creating a unique code for each equipment so to add to the efficient planning and equipment control processes in a standardized way.

The tool was developed to automate the entire process of structuring and coding equipment. It was developed in Visual Basic for Applications (VBA), and allows, based on the methodology previously stated, to develop the coding and structuring automatically. This tool, when available to park managers, allows them to quantify existing equipment. Based on the information collected, the tool elaborates the tree diagram and its codification. In addition, the tool can generate a file with the import characteristics of the referred maintenance management system, thus allowing the connection between the equipment of the photovoltaic parks and the maintenance management system.

Up to this time, the tool presented in this document has already been implemented in around 500 photovoltaic parks, being integrated into the maintenance management system of Voltalia S.A., according to the guidelines presented here.

PALAVRAS CHAVE

Parque Fotovoltaico
Padronização
Codificação
CMMS

KEY WORDS

Photovoltaic Plant
Standardization
Codification
CMMS

AGRADECIMENTOS

Esta é a oportunidade de agradecer a todas as pessoas que contribuíram de alguma forma para a conclusão desta dissertação/projeto.

Primeiramente, queria agradecer aos meus orientadores, Professor Doutor Daniel Albuquerque e Professor Doutor Paulo Moisés, pela paciência e disponibilidade para comigo, e ainda pelas valiosas contribuições e correções que realizaram no decorrer desta dissertação/projeto.

Também gostaria de agradecer a todos os colegas do departamento *Maintenance Engineering* da empresa Voltalia S.A pela oportunidade e confiança que depositaram em mim para a realização desta dissertação/projeto, e, principalmente por todo o apoio que me deram ao longo da mesma. Um agradecimento especial ao meu monitor Eng. Vasco Vieira.

Aos meus pais, por sempre me apoiarem neste caminho, e por mostrarem a vontade de me ver terminar esta dissertação/projeto, apoiando sempre da melhor forma possível direta e indiretamente.

À minha namorada, Susana, que sem ela acredito que esta dissertação/projeto não teria sido escrita. Por todas as chamadas de atenção, por todo o incentivo, por todo o tempo que despendeu a ajudar-me, e, principalmente por todo o apoio incondicional que nunca falhou. O meu muito obrigado!

A todos os que de alguma forma contribuíram para a minha dissertação/projeto.

MUITO OBRIGADO

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE GERAL	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
ÍNDICE DE TABELAS.....	xix
ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xxi
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Voltalia S.A.....	2
1.3 Requisitos.....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.5 Metodologia Adotada	5
1.6 Estrutura e organização da dissertação/projeto.....	6
2. Estado de Arte.....	7
2.1 Sistemas Fotovoltaicos	7
2.1.1 Tipos de Sistemas Fotovoltaicos	8
2.1.1.1 Sistemas Autónomos	8
2.1.1.2 Sistemas interligados com a Rede Elétrica	9
2.1.1.3 Sistemas Híbridos.....	10
2.1.2 Módulos Fotovoltaicos.....	10
2.1.2.1 Células Fotovoltaicas.....	11
2.1.3 Inversores Fotovoltaicos	15
2.1.3.1 Tipos de Inversores.....	16
2.1.4 Ciclo de Vida de um Sistema Fotovoltaico.....	18
2.2 Manutenção.....	20
2.2.1 Conceito	20
2.2.2 Manutenção Preventiva.....	20
2.2.2.1 Manutenção baseada na condição	21
2.2.2.2 Manutenção Predeterminada.....	21

2.2.3	Manutenção Corretiva.....	22
2.2.4	Níveis de Manutenção.....	22
2.2.4.1	Manutenção de nível I.....	23
2.2.4.2	Manutenção de nível II	23
2.2.4.3	Manutenção de nível III	24
2.2.4.4	Manutenção de nível IV	24
2.2.4.5	Manutenção de nível V	25
2.3	Gestão de Manutenção.....	26
2.3.1	Conceitos Gerais.....	26
2.3.2	Software de Gestão da Manutenção.....	26
2.3.2.1	Funções do Software.....	27
2.3.2.2	Objetivos do Software.....	27
2.3.2.3	Exemplos de Softwares	28
3.	Caso de Estudo.....	31
3.1	CMMS existente na Voltalia S.A.....	31
3.2	Análise das necessidades para implementação do software FIIX.....	32
3.3	Procedimento.....	33
3.4	Glossário de equipamentos	33
3.5	Estruturação e codificação de parques fotovoltaicos.....	42
3.5.1	Estruturação Geral Normalizada	42
3.5.1.1	Sistemas Principais	43
3.5.1.2	Sistemas	45
3.5.1.3	Funções	45
3.5.1.4	Equipamentos	47
3.5.2	Codificação da Estrutura Normalizada	49
3.5.2.1	Codificação da Tecnologia.....	49
3.5.2.2	Codificação de País.....	50
3.5.2.3	Codificação de Central.....	50
3.5.2.4	Codificação de Sistema Principal.....	50
3.5.2.5	Codificação dos Sistemas.....	53
3.5.2.6	Codificação das Funções.....	54
3.5.2.7	Equipamentos, Características e Quantidades.....	56

4. Sistema Automático para Quantificação e Codificação de Equipamentos e Integração em <i>CMMS</i>	63
4.1 Metodologia	63
4.2 Plataforma	64
4.3 Integração da Estrutura Codificada no <i>CMMS</i>	67
4.4 Disseminação da Plataforma	70
5. Conclusão	73
5.1 Trabalhos futuros.....	74
REFERÊNCIAS	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Áreas de atuação da empresa Voltalia [2].	2
Figura 2 – Sequência do processo de referenciação dos equipamentos integrados no CMMS.	3
Figura 3 – Codificação de um equipamento específico quanto à energia, localização e central.	4
Figura 4 – Estrutura de árvore para equipamentos (Adaptado de [3]).	5
Figura 5 – Sistema fotovoltaico interligado à rede elétrica (Adaptado de [5]).	8
Figura 6 – Exemplo de um sistema autónomo (Adaptado de [6]).	9
Figura 7 – Exemplo de sistema fotovoltaico convencional interligado com a rede (Adaptado de [6]).	9
Figura 8 - Exemplo de sistema híbrido (Adaptado de [8]).	10
Figura 9 – Módulo Fotovoltaico (Adaptado de [9]).	10
Figura 10 – Efeito fotoelétrico [11].	11
Figura 11 - Tecnologias de células fotovoltaicas (Adaptado de [13]).	12
Figura 12 – Células de silício monocristalino (esquerda) e policristalino (direita) [17].	14
Figura 13 – MPP dos Inversores [19].	15
Figura 14 – Central fotovoltaica equipada com Inversor Central (Adaptado de [20]).	16
Figura 15 – Central fotovoltaica equipada com inversores de fileira (Adaptado de [20]).	17
Figura 16 – Central fotovoltaica equipada com Micro Inversores (Adaptado de [20]).	17
Figura 17 – Fases de vida de um sistema fotovoltaico.	18
Figura 18 – Tipos de manutenção (Adaptado de [23]).	20
Figura 19 – Níveis de manutenção [24].	23
Figura 20 – Modelo de sistema de gestão de manutenção [27].	28
Figura 21 – CMMS - FIIX [29].	32
Figura 22 – Esquema de divisão do parque fotovoltaico em 4 níveis.	43
Figura 23 – Exemplo de possível relação entre um Sistema e Sistemas Principais distintos.	45
Figura 24 – Representação da codificação por sistema principal.	51
Figura 25 – Representação da estrutura em árvore dos sistemas principais codificada.	52
Figura 26 - Representação da estrutura em árvore dos sistemas do <i>Energy Conversion</i> codificada.	53
Figura 27 – Exemplo da estrutura em árvore codificada das funções do sistema <i>Ancillary Infrastructure</i> e <i>Technical Infrastructure</i> .	54
Figura 28 – Representação simplificada de funções e sistemas existentes em <i>Energy Conversion</i> .	56
Figura 29 – Estrutura codificada dos equipamentos.	57
Figura 30 – Processo 1 da plataforma.	64
Figura 31 – Excerto do processo 2 da plataforma.	65
Figura 32 – Exemplo de não quantificação de equipamentos previamente identificados.	65

Figura 33 – Processo 3 da plataforma..... 66

Figura 34 – Exemplo de estrutura em árvore do parque fotovoltaico, gerada pela plataforma.
..... 66

Figura 35 – Representação da estrutura em árvore dos sistemas principais no sistema de gestão da manutenção computadorizado (FIIX) (Adaptado de [36])...... 67

Figura 36 – Representação em árvore dos sistemas principais e respetivos sistemas em FIIX (Adaptado de [36])...... 68

Figura 37 – Representação estruturada de todos os níveis presentes num parque fotovoltaico (Adaptado de [36])...... 68

Figura 38 – Características de equipamento exemplo inseridas em FIIX através da plataforma (Adaptado de [36])...... 69

Figura 39 – Site interno da Voltalia para partilha de plataforma [35]. 70

Figura 40 – Procedimento de integração de parques fotovoltaicos em FIIX. 71

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Principais características de alguns módulos fotovoltaicos (Adaptado [13], [14]).	13
Tabela 2 - Exemplos de manutenção de nível I (Adaptado de [25]).	23
Tabela 3- Exemplos de manutenção de nível II (Adaptado de [25]).	24
Tabela 4 - Exemplos de manutenção de nível III (Adaptado de [25]).	24
Tabela 5 - Exemplos de manutenção de nível IV (Adaptado de [25]).	25
Tabela 6 – Exemplos de manutenção de nível V (Adaptado de [25]).	25
Tabela 7 – Exemplos de Softwares de Gestão de Manutenção	29
Tabela 8 - Glossário de equipamentos, definições e funções básicas de um parque fotovoltaico.	34
Tabela 9 - Sistemas principais existentes num parque fotovoltaico.	44
Tabela 10 - Sistemas existentes num parque fotovoltaico.	45
Tabela 11 - Funções dentro dos sistemas de um parque fotovoltaico.	46
Tabela 12 - Equipamentos existentes num parque fotovoltaico.	47
Tabela 13 - Exemplo de codificação de um equipamento.	49
Tabela 14 - Codificação dos sistemas principais.	51
Tabela 15 - Codificação dos sistemas descendentes dos sistemas principais.	53
Tabela 16 - Codificação das funções dos sistemas.	55
Tabela 17 - Exemplo de uma matriz de codificação.	58

ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	<i>Alternating Current</i> (Corrente Alternada)
CBM	<i>Condition Based Maintenance</i> (Manutenção Baseada na Condição)
CM	<i>Corrective Maintenance</i> (Manutenção Corretiva)
CMMS	<i>Computerized Maintenance Management System</i>
DC	<i>Direct Current</i> (Corrente Contínua)
EPC	<i>Engineering, Procurement and Construction</i>
FIIX	Sistema de Gestão de Manutenção usado pela Voltalia
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
O&M	<i>Operation and Maintenance</i>
PM	<i>Preventive Maintenance</i> (Manutenção Preventiva)
PV	<i>Photovoltaic</i> (Fotovoltaico)
RDS-PP	<i>Reference Designation System for Power Plants</i>
SM	<i>Scheduled Maintenance</i> (Manutenção Agendada)

1. Introdução

Neste capítulo será feita a introdução da dissertação/projecto, iniciando-se o mesmo com o enquadramento e uma breve apresentação da empresa onde foi realizada. Por último serão apresentados os requisitos, objetivos e metodologia adoptada.

1.1 Enquadramento

O desempenho económico das centrais de energia renovável e, em particular, das centrais fotovoltaicas, é significativamente influenciado pela forma de operação e de manutenção destas infraestruturas. Consequentemente, os serviços de operação e manutenção têm vindo a assumir-se como uma das funções de maior potencial para a rentabilização da atividade das empresas que exploram estas centrais. Este facto não é independente das evoluções tecnológicas, que visam sobretudo implementar processos de planeamento e de controlo dos equipamentos, os quais têm como principal objetivo melhorar as atividades de manutenção e a fiabilidade das unidades de produção [1].

O uso de ferramentas informáticas em atividades de planeamento e controlo da manutenção contribui consideravelmente para um melhor desempenho destas atividades. Contudo, a obtenção de ferramentas eficientes obriga à utilização de um sistema de codificação adequado que permita a correta referenciação e identificação dos equipamentos instalados nos parques de energia renovável. A identificação de equipamentos com base numa codificação adequada possibilitará às equipas de manutenção indicar, de maneira inequívoca, o equipamento que se está a atribuir um planeamento detalhado de manutenção ou uma paragem para tarefas de manutenção.

1.2 Voltalia S.A.

A presente dissertação/projeto de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Energia e Automação Industrial insere-se neste âmbito, tendo sido desenvolvido em parceria com a empresa Voltalia Portugal, S.A.

Fundada em 2005, a Voltalia é uma empresa de produção de energia e provedora de serviços na produção de energia renovável a partir de energia solar, eólica, hídrica e biomassa. Após a aquisição da Martifer Solar, em 2016, desenvolveu uma forte experiência em toda a cadeia de valor de um projeto renovável: desenvolvimento de projetos, financiamento de projetos, EPC (*Engineering, Procurement and Construction*) e O&M (*Operation & Maintenance*) (Figura 1). O grupo está ativo em 25 países, e está apto a oferecer serviços aos seus clientes em todo o mundo.



Figura 1 – Áreas de atuação da empresa Voltalia [2].

Em Portugal, a Voltalia está sediada em Oliveira de Frades, Viseu, conta com aproximadamente 140 colaboradores, entre os quais divididos pelas suas áreas de atuação (Figura 1). A 31 de Dezembro de 2017, a Voltalia já tinha instalado mais de 1,2 GW de potência em renováveis. Atualmente, a empresa opera mais de 1,2 GW de potência e é detentora de mais de 0,5 GW de potência instalada.

1.3 Requisitos

O trabalho foca-se na resolução de uma lacuna existente na Voltalia Portugal S.A. relacionada com a gestão integrada de unidades de produção renovável de eletricidade, com especial ênfase nos parques fotovoltaicos. Com efeito, a Voltalia S.A. procede, entre outras atividades, à manutenção de diversos parques fotovoltaicos localizados em diversos países. Nesta atividade, a Voltalia utiliza um sistema designado por *CMMS - Computerized Maintenance Management System*. Contudo, a interligação, em termos de referênciação (isto é, nomenclatura e codificação normalizada) entre os equipamentos sujeitos a manutenção e o *CMMS* não foi até à data definido. Isto deve-se, em parte, ao facto de não existir, ainda, uma norma específica para este tipo de processo em sistemas fotovoltaicos.

Este trabalho pretende colmatar esta lacuna através da definição e implementação de um processo de referênciação uniformizado que permita a ligação entre os equipamentos reais nas centrais e o *CMMS*, tal como se ilustra na Figura 2. Para o efeito, será necessário criar e implementar um processo de referênciação adequado, ou seja: i) que atenda à quantidade de equipamentos existentes em cada parque fotovoltaico; ii) que seja de fácil interpretação; iii) que suporte alterações futuras sem qualquer tipo de modificação [3][4].

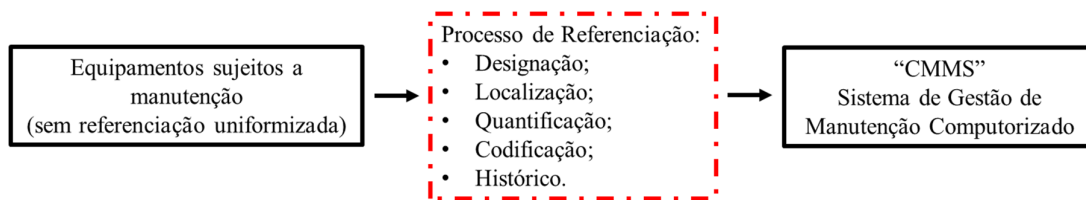


Figura 2 – Sequência do processo de referênciação dos equipamentos integrados no CMMS.

Assim, a uniformização do processo de referênciação a implementar deve ser capaz de:

- ser aplicada de forma consistente em todas as fases da vida de uma central fotovoltaica, nomeadamente: desenvolvimento conceptual, planeamento, construção, operação, manutenção, desmantelamento, substituição, etc...;
- fornecer a capacidade de identificar inequivocamente qualquer objeto inserido numa estrutura, em formato árvore, dividida em grupos e locais;
- suportar a incorporação de estruturas e de equipamentos novos sem alterações estruturais nos equipamentos existentes.

Adicionalmente, esta uniformização deve suportar uma representação de um equipamento independentemente da complexidade do mesmo. Ademais, a uniformização deve apoiar e ser implementada por ferramentas informáticas destinadas ao desenvolvimento conceptual.

1.4 Objetivos

O presente trabalho de dissertação/projeto pretende estabelecer os princípios gerais para a estruturação de um sistema de referenciação de equipamentos integrados em sistemas de produção fotovoltaica, incluindo a estruturação da informação sobre esses mesmos equipamentos. Com base nas normas europeias e internacionais aplicadas às Instalações Industriais [IEC 81346-1 (2009)][IEC 81346-2 (2009)] e aos Sistemas de Energia [ISO 81346-10 (2015)], são criadas regras e orientações que permitirão criar designações e codificações de referenciação inequívocas (atualmente inexistentes) para os equipamentos de qualquer sistema de produção fotovoltaica. O objetivo fulcral é, portanto, a definição de um sistema de interface intermédio que permita ligar cada tipo de equipamento sujeito a manutenção ao *CMMS* existente na empresa Voltalia, S.A..

Este objetivo implica a definição dos princípios de codificação de equipamentos de parques fotovoltaicos, os quais devem permitir lidar com os grandes conjuntos de informação habitualmente associados a uma instalação de produção fotovoltaica. Os princípios de codificação a definir, permitirão o estabelecimento de designações de referência que serão a base para um sistema de manutenção intuitivo e de fácil utilização. Estas características permitirão a obtenção de uma visão global sobre o sistema técnico associado aos parques fotovoltaicos, possibilitando a sua gestão eficiente.

O trabalho desenvolvido neste documento não se limita, exclusivamente, às centrais fotovoltaicas. Uma vez que, os princípios estruturantes relativos à definição das regras de codificações de referências propostas, apresentam uma flexibilidade tal que, no futuro, podem facilmente ser utilizados em ambientes diferentes, particularmente em diferentes tecnologias de energia renovável. A título de exemplo, a Figura 3, formato proposto, mostra como a codificação de um equipamento específico pode conter informação relativa ao tipo de energia primária aproveitada pelo sistema em que está inserido, bem como a localização e o código da central. Note-se que a alteração da energia primária pode facilmente ser inserida na referenciação do equipamento sem necessidade de alterar o restante código.

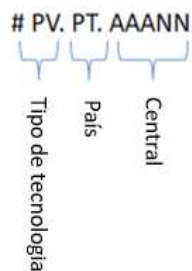


Figura 3 – Codificação de um equipamento específico quanto à energia, localização e central.

A codificação de referência para os equipamentos é a chave para facilitar a obtenção de informação sobre esse equipamento entre os diferentes tipos de documentos ou softwares existentes na plataforma *CMMS*. Esta codificação pode ser usada em diversos sistemas de energia e assegura uma correta identificação do equipamento em causa. Isto é, através da codificação proposta será possível identificar o equipamento, a sua localização, funcionalidade e respetivo histórico de eventos. Como anteriormente referido, esta padronização visa ser implementada em simultâneo com o *CMMS* já existente na Voltalia.

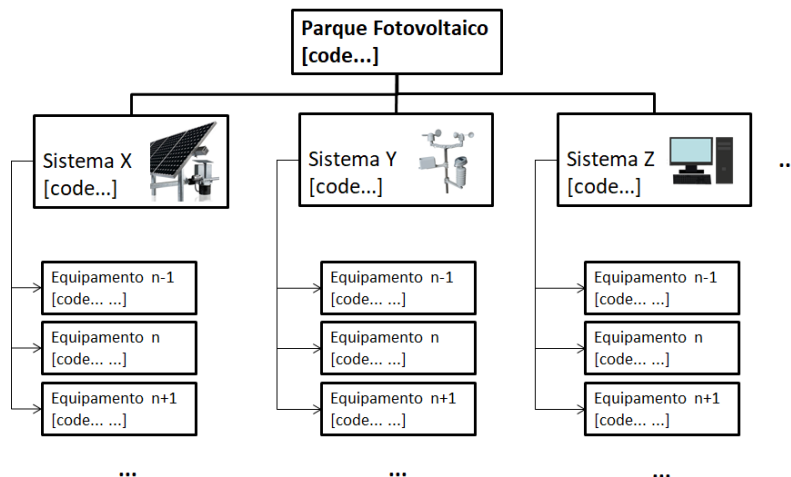


Figura 4 – Estrutura de árvore para equipamentos (Adaptado de [3]).

Em resumo, os objetivos do presente trabalho são:

- Estruturar em diagrama de árvore, por grupos funcionais, os sistemas e os equipamentos que podem existir num parque fotovoltaico;
- Criar uma codificação estandardizada para todos os equipamentos de um parque fotovoltaico sujeitos a manutenção, respeitando as normas internacionais (ISO) existentes para sistemas energéticos;
- Criar uma plataforma (sistema automático) para quantificação e codificação em grande escala de equipamentos;
- Apresentar o diagrama esquemático, em formato árvore, de equipamentos constituintes e respetiva codificação estandardizada, tal como ilustrado na Figura 4.

1.5 Metodologia Adotada

Pretendendo-se criar uma estrutura envolvente e global padronizada para os equipamentos das centrais fotovoltaicas, que possa ser integrada no *CMMS* já existente foi adotada a seguinte metodologia:

- Elaborar um glossário de todos os equipamentos existentes atualmente nos parques fotovoltaicos, atribuindo-lhe uma definição internacional normalizada (que não existe), bem como a descrição da função a que se destinam.
- Criar um sistema automático de codificação, o qual será disponibilizado através de uma página interna da empresa, via internet, para que os coordenadores dos parques fotovoltaicos procedam ao preenchimento com as quantidades de equipamentos existentes, segundo a descrição uniformizada.

A metodologia referida permitirá a codificação de todos os equipamentos existentes em cada uma das centrais fotovoltaicas bem como a respetiva inserção numa estrutura em árvore, dividindo-os por grupos funcionais e localização, tal como se ilustra na Figura 4. Note-se que esta figura evidencia um exemplo prático de adaptação da estrutura de árvore, presente em [3], aplicado aos diversos equipamentos existentes numa central fotovoltaica. A informação resultante será posteriormente importada para o *CMMS*, permitindo assim a visualização de todos os elementos dos parques fotovoltaicos, bem como, todas as informações e histórico (eventos, paragens, manutenções, ...) dos diversos equipamentos. Esta informação pode ser acedida em qualquer lugar e em qualquer altura através do *CMMS*.

1.6 Estrutura e organização da dissertação/projeto

Esta dissertação/projeto é composta por 5 capítulos, incluindo este capítulo 1, em que se realiza uma breve introdução, englobando o enquadramento do trabalho desenvolvido, requisitos, exposição dos objetivos que se pretende atingir, metodologia adotada e apresentação da organização da dissertação/projeto.

O segundo capítulo é referente ao estado de arte, fazendo um enquadramento aos sistemas fotovoltaicos, conceitos de gerais de manutenção e definições de *CMMS*.

No capítulo 3 é exposto o caso de estudo desenvolvido nesta dissertação/projeto.

O capítulo 4 expõe a plataforma desenvolvida para a implementação, de forma automática, no *CMMS* do tema desenvolvido no capítulo 3.

E, finalmente o capítulo 5 apresenta as conclusões finais desta dissertação/projeto e propostas de trabalhos futuros.

2. Estado de Arte

Este capítulo é dividido em 3 temas, nomeadamente sistemas fotovoltaicos onde serão apresentados os tipos de sistemas e as suas arquiteturas, bem como, o ciclo de vida de um sistema fotovoltaico. Também, neste capítulo serão apresentados conceitos e níveis de manutenção, gestão de manutenção e sistemas *CMMS*.

2.1 Sistemas Fotovoltaicos

Um sistema de energia solar fotovoltaica é um sistema capaz de produzir energia elétrica através da radiação solar. Estes sistemas têm como principais componentes os módulos fotovoltaicos, as caixas de junção de fileiras, os inversores e o sistema de monitorização e a rede de comunicações (Figura 5).

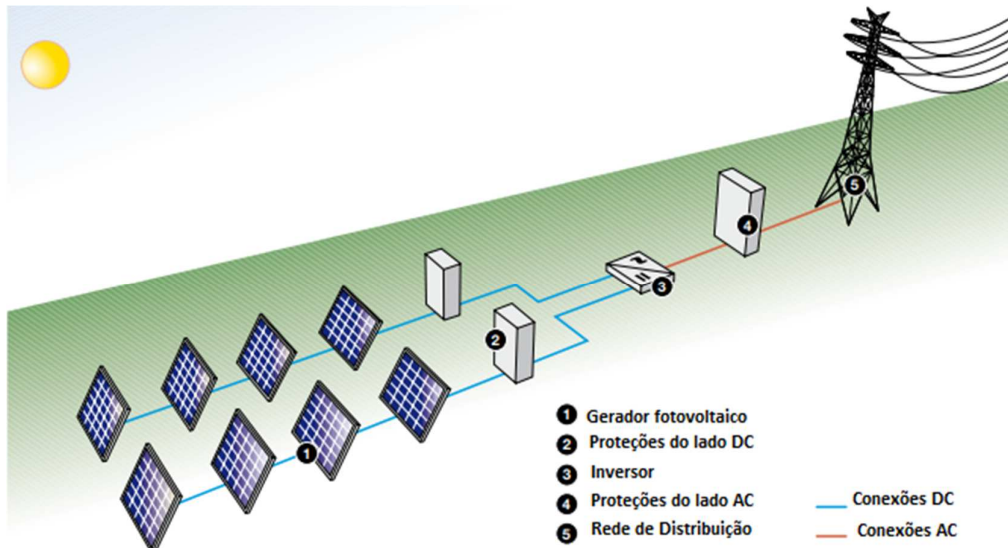


Figura 5 – Sistema fotovoltaico interligado à rede elétrica (Adaptado de [5]).

2.1.1 Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

Os sistemas fotovoltaicos podem ser subdivididos em três grupos fundamentais:

- Sistemas autónomos;
- Sistemas interligados com a rede elétrica;
- Sistemas híbridos.

2.1.1.1 Sistemas Autónomos

Os sistemas autónomos (por vezes designados com *off-grid*) são sistemas isolados, sem interligação com a rede elétrica, os quais se aplicam, tipicamente, a locais onde o fornecimento de energia elétrica, através da rede pública, não é possível ou é economicamente inviável (Figura 6). Atualmente as aplicações mais comuns para estes sistemas são os equipamentos de bombagem de água, sistemas de iluminação e sinalização de estradas, portos e aeroportos e instalações publicitárias.

Este tipo de sistemas recorre apenas a uma energia primária para responder às exigências de consumo, não tendo qualquer ligação com a rede elétrica de distribuição. De acordo com a Figura 6, estes sistemas costumam ser simples e de fácil configuração, e são, normalmente, constituídos por:

- Módulos fotovoltaicos, destinados à produção da eletricidade, na forma de corrente contínua.
- Baterias para armazenamento de energia, assegurando a existência de energia nos períodos em que produção instantânea dos módulos fotovoltaicos é insuficiente para

alimentar a carga. Quando o sistema produz energia em excesso (energia produzida superior à energia consumida), esta será utilizada para recarregar as baterias.

- Controladores ou reguladores da carga, os quais são instalados entre os módulos e as baterias para controlar o processo de carga das baterias, providenciando um melhor controlo e conseqüente aumento da sua vida útil.
- Inversor, tem a missão de converter a corrente contínua gerada pelos módulos fotovoltaicos em corrente alternada destinada à alimentação das cargas.

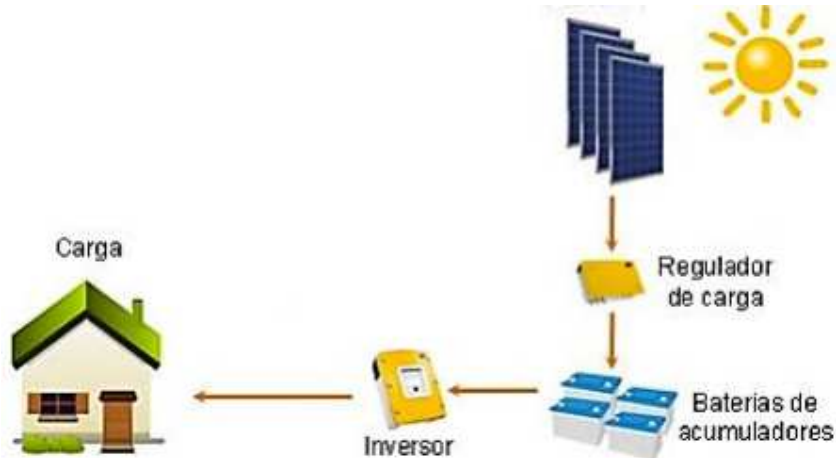


Figura 6 – Exemplo de um sistema autónomo (Adaptado de [6]).

2.1.1.2 Sistemas interligados com a Rede Elétrica

Os sistemas interligados com a rede elétrica (por vezes designados com *grid-tie*) (Figura 7) dispensam a utilização de um sistema de armazenamento de energia, uma vez que toda a energia gerada pelos mesmos é entregue à rede ou, no caso de sistemas instalados em regime de autoconsumo, o excedente de produção face ao consumo é entregue à rede.

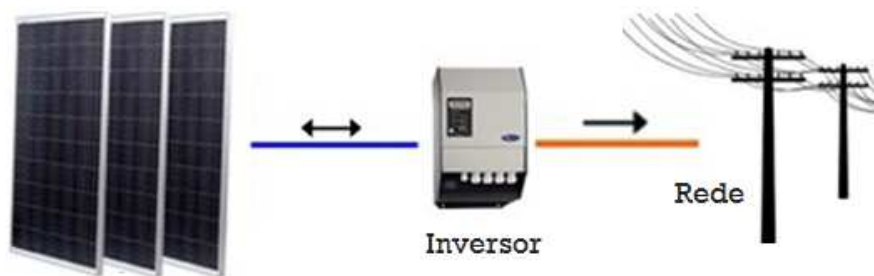


Figura 7 – Exemplo de sistema fotovoltaico convencional interligado com a rede (Adaptado de [6]).

2.1.1.3 Sistemas Híbridos

Os sistemas híbridos são sistemas que combinam duas ou mais fontes de produção de energia. As fontes de produção de energia poderão ser de origem renovável, tais como energia eólica, energia solar, energia hídrica, etc. (Figura 8). Estas têm ainda a possibilidade de ser complementada com fontes de produção convencionais, como por exemplo, geradores a diesel [7].

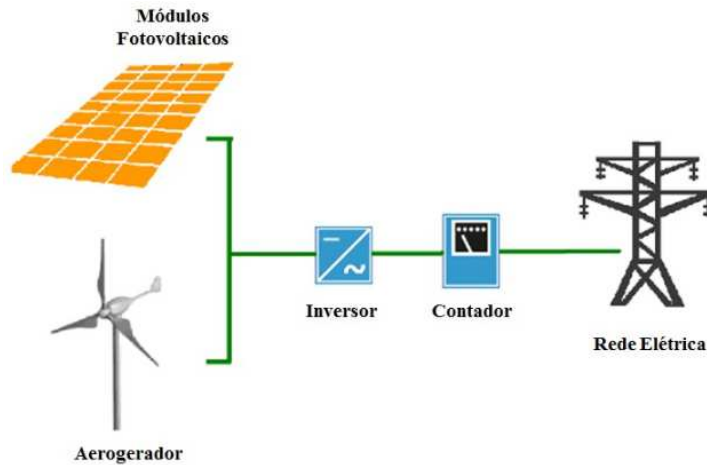


Figura 8 - Exemplo de sistema híbrido (Adaptado de [8]).

2.1.2 Módulos Fotovoltaicos

Os módulos fotovoltaicos são constituídos por células ligadas em série e paralelo (Figura 9). Estes módulos, através da utilização do efeito fotoelétrico, convertem a radiação solar em energia elétrica.

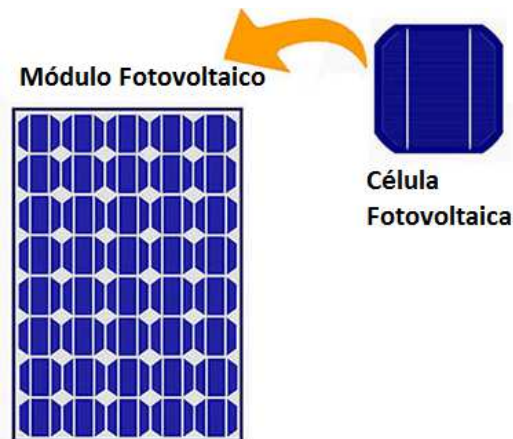


Figura 9 – Módulo Fotovoltaico (Adaptado de [9]).

O efeito fotoelétrico, relatado por Edmond Becquerel, em 1839, é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semiconductor, produzida pela absorção da luz (Figura 10). Neste processo podem ser utilizados diferentes semicondutores como o silício, arsenieto de gálio, o telureto de cádmio ou o disseleneto de cobre e índio. Contudo, o semiconductor mais utilizado na produção de células fotoelétricas é o silício [10].

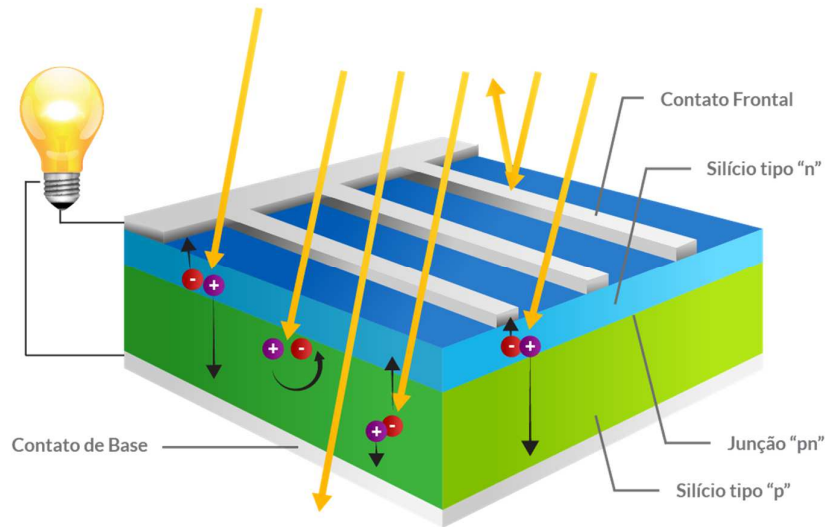


Figura 10 – Efeito fotoelétrico [11].

2.1.2.1 Células Fotovoltaicas

As células fotovoltaicas podem ser divididas em três subcategorias vulgarmente designadas por células de 1.^a, 2.^a e 3.^a gerações.

As células de 1.^a geração são obtidas a partir de silício cristalino, englobando as soluções monocristalinas e policristalinas. As células de 2.^a geração correspondem a soluções de película fina que podem ser do tipo silício amorfo (Si Amorfo), telureto de cádmio (CdTe), cobre, índio, gálio e seleneto (CIGS). As células de 3.^a geração abrangem todos os novos conceitos de células solares, na sua maioria ainda em fase de estudo ou desenvolvimento, nomeadamente soluções híbridas, nano e microcristalinas [12].

A Figura 11 mostra um resumo esquemático sobre as tecnologias de células fotovoltaicas que existem no mercado.

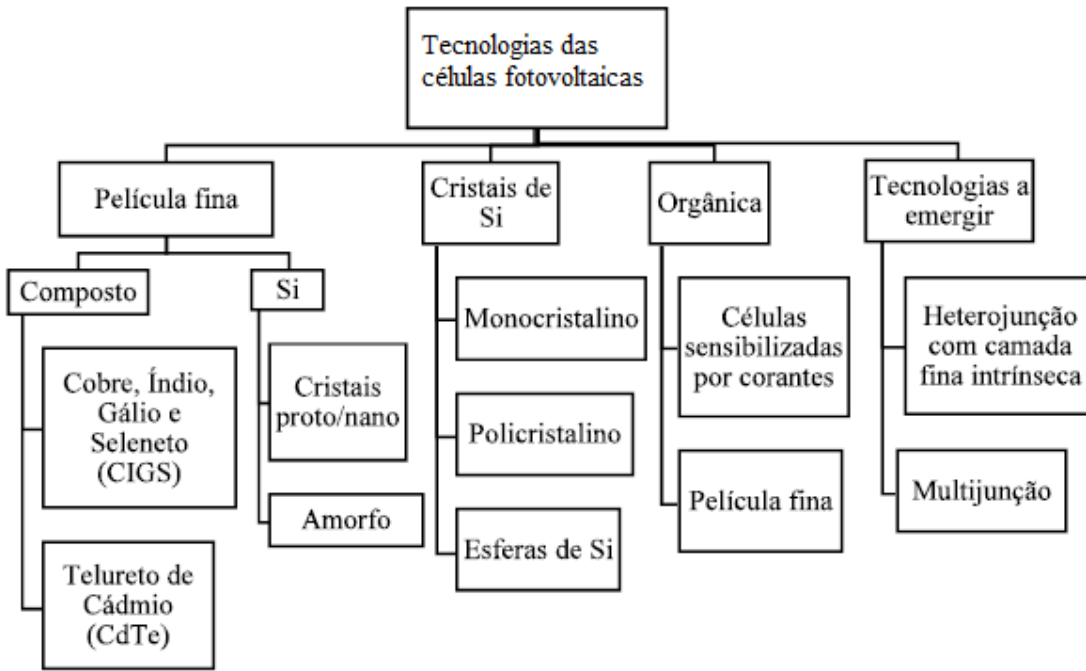


Figura 11 - Tecnologias de células fotovoltaicas (Adaptado de [13]).

A Tabela 1 resume algumas das principais características de módulos com diferentes tecnologias de células fotovoltaicas.

Tabela 1 – Principais características de alguns módulos fotovoltaicos (Adaptado [13], [14]).

Material da Célula	Eficiência do Módulo	Área de superfície necessária para 1kWp	Vantagens	Desvantagens
Si Monocristalino	15-18%	7-9 m ³	<ul style="list-style-type: none"> • Maior eficiência dos módulos • Facilmente disponível no mercado • Altamente padronizado 	<ul style="list-style-type: none"> • Mais caro • Resíduos de silício no processo de produção
Si Policristalino	13-16%	8-9 m ³	<ul style="list-style-type: none"> • Necessária menos energia e menos tempo para a produção comparado com o Monocristalino (implica um custo inferior) • Facilmente disponível no mercado • Altamente padronizado 	<ul style="list-style-type: none"> • Ligeiramente menos eficientes do que os módulos de Si monocristalino
CIGS	10-12%	9-11 m ³	<ul style="list-style-type: none"> • Temperaturas elevadas e sombreamento têm baixo impacto na performance do módulo • Baixa custo de produção 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessário mais espaço para a mesma produção
CdTe	9-11%	11-13 m ³	<ul style="list-style-type: none"> • Temperaturas elevadas e sombreamento têm baixo impacto na performance do módulo • Maior potencial de redução de custos 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessário mais espaço para a mesma produção
Si Amorfo	6-8%	13-20 m ³	<ul style="list-style-type: none"> • Temperaturas elevadas e sombreamento têm baixo impacto na performance do módulo • Necessária uma menor quantidade de Si para a produção 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessário mais espaço para a mesma produção

2.1.2.1.1 Células de 1.^a geração

As células fotovoltaicas de 1.^a geração continuam a ser a tecnologia dominante no mercado. A maioria dos parques fotovoltaicos existentes possuem módulos fotovoltaicos constituídos por células de silício cristalino. Dentro desta geração, o silício monocristalino é a opção mais antiga. Contudo, as células baseadas em silício policristalino, tecnologia posterior ao monocristalino, dominam, atualmente, o mercado (Figura 12).

A maioria das células fotovoltaicas de silício monocristalino (m-Si) são obtidas através de fatias de um único grande cristal, mergulhado em silício fundido. Neste processo o cristal recebe

pequenas quantidades de boro formando um semiconductor dopado. Após corte do mesmo são introduzidas impurezas e exposto a um vapor de fósforo em fornos de altas temperaturas, garantindo confiabilidade e eficiência aos produtos [12], [15].

A eficiência das células de silício policristalino (p-Si) é menor que a das monocristalinas, mesmo tendo origem na mesma matéria-prima [16]. Esta realidade deve-se ao facto das células policristalinas não serem formadas a partir de um único cristal de elevada pureza. Estas células, quando comparadas com as monocristalinas, apresentam, contudo, um preço inferior.

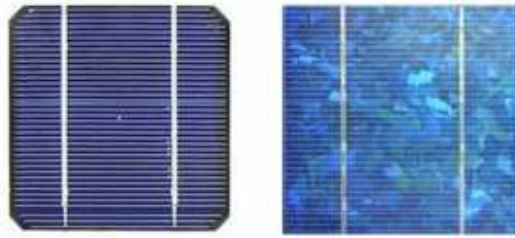


Figura 12 – Células de silício monocristalino (esquerda) e policristalino (direita) [17].

2.1.2.1.2 Células de 2.^a geração

A tecnologia fotovoltaica de 2.^a geração surge como resposta à necessidade de reduzir a quantidade de silício usado, permitindo lidar com o facto da oferta deste material ser inferior à sua procura. Na sequência deste défice entre oferta e procura emergiram os filmes finos, que apresentam a vantagem de consumir menos energia e matéria prima aquando do seu fabrico.

O avanço que marcou esta geração foi o facto das células de Cobre, Índio, Gálio e Seleneto (CIGS) e Telurieto de Cádmio (CdTe) serem mais eficientes e mais baratas.

A evolução da tecnologia de filmes finos permitiu uma forte expansão em aplicações arquitetónicas, uma vez que estas células possibilitam soluções com uma estética mais atraente, ao mesmo tempo que podem substituir alguns dos materiais utilizados na construção civil (telhados, fachadas, ...) [12], [15], [17].

2.1.2.1.3 Células de 3.^a geração

A 3.^a geração da tecnologia fotovoltaica engloba todas as tecnologias em desenvolvimento e estudo, nomeadamente as células orgânicas ou poliméricas. Estas células, segundo [12] baseiam-se na utilização de um semiconductor orgânico, o qual é responsável pela absorção da luz e conseqüente geração, separação e transporte de cargas. Recentemente, alguns destes

dispositivos têm sido produzidos através da mistura de um derivado de fulereno e um polímero condutor.

2.1.3 Inversores Fotovoltaicos

O sistema de condicionamento e controlo de potência, num sistema solar fotovoltaico, é baseado em inversores, os quais convertem a corrente contínua (DC) produzida nas fileiras pelos módulos fotovoltaicos, em corrente alternada (AC). Estes equipamentos são, geralmente, dotados de algoritmos que permitem extrair a máxima potência dos módulos fotovoltaicos bem como controlar a qualidade da energia a ser entregue à rede.

A potência máxima que uma célula fotovoltaica pode gerar é o resultado do produto da corrente pela tensão no ponto de potência máxima, tal como ilustra a Figura 13. O ponto onde ocorre a potência máxima é designado por *Maximum Power Point* (MPP). O algoritmo designado por *Maximum Power Point Tracker* (MPPT), integrado no inversor, estima, em cada instante, o par de valores “tensão-corrente” do gerador que maximiza a potência produzida nos módulos solares [5]. Isto é, a potência produzida por cada célula fotovoltaica depende da irradiação e da temperatura. A partir dessas considerações, o MPPT assegura que instantaneamente o inversor extraia o máximo de potência dos módulos, variando o valor de tensão e corrente [18].

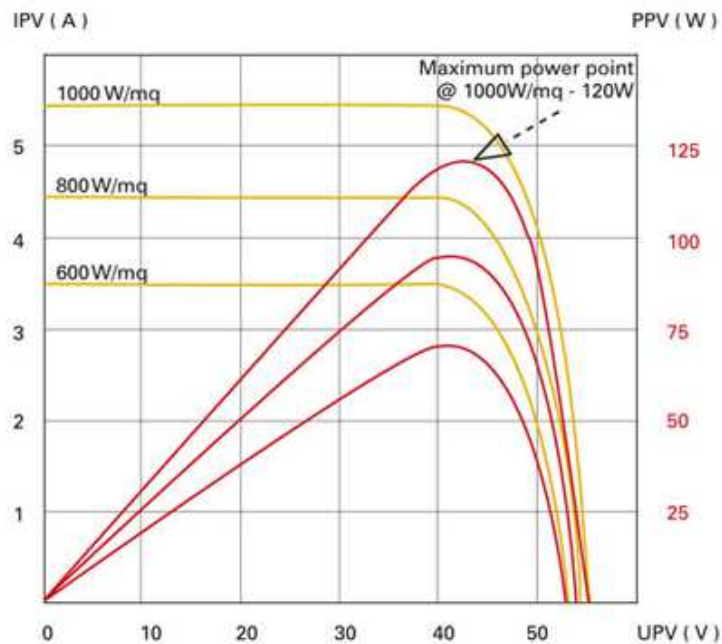


Figura 13 – MPP dos Inversores [19].

2.1.3.1 Tipos de Inversores

Nos dias de hoje existem diversos tipos de inversores no mercado. Estes podem ser divididos em três grupos: inversores centrais, de fileira e micro inversores.

2.1.3.1.1 Inversores Centrais

Nos sistemas com inversores centrais, os módulos fotovoltaicos são instalados em série, constituindo fileiras, as quais são associadas em paralelo e ligadas ao sistema de conversão de energia de DC para AC (o inversor). Esta conversão é centralizada num único inversor, o inversor central (Figura 14), cuja função passa por injetar na rede toda a produção proveniente do conjunto de fileiras que constitui o parque fotovoltaico.

Esta topologia (inversor centralizado) apresenta algumas desvantagens, particularmente: i) a falha no inversor determina que toda a instalação associada fique comprometida; ii) dificuldades em lidar com a extração de potência máxima em instalações dotadas de fileiras com orientações, inclinações ou sombreamento diversas (dependendo do número de controladores MPPT independentes existentes no inversor).

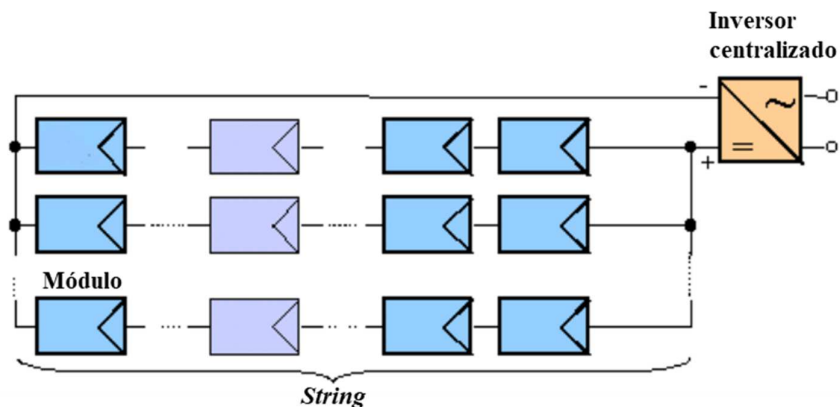


Figura 14 – Central fotovoltaica equipada com Inversor Central (Adaptado de [20]).

2.1.3.1.2 Inversores de Fileira

A Figura 15 ilustra o exemplo de uma topologia dotada de inversores de fileira (ou de *string*), os quais são utilizados para ligar fileiras específicas de módulos (frequentemente uma fileira por inversor). A principal vantagem desta topologia deve-se à possibilidade de permitir o uso de fileiras constituídas por módulos com diferentes características, orientações, inclinações ou sujeitos a diferentes condições de sombreamento. Nestes casos, o controlo MPPT funciona de forma mais adequada, permitindo uma maior produção elétrica. A principal desvantagem é o

aumento do número de inversores necessários (de menor potência que os inversores centrais), com impactos nos custos de investimento e de operação e manutenção.

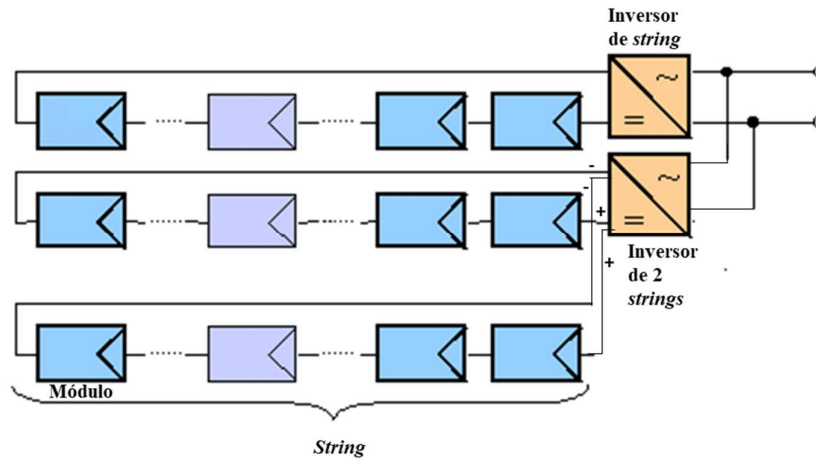


Figura 15 – Central fotovoltaica equipada com inversores de fileira (Adaptado de [20]).

2.1.3.1.3 Micro Inversores

A Figura 16 mostra uma solução baseada na utilização de micro inversores, os quais são inversores aplicados por módulo fotovoltaico ou, em alguns casos, para um número muito restrito de módulos. A principal vantagem é a fácil instalação e a fiabilidade do sistema. Em contrapartida tem a desvantagem de baixa eficiência quando comparado com os inversores de fileira, por exemplo [21].

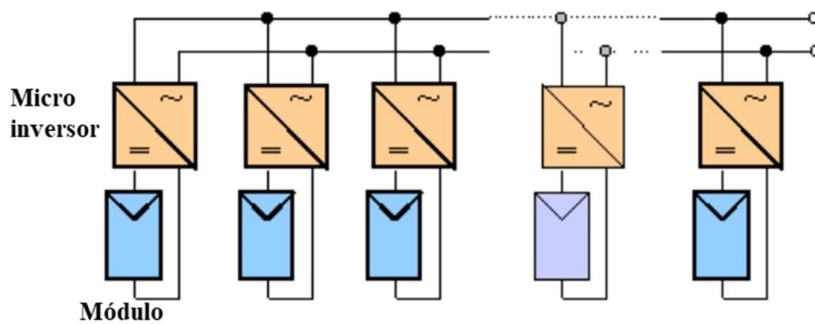


Figura 16 – Central fotovoltaica equipada com Micro Inversores (Adaptado de [20]).

2.1.4 Ciclo de Vida de um Sistema Fotovoltaico

O ciclo de vida de um sistema fotovoltaico é constituído por várias fases [22], desde o seu desenvolvimento conceptual até ao desmantelamento, como mostra a Figura 17.

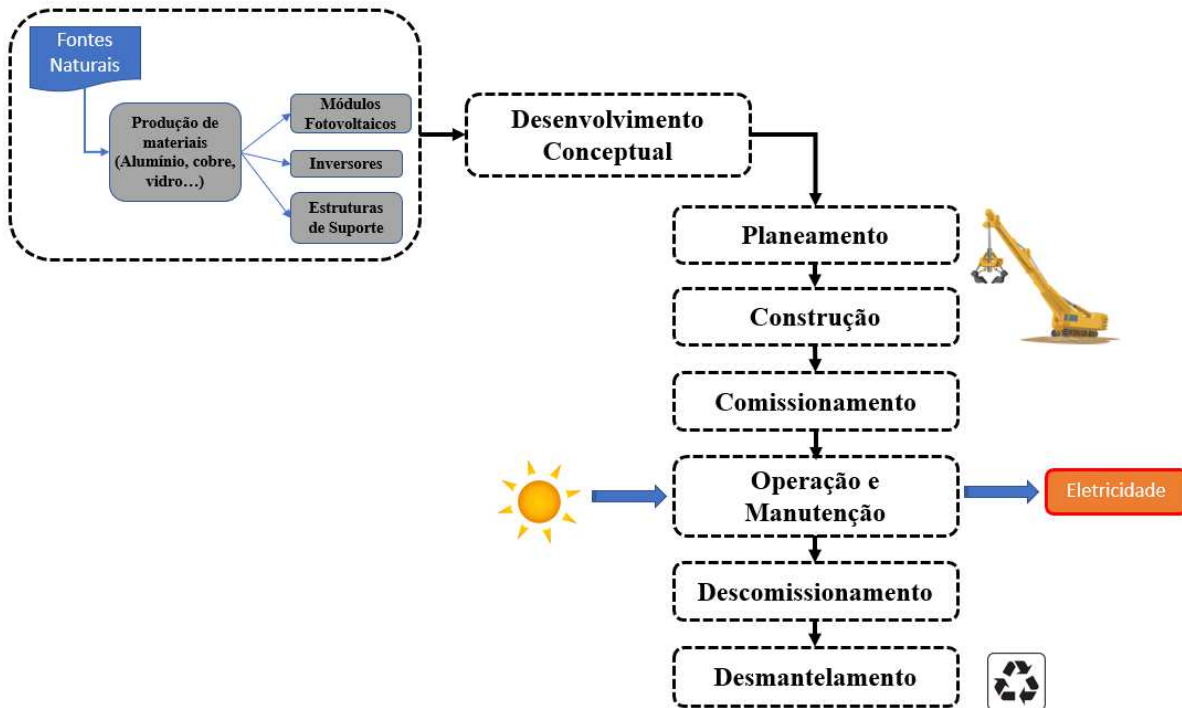


Figura 17 – Fases de vida de um sistema fotovoltaico.

Desenvolvimento Conceptual

Nesta fase é feita a identificação cuidadosa e detalhada da necessidade do sistema, inclusão das análises das soluções disponíveis e viabilidade económica do sistema. Engloba ainda, projeto CAD (Desenho Assistido por Computador).

Planeamento

Nesta fase é feito uma avaliação detalhada, ocorrendo um planeamento do uso do sistema fotovoltaico, bem como definição de metas para a sua utilização. Decorre também nesta fase a negociação de termos contratuais de fornecimento, incluindo garantias, responsabilidades de reparo e troca em função de defeitos nos equipamentos do sistema. Nesta fase é elaborado o cronograma temporal.

Construção

Fase de montagem de todos os equipamentos e componentes de acordo com o projecto e com todas as normas e leis em vigência.

Comissionamento

Trata-se da fase que garante que os equipamentos são adequados ao propósito da sua aquisição. Observa-se os requisitos do projeto, a instalação dentro dos padrões estabelecidos pelas normas técnicas e legislatórias, bem como testes necessários para aceitação da entrega do sistema. Sendo tarefas primordiais para a adequada gestão dos equipamentos ao longo do seu ciclo de vida.

Operação e Manutenção

Normalmente, é a fase mais longa do ciclo de vida do sistema. Esta fase terá por base o objetivo de garantir a função dos equipamentos, e do sistema como um todo, no decorrer da sua vida útil e a não degradação do seu desempenho.

Descomissionamento

Esta fase é processo de desativação do sistema, envolvendo uma avaliação e categorização de todos os componentes e materiais.

Desmantelamento

Por fim, o final do ciclo corresponde ao desmantelamento. Quando os módulos chegam ao fim de vida são recolhidos e direccionados para entidades competentes na área de recolha de resíduos. Estas procedem ao seu desmantelamento, enviando grande parte dos componentes para reciclagem e outra parte para aterro.

2.2 Manutenção

O trabalho desenvolvido nesta dissertação/projeto enquadra-se na fase de operação e manutenção do ciclo de vida de um sistema fotovoltaico. Esta secção apresenta o conceito de manutenção, os tipos de manutenção e os níveis da mesma.

2.2.1 Conceito

Segundo [23], a manutenção é definida como a combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um equipamento, com o objetivo de manter ou restaurar a um estado diferente do atual. Esta definição indica que manutenção consiste no conjunto de atividades efetuadas visando prevenir a falha de um equipamento ou corrigir uma situação de falha do mesmo.

Tal como ilustra a Figura 18, a manutenção pode ser dividida em duas estratégias principais: a manutenção preventiva e a manutenção corretiva.

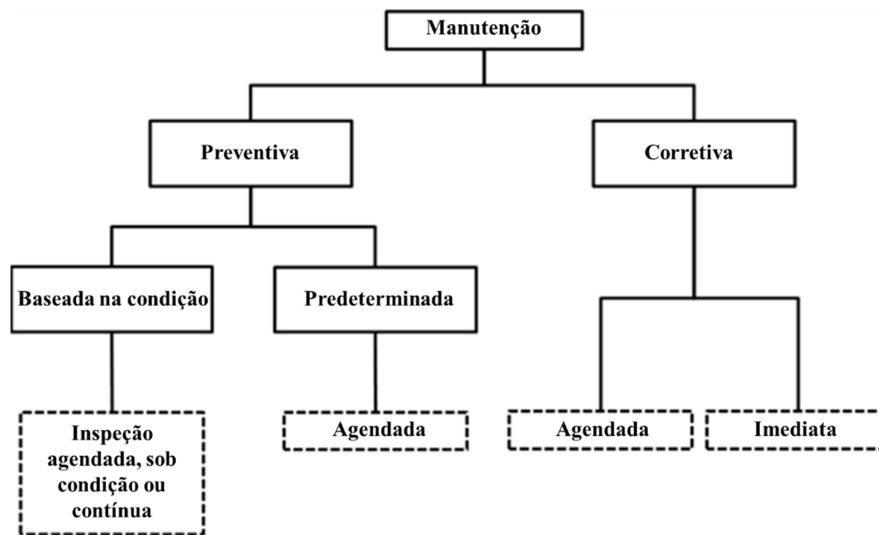


Figura 18 – Tipos de manutenção (Adaptado de [23]).

2.2.2 Manutenção Preventiva

De acordo com [23], a manutenção preventiva é definida como a manutenção efetuada em intervalos de tempo predeterminados ou de acordo com um critério prescrito, tendo como objetivo reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um equipamento. Assim, esta manutenção compreende todas as atividades realizadas num equipamento que esteja em funcionamento, com a intenção de reduzir a respetiva taxa de avarias (probabilidade de um item falhar durante um período de tempo definido).

A manutenção preventiva pode ser dividida em duas subcategorias:

- Manutenção baseada na condição (*Condition Based Maintenance (CBM)*);
- Manutenção predeterminada (*Predetermined Maintenance (PDM)*).

2.2.2.1 Manutenção baseada na condição

A manutenção baseada na condição é a manutenção preventiva que se baseia no desempenho de um equipamento recorrendo, na maioria das vezes, à monitorização de parâmetros. Um exemplo é a medição das vibrações de um determinado motor, que, quando acima de um determinado limiar, determina que é necessária intervenção de manutenção [23].

Este tipo de manutenção implica, portanto, a monitorização do estado do equipamento, existindo duas estratégias principais para efetuar esta monitorização:

- Inspeção, que se baseia na interação humana com o equipamento em intervalos regulares (por exemplo, o técnico verifica no equipamento visualmente que este tem uma anomalia física e terá de agendar uma manutenção);
- Monitorização do estado do equipamento através da medição de um parâmetro (ou mais). Quando o parâmetro medido atinge um nível predeterminado, é desencadeada a ação de manutenção.

Esta última estratégia (monitorização de estado), quando utilizada, é frequentemente seguida de algum tipo de estimativa do momento em que o equipamento monitorizado irá falhar. Este método é designado de **manutenção preditiva**.

A manutenção baseada na condição é normalmente utilizada quando a taxa de avarias está mais dependente de condições de utilização do que do tempo de operação.

2.2.2.2 Manutenção Predeterminada

A manutenção predeterminada é a manutenção preventiva executada de acordo com intervalos de tempo pré-estabelecidos ou número de operações realizadas, mas sem investigação prévia do estado. Um exemplo prático deste tipo de manutenção, são os disjuntores das subestações elétricas em que a manutenção pode ser realizada semestralmente, ou pelo número de manobras que este já realizou.

Uma exigência para a manutenção predeterminada ser efetiva é que o equipamento em que é executada a manutenção tenha uma taxa de falha constante ou que aumente com o respetivo envelhecimento. Os intervalos de manutenção do item são decididos com base na idade do

equipamento, no número de horas de utilização, na distância percorrida, ou no número de utilizações/manobras efetuadas [23].

2.2.3 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva é definida como manutenção executada após reconhecimento de uma avaria, com o objetivo de colocar o item num estado adequado à execução da função requerida. Este tipo de manutenção é vulgarmente designada por manutenção do “esperar que avarie” e não inclui qualquer previsão de quando um equipamento poderá avariar. Dependendo do impacto que o equipamento avariado tenha, a manutenção pode ser executada imediatamente ou agendada para um momento futuro. Esta estratégia de manutenção é aplicada frequentemente quando a previsão de avarias é complexa ou mesmo impossível. Muitas vezes este tipo de manutenção é também designada por reparação [23].

2.2.4 Níveis de Manutenção

A manutenção de um item/equipamento pode ser dividida em diversos níveis, sendo que esta divisão não é consensual na vertente industrial, existindo, pelo menos, duas classificações: i) a classificação criada por uma associação de normalização francesa - AFNOR (*Association Française de Normalisation*) que indica que a manutenção pode ser dividida em 5 níveis (Figura 19); ii) e a classificação criada pela SYPEMI (*Syndicat Professionnel des Entreprises de Multiservice Immobilier*), a qual defende que a manutenção apenas deveria ter 3 níveis (agregando assim o nível 1, 2 e 3 da AFNOR apenas num único nível) (Figura 19).

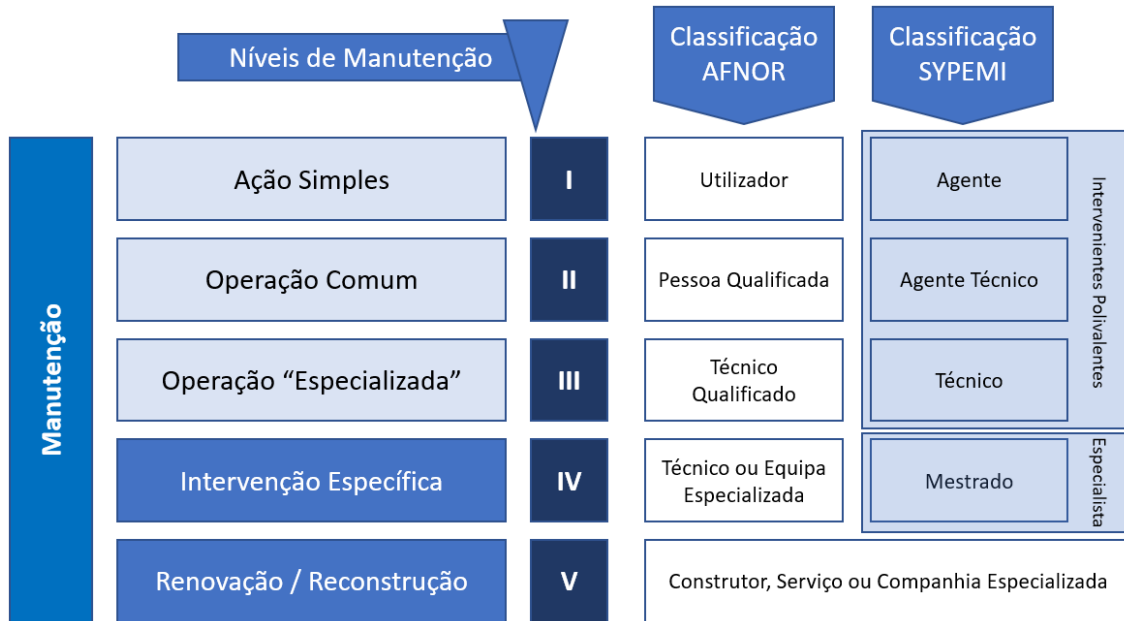


Figura 19 – Níveis de manutenção [24].

2.2.4.1 Manutenção de nível I

As atividades de manutenção de nível I são simples, necessárias à operação e realizadas em equipamentos de fácil acesso e com total segurança. Este tipo de operação pode ser executado pelo utilizador do equipamento recorrendo ao manual de instruções [25]. A Tabela 2 apresenta alguns exemplos de manutenção seguindo este nível:

Tabela 2 - Exemplos de manutenção de nível I (Adaptado de [25]).

Manutenção Preventiva	Manutenção Corretiva
Lubrificação diária	Troca de lâmpadas
Controlo de obstrução de filtros	Conserto de fechaduras
Registo de valores e estado do item	Substituição de elementos de desgaste

2.2.4.2 Manutenção de nível II

As ações de nível II requerem procedimentos simples e/ou equipamento de apoio (integrados ou não no equipamento) de fácil utilização ou implementação. Este tipo de manutenção é executado por pessoal qualificado com procedimentos detalhados e equipamento de apoio definido nas instruções de manutenção. Considera-se como pessoal qualificado as pessoas treinadas para trabalhar num equipamento, em segurança perante os potenciais riscos, e

reconhecidas como competentes para executar o trabalho de acordo com o seu conhecimento e capacidades [23]. A Tabela 3 apresenta alguns exemplos de manutenção seguindo este nível.

Tabela 3- Exemplos de manutenção de nível II (Adaptado de [25]).

Manutenção Preventiva	Manutenção Corretiva
Verificação de terras	Leitura de esquemas e erros do item
Substituição de filtros	Substituição de fontes de luz
Controlo de válvulas	Reparações e ajustes simples (standard)

2.2.4.3 Manutenção de nível III

No nível III as ações de manutenção requerem procedimentos complexos e/ou equipamentos de suporte, operação ou integração complexa. Este tipo de manutenção pode ser executado por um técnico qualificado, usando procedimentos detalhados e equipamento de suporte mencionado nas instruções de manutenção [25].

A Tabela 4 apresenta alguns exemplos de manutenção enquadráveis neste nível de manutenção.

Tabela 4 - Exemplos de manutenção de nível III (Adaptado de [25]).

Manutenção Preventiva	Manutenção Corretiva
Intervenção de manutenção intrusiva	Reparação de vazamentos de refrigerante
Manutenção com equipamentos de medida externos ao ativo	Diagnóstico de estado utilizando equipamentos de suporte individual (PLC, multímetro, ...)
Controlo de ignição e combustão (caldeiras)	Deteção de falhas de produção através da utilização de meios de medição e diagnóstico individuais

2.2.4.4 Manutenção de nível IV

As ações de manutenção de nível IV são ações cujos procedimentos envolvem o domínio de uma técnica ou tecnologia especializada e/ou implementação de equipamento especializado de apoio. Este tipo de manutenção é executado por um técnico ou equipa especializada com o apoio de instruções de manutenção gerais ou específicas [25]. A Tabela 5 apresenta alguns exemplos de manutenção integradas neste nível.

Tabela 5 - Exemplos de manutenção de nível IV (Adaptado de [25]).

Manutenção Preventiva	Manutenção Corretiva
Análise de vibração	Revisão de um motor no local (após avaria)
Termografia infravermelhos (elétrico, mecânico, térmico, ...)	Substituição de válvulas compressoras
Levantamento de parâmetros técnicos que requerem meios de medição (osciloscópio, ...) com análise de dados	Deteção de falhas de produção através da utilização de meios de medição e diagnóstico complexos (controlo de sistemas de controlo digitais, drives, ...)

2.2.4.5 Manutenção de nível V

No nível V enquadram-se as ações cujos procedimentos envolvem especialização, utilizando técnicas ou tecnologias específicas. Por definição, este tipo de manutenção (renovação, reconstrução, etc...) é efetuado pelo fabricante ou por um serviço ou empresa especializada no equipamento reconhecida pelo fabricante, e, portanto, próximo do fabricante do item ou ativo [25]. A Tabela 6 apresenta alguns exemplos de manutenção enquadráveis neste nível.

Tabela 6 – Exemplos de manutenção de nível V (Adaptado de [25]).

Manutenção nível V
Revisões gerais com desmantelamento total da máquina
Recuperação dimensional e geométrica
Reparações significativas efetuadas pelo fabricante ou recondicionamento

2.3 Gestão de Manutenção

Nesta secção serão apresentados os conceitos gerais de gestão de manutenção, bem como, as funcionalidades e objetivos dos softwares de gestão de manutenção.

2.3.1 Conceitos Gerais

A gestão da manutenção é uma vertente ordenada e sistemática ao planeamento, organização, monitorização e avaliação de atividades de gestão. Um bom sistema de gestão de manutenção, aliado a gestores capazes e conhecedores, pode prevenir problemas dos mais diversos níveis, assegurar uma maior longevidade e melhor funcionalidade de um equipamento, contribuir para uma diminuição dos custos de operação e para um aumento da eficiência de processos.

Segundo [23], a gestão da manutenção abrange todas as atividades de gestão, as quais determinam os objetivos, a estratégia e as responsabilidades respeitantes à manutenção. Estas atividades são implementadas por diversos meios, tais como: o planeamento, o controlo, supervisão da manutenção, melhoria dos processos e métodos na organização, incluindo aspetos económicos.

A gestão da manutenção passa por assegurar que todos os objetivos propostos são cumpridos, garantido que todos os procedimentos foram efetuados da melhor forma (mesmo podendo existir objetivos distintos, como o caso de uma manutenção industrial ou de uma manutenção de infraestruturas). No caso da manutenção industrial, esta requer a garantia de funcionamento contínuo de todos os equipamentos, maximizando a produção e o rendimento e reduzindo custos. Enquanto que o foco da manutenção de infraestruturas é na organização da manutenção, baseada nas exigências legais e ambientais que minimizem o consumo energético, impacto ambiental e assegurem todas as condições de segurança, usabilidade e higiene das infraestruturas [26].

Os objetivos da manutenção devem ser mensuráveis e consistentes com a política da manutenção.

2.3.2 Software de Gestão da Manutenção

O software de gestão da manutenção é uma ferramenta que tem vindo a evoluir e a expandir-se ao longo dos tempos. É comum encontrarmos este termo abreviado pelas iniciais CMMS (*Computerized Maintenance Management System*) – ou em português, GMAC (Gestão da Manutenção Assistida por Computador).

Um software de gestão da manutenção ajuda os gestores de operação e manutenção a assegurarem a boa condição dos equipamentos e do seu desempenho. Consequentemente, o

software de gestão da manutenção não é apenas um meio de controlo da manutenção, mas sim uma ferramenta essencial para melhorar a manutenção dos equipamentos e a respetiva produtividade.

2.3.2.1 Funções do Software

O sistema de gestão da manutenção deve ser desenhado de forma a simplificar a gestão e rastreamento de todas as atividades de operação e manutenção de uma empresa. Assim as suas principais funções deverão incluir [27]:

- Registos e dados dos equipamentos;
- Planeamento;
- Ordens de trabalho;
- Desenvolvimento de um historial que possa ser rastreado;
- Registo de transações;
- Relatórios;
- Indicadores de desempenho.

Por outro lado, um sistema de gestão da manutenção deve adequar todos os processos que interagem na manutenção e permitir, entre outras coisas, identificar claramente [27]:

- que serviços/tarefas serão realizados;
- quando estes serão realizados;
- que recursos serão necessários para a sua execução;
- quanto tempo será gasto em cada um;
- que materiais/máquinas/equipamentos/ferramentas serão aplicados.

O sistema de gestão da manutenção terá sempre como objetivo final a satisfação do cliente da manutenção, planeando com base nos requisitos do cliente e do processo, visando um bom desempenho do serviço e do processo. Este desempenho é baseado em parâmetros e o sistema deve ser constantemente avaliado e, se necessário, atualizado com vista a elevar o nível de eficiência [27].

2.3.2.2 Objetivos do Software

Segundo [28], um sistema de gestão de manutenção deve ter como meta: “*contribuir para a competitividade da organização industrial para atender às necessidades do processo de produção, tanto em qualidade como em quantidade, que envolve uma rápida adaptação às mudanças no ambiente (flexibilidade) e racionalidade dos custos de manutenção.*”

Assim, segundo o mesmo autor, os objetivos de um sistema de gestão de manutenção são:

- diminuir custos de manutenção, operação e reparação;
- incrementar a vida útil dos equipamentos e sistemas;
- incrementar os índices de disponibilidade;
- incrementar a produtividade da equipa;
- facilitar a tomada de decisões de forma eficiente.

Em suma, o principal benefício é o aumento da produtividade, fornecendo um trabalho planeado, com menor burocracia e reduzindo o acompanhamento necessário por parte dos supervisores. A meta será atingir um nível mais elevado de atividades de manutenção, permitindo uma maior eficiência dos recursos das equipas, aumentando a qualidade do serviço final (Figura 20) [27].



Figura 20 – Modelo de sistema de gestão de manutenção [27].

2.3.2.3 Exemplos de Softwares

Atualmente, um dos maiores desafios enfrentados pelas empresas e organizações é escolher o melhor software de gestão de manutenção. É, importante, por isso entender primeiro os

requisitos e objetivos de cada empresa para na procura de mercado garantir que o software é compatível com todos os recursos utilizados pela empresa ou organização.

Existindo uma vasta gama de softwares capazes de preencher todos os requisitos e objetivos necessários, destacam-se os apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Exemplos de Softwares de Gestão de Manutenção

Software	Principais Recursos
FIIX	<ul style="list-style-type: none">• Software baseado em cloud;• Habilitado para dispositivos móveis;• Configuração em minutos;• Simplificação do processo de gestão de tarefas;• Etiquetas com códigos QR;• Adequado para qualquer tamanho de negócios.
IBM Maximo	<ul style="list-style-type: none">• Flexibilidade de cloud;• Gerenciamento de serviços;• Acesso por meio de todos os dispositivos móveis;• Planeamento inteligente.
Infraspeak	<ul style="list-style-type: none">• Interação direta entre empresa e cliente;• Etiquetas NFC;• Habilitado para dispositivos móveis.

3. Caso de Estudo

Neste capítulo será apresentado o caso de estudo desenvolvido no âmbito do trabalho prático da presente dissertação/projeto contendo as necessidades que levaram a criação do mesmo, as metodologias e a estruturação e codificação final.

3.1 CMMS existente na Voltalia S.A.

O *CMMS* adquirido e atualmente em utilização pela Voltalia é o FIIX. Este sistema foi desenvolvido para ajudar as equipas de manutenção a manter um registo de todos os equipamentos pelos quais são responsáveis, agendar e rastrear tarefas de manutenção e ainda manter todo um histórico do trabalho que executam. Este sistema tem ainda a particularidade de ser baseado em nuvem e, para além do típico acesso via browser, possuir uma aplicação móvel para ser utilizado não só no escritório, mas também no terreno, junto dos equipamentos. A Figura 21 ilustra o aspeto gráfico do FIIX.



Figura 21 – CMMS - FIIX [29].

O sistema é intuitivo e possui múltiplas opções que permitem lidar com diversos tipos de informação, nomeadamente: indicadores de eficiência, equipamentos, ferramentas, ordens de trabalho, manutenções programadas, tarefas *standard*, fornecedores, peças de reposição e compras. O sistema possui ainda uma plataforma simples de relatórios. O FIIX pode ser considerado como um sistema aberto, na medida em que todos estas opções estão disponíveis, mas sem uma normalização adequada. Isto é, todos estas ferramentas internas ao sistema estão disponíveis, mas o fornecedor deixa ao critério de cada empresa, que o adquire, a forma como as vão normalizar e interligar.

3.2 Análise das necessidades para implementação do software FIIX

A necessidade existente para a implementação do sistema de gestão de manutenção FIIX na Voltalia prendeu-se com o facto da empresa gerir a manutenção de diversos parques fotovoltaicos espalhados pelas mais diversas geografias. Esta dispersão geográfica, associada à inexistência de normalização específica para codificação de equipamentos integrados em sistemas fotovoltaicos, conduziu à utilização de designações diversas para referenciar equipamentos e atividades similares por parte das diferentes equipas de manutenção.

Contudo, a utilização de um software de gestão da manutenção flexível, como o FIIX, permitiu a criação da uniformização nas designações para os equipamentos e atividades.

Assim as necessidades para a implementação do software FIIX são as seguintes:

- Dispersão geográfica com diferentes línguas entre as equipas de manutenção;
- Lacuna na normalização adequada do FIIX;

- Inexistência de normalização específica para nomenclatura e codificação de equipamentos integrados em sistemas fotovoltaicos.

3.3 Procedimento

Mais recentemente, a Voltalia decidiu que seria necessário definir um procedimento para normalizar a referência de equipamentos instalados em centrais fotovoltaicas e promover a sua integração no sistema de gestão da manutenção existente. A presente dissertação/projeto pretende criar toda uma estrutura envolvente padronizada para os equipamentos dos parques fotovoltaicos, que possa ser integrada no sistema de gestão de manutenção em utilização na Voltalia. Este procedimento permitirá que todas as informações e histórico dos diversos equipamentos possam ser acedidas em qualquer lugar e em qualquer altura. Para além disso, todas as pessoas envolvidas conseguirão perceber a informação disponível, de forma fácil e trabalhar de forma eficiente. O trabalho a desenvolver divide-se nas seguintes tarefas:

- Elaboração do glossário normalizado de todos os equipamentos existentes em parques fotovoltaicos que possua a seguinte informação:
 - Definição normalizada;
 - Descrição normalizada;
 - Função normalizada a que destinam;
- Criação de estrutura em árvore dos equipamentos, dividindo-os por grupos funcionais;
- Criação de um sistema automático de codificação para todos os equipamentos mencionados no glossário;
- Elaboração de questionário a disponibilizar às equipas de manutenção das diversas geografias, para que estas procedam ao preenchimento das quantidades de equipamentos existentes, segundo as normalizações criadas;
- Elaboração de plataforma de importação de todas as informações normalizadas recolhidas para o *CMMS* (FIIX), permitindo a visualização e análise posterior de todo o histórico de eventos, paragens e rastreamento de atividades de operação e manutenção.

3.4 Glossário de equipamentos

Neste capítulo são apresentados todos os equipamentos que podem integrar um dos parques fotovoltaicos associados à empresa Voltalia SA. Para o efeito foi efetuado o levantamento de todos os equipamentos e criado um glossário normalizado de definições e funções, englobando todos os equipamentos e suas características funcionais.

A estrutura de apresentação destes equipamentos será dividida pelos grupos funcionais e terá a designação de RDS-PP (*Reference Designation System for Power Plants*) [30], terminologia adotada pela associação técnica internacional (VGB) que reúne empresas, para as quais a operação de sistemas de energia e tecnologias correspondentes formam uma base importante para os seus negócios. Para a criação do glossário foram utilizadas diversas normas e documentos internacionais, das quais se destacam as seguintes:

- IEC 61836: 2007 [31] – Solar Photovoltaic Energy Systems - Terms, Definitions and Symbols;
- IEC 81346-1 [32] - Industrial systems, installations and equipment and industrial products – Structuring principles and reference designations – Part 1: Basic rules;
- IEC 81346-2 [33] - Industrial systems, installations and equipment and industrial products – Structuring principles and reference designations – Part 2: Classification of objects and codes for classes;
- ISO 81346-10 [34] - Industrial systems, installations and equipment and industrial products — Structuring principles and reference designation - Part 10: Power plants
- VGB-B 101 [35] - Reference Designation System for Power Plants RDS-PP - Letter Codes for Power Plant Systems (System Key);
- VGB-B 102 [36] - Reference Designation System for Power Plants - Letter Codes for Basic Functions and Product Classes.

A Tabela 8 apresenta o glossário criado, englobando todos os equipamentos, definições e respetivas funções básicas. Importa frisar que a informação presente na Tabela 8 se encontra na língua inglesa uma vez que essa é a língua oficial utilizada pelo grupo Voltalia. Para além disso, a empresa pretende que o processo de normalização contido no glossário possa ser usado por outras entidades.

Tabela 8 - Glossário de equipamentos, definições e funções básicas de um parque fotovoltaico.

Equipment	Description
PV Modules	<p>PV Module also called photovoltaic module is a complete and environmentally protected assembly of interconnected photovoltaic cells. It is composed by:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Original DC cables and DC connectors from PV module; • Diode junction box; • Module frame, backsheet and glass; • Module support clamps fixed to the PV Module supporting system.
Array Junction Box	<p>Electrical switchboard where the PV strings are connected. Turns the parallel of photovoltaic strings into photovoltaic arrays.</p>

Equipment	Description
Generator Junction Box	Electrical switchboard where PV arrays are connected.
AC Combiner Switchboard	Assembly containing different types of control devices and connected to one or more electrical feeds and leads. This equipment contains AC cables.
DC Cables	Cabling from DC side of a PV system that include: <ul style="list-style-type: none"> • photovoltaic string cable – cable connecting PV Modules to Array Junction Box or String Inverter • photovoltaic array cable – cable connecting PV arrays to each other • photovoltaic DC main cable – cables connecting the generator junction box to the inverter.
AC Cables	All cables with alternate current, for both low and high voltage systems.
Inverters	Energy converter that changes direct electric current to single-phase or poly-phase alternating currents.
String Inverter	Inverter that is designed to operate with a single photovoltaic string.
Inverter Group	Inverter that is designed to operate with PV arrays connections. Normally it is fed in by parallels photovoltaic array cables.
Power Transformer	A static equipment with two or more windings which by electromagnetic induction transforms an alternating entrance power into one of equal power and frequency, but with different voltage and current.
Auxiliary Power Transformer	It is a power transformer (see above definition) specifically assigned to auxiliary services.
Delivery Station Power Transformer	It is a power transformer (see above definition) located in a delivery station.
Transformer Station Switchgear	High voltage switching devices and their combination with associated control, measuring, protective and regulating equipment. These devices allow the interruption and protection of high voltage systems. These switchgears are in the transformer station.

Equipment	Description
Delivery Station Switchgear	High Voltage Switching devices and their combination with associated control, measuring, protective and regulating equipment. These devices allow the interruption and protection of high voltage systems. These switchgears are in the delivery station.
HV Cables	Cables working with AC voltage values above 1000 V or with HV safety restrictions that required HV operations for maintenance.
Main AC Switchboard	Assembly containing different types of control devices and connected to one or more electrical feeds and leads. These work with AC voltages above 1000V, with HV safety restrictions and require HV operations to maintain.
Main Auxiliary Switchboard	Main panel (or a compartment) on which are fixed the devices necessary to control, to protect and to distribute auxiliary AC and DC supplies.
Auxiliary Switchboard	Panel (or a compartment) on which are fixed the devices necessary to control, to protect and to distribute auxiliary AC and DC supplies.
HV Electrical Energy Meter	Instrument for High Voltage Systems intended to measure electrical energy by integrating power with respect to time. It is used to measure the amount of sold and bought energy.
LV Electrical Energy Meter	Instrument for Low Voltage Systems intended to measure electrical energy by integrating power with respect to time. It is used to measure the amount of sold and bought energy.
HV Power Analyzer	Equipment for High Voltage Systems to measure and to monitor energy parameters features, including quantity and values of: energy, power, voltage, current, operating time, frequency. It can be operated remotely or locally.
LV Power Analyzer	Equipment for Low Voltage Systems to measure and to monitor energy parameters features, including quantity and values of: energy, power, voltage, current, operating time, frequency. It can be operated remotely or locally.
Power Control Unit	This equipment has the function to control (remote or locally, autonomous or in manual mode) the energy production, affecting maximum and minimum values of the output power. Usually controls the inverters production and/or allows to disconnect and reconnect the PV Plant.

Equipment	Description
Multifunctional HV Protection	This equipment exists in High Voltage Systems. It has the necessary equipment to protect the Electrical Grid and Power Plant Equipment from hazardous values of short-circuit current, over-voltages, isolation-values, grid faults, harmonics, among other parameterizations, depending on grid operator requirements. For this purpose this equipment uses the energy quality pre-programmed parameters.
Uninterrupted Power Supply	A device that provides battery backup when the electrical power fails or drops to an unacceptable voltage level. It also provides surge suppression and voltage regulation.
Emergency Generator	Equipment that starts automatically in a scenario of a power loss. Operates as an independent source of electrical energy using other primary energy such as fuel.
Ancillary Infrastructure Switchboard	Panel (or a compartment) on which the devices necessary to control, to protect and to distribute auxiliary AC and DC supplies (e.g. lights, electrical sockets, security systems) are fixed, excluding all equipment power supply which interfere directly with power production (e.g. inverters auxiliary supply and Transformer Station Switchgears).
Low voltage power sockets or lights	Equipment with a connector which can be attached to a device, a constructional element or alike. Lighting system applied to objects or their surroundings so that they can be seen.
HVAC	Power supplied ventilation systems external to the equipment, normally installed for building refrigeration and air condition systems.
Water tank / reservoir	All water supply system and network including water supply, accumulation, distribution and treatment.
Fresh Water Supply	Fresh water supply is the provision of water by public utilities to individuals, usually via a system of pumps and pipes.
Sewage Disposal	The process of removing and destroying or converting the noxious substances of sewage especially by ammonification and nitrification through bacterial action.

Equipment	Description
Fire Extinguisher	Portable items of firefighting equipment containing a fire extinguisher medium which is expelled by internal pressure, either stored or chemically induced, or by the action of pressurized gas cartridge. Larger models may be mounted on a simple two-wheel chassis frame which is moved manually to the fire.
Smoke Detector	Fire detector sensitive to particulate products of combustion and/or pyrolysis suspended in the atmosphere.
Fire Detection Central	System to detect anomalies regarding fire detection or prevention and alarming. Includes cabling, communication, sensors and distributed central(s).
Lightning Protection	System built with the purpose to perform active protection to lightening including automatic anomalies registration systems.
Low Voltage Power Transformer	A static equipment with two or more windings which by electromagnetic induction transforms an alternating entrance power into one of equal power and frequency, but with different low voltage and current.
Infrastructures	Functional Group that includes all PV Plant systems related to civil constructions and mounting.
PV Field	Entire area of the PV Plant excluding facilities and PV Support Structure foundations.
Fence	Structure that encloses a PV Plant area including access doors and respectively locks.
Vegetation	All living plants that grows the Field and needs maintenance activity.
External Access Roads	All PV Plant accesses outside of PV Plant.
Internal Access Roads / Paths	All PV Plant accesses in the field.
Drainage System	All infrastructures built with the purpose to reduce the potential impact of water discharges.
LV Ducts and Manholes	Technical access chamber to underground cables.

Equipment	Description
Buildings / Room for Stationary Electrical Equipment	Civil concrete constructions and/or containers to protect equipment against environmental elements.
Control Room / Office	Central room to control and to supervise the electrical, processing and operating systems of a PV Plant.
Warehouse / Storage Space	Warehouses are facilities that provide a proper environment for the purpose of storing goods and materials that require protection from the elements. Warehouses are areas to accommodate the loads of the materials to be stored, the associated handling equipment, the receiving and shipping operations and associated trucking, and the needs of the operating personnel.
Safety	All equipment belonging to the PV Plant regarding the safety operation of the PV Plant (e.g. safety signaling, fire extinguishers, safety protection equipment).
PV Support Structure	Structure on which PV modules, panels, or arrays are installed.
Fixed Structure	PV Support Structure without the ability to align with the sun.
Solar Tracker	PV Support Structure and Moving mechanical structure used for mounting PV modules, which is able to accurately maintain alignment to the sun throughout the sunlit period of the day.
Monitoring System	Integrated system with the purpose to perform data acquisition, human interface, and/or systems controlling.
Weather Station / Met Mast	System to measure and provide information about atmospheric conditions and irradiation and temperature values on PV modules.
Irradiance Sensor / Pyranometers	Radiometer - Instrument for measuring the intensity of solar irradiance
Communications cables	Cables used to transmit and to communicate between sensors and equipment and between equipment using different types of signals and including all types of communication protocols.

Equipment	Description
Communications Switchboard	Assembly containing different types of switchgear, control gear or monitoring devices, associated with Monitoring System, excluding Weather Stations.
SCADA Server	Software used to provide user interface to, operate, consult and parameterize Monitoring Systems performance and behavior and to check status of the PV Plant.
Datalogger	Equipment that collects and stores data over time from several types of PV Plants sensors and actuators.
Alarm System Central	Functional Group that includes all systems and equipment used to remotely or locally control and manage PV Plant access and intrusion.
Plant Communications	Functional Group that includes all systems and equipment used to communicate between several equipment inside of PV Plant.
Video Surveillance System (VSS) Central	Assembly containing different types of switchgears, control gear or monitoring devices, associated to the surveillance equipment of the PV Plant.
Video Surveillance System (VSS) Communications	It includes all communication systems between cameras and the VSS Central. It uses different types of signals and includes all types of communication protocols.
Video Surveillance System (VSS) Cameras	All video cameras belonging to video surveillance.
Intrusion Detection Sensors	System to detect anomalies regarding intrusions or prevention and alarming. Includes cabling, communication, sensors and distributed central(s).
Intrusion Detection system communications	It includes all communication systems between intrusion sensors and the central system. It uses different types of signals and includes all types of communication protocols.
Alarm System Switchboard	Assembly containing different types of switchgear, control gear or monitoring devices, associated with one or more outgoing electric

Equipment	Description
	circuits fed from one or more incoming electric circuits. Includes DC and AC side at Low Voltage levels.
Surveillance System Switchboard	Assembly containing different types of switchgear, control gear or monitoring devices, associated with one or more outgoing electric circuits fed from one or more incoming electric circuits associated to the surveillance equipment. Includes DC and AC side at Low Voltage levels.
Health Management	Health management is composed by binding rules, requirements or standards of conduct of people in processes or requirements for products quality. It represents a common agreement about the characteristics of products (good and services), the processes and human behaviour in order to ensure or harmonize their same characteristics, same behaviour and same method of management.
Environment / Landscape Management	Landscape management is related with the care and maintenance of the PV plant landscape.
Safety / Personal Protective Equipment (PPE) Management	Management of equipment necessary to provide safety and protection to all personnel.

3.5 Estruturação e codificação de parques fotovoltaicos

Nesta secção expõe-se a forma como foi estruturado todo o esquema em árvore dos parques fotovoltaicos, bem como a sua codificação. Como referido anteriormente, a estruturação foi efetuada através da divisão por grupos funcionais. Isto é, todos os equipamentos da Tabela 8 foram rastreados e inseridos por grupos numa estrutura em árvore.

Não existindo, ainda, uma norma específica para este tipo de processos de estruturação, em sistemas fotovoltaicos, esta dissertação/projeto foi baseada em normas de definições de princípios de estruturação e nomenclaturas de referência [3], [4], assumido que a árvore vai seguir as diretrizes da RDS-PP.

A RDS-PP permite designar as mais variadas formas de geradores de energia e armazenamento para sistemas centralizados e descentralizados, sendo as suas principais características:

- a fácil implementação em todos os softwares de gestão de operação e manutenção estabelecidos;
- a designação internacional normalizada e reconhecida mundialmente;
- define um sistema geral de designação para todos os tipos de parques geradores de energia e seus componentes;

3.5.1 Estruturação Geral Normalizada

O objetivo desta estruturação é especificar com o maior nível de detalhe possível por forma a facilitar a gestão de manutenção dos equipamentos. A divisão pelos 4 níveis teve por base os diversos equipamentos, as respetivas funções, os sistemas e os sistemas principais onde os equipamentos se inserem.

O primeiro nível é a base inicial da estruturação em que serão apresentados todos os sistemas principais, que surgiram através da análise de todos os equipamentos existentes num parque fotovoltaico.

O segundo nível apresenta os sistemas que existem num parque fotovoltaico. Este visa subdividir os sistemas principais em sistemas com o objetivo de apresentar com maior detalhe os sistemas principais. O terceiro nível expõe as funções que cada sistema assume na constituição do parque.

Por último, o quarto nível, é onde a estruturação fica completa. Neste, são apresentados os equipamentos já enquadrados dentro dos níveis enunciados anteriormente.

Esta estruturação do parque fotovoltaico, em 4 níveis distintos, pode ser observada na Figura 22.

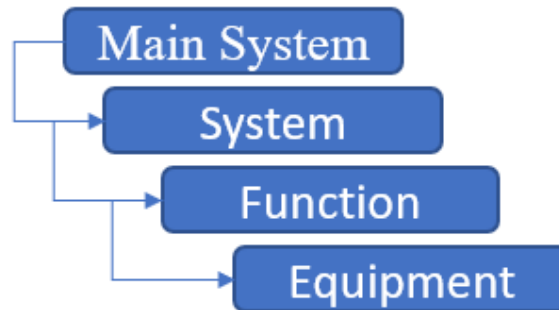


Figura 22 – Esquema de divisão do parque fotovoltaico em 4 níveis.

Os nomes atribuídos aos níveis das divisões efetuadas tiveram em consideração o definido nas diretrizes [4], [30], [32], [33]. Contudo, como mencionado anteriormente, as VGB existentes são muito genéricas a sistemas de energia, não existindo nenhuma específica para o fotovoltaico, pelo que algumas terminologias adotadas foram criadas exclusivamente para esta estrutura específica. No último nível, o dos equipamentos, também foi utilizada a diretriz [4] para a interligação entre a normalização do equipamento e o seu enquadramento na estrutura e codificação.

3.5.1.1 Sistemas Principais

Os sistemas principais (*Main System* da Figura 22) foram obtidos através da análise detalhada de todos os equipamentos, e suas respectivas características, resultado assim na menor divisão possível (sem perdas de informação e detalhe). Posto isto, surgiram 10 grandes grupos de sistemas principais, como é apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 - Sistemas principais existentes num parque fotovoltaico.

Main Systems	Descrição
Energy Conversion	Engloba toda a parte de produção de energia e todos os sistemas de conversão da mesma.
Transmission of Energy	Composto por todos os equipamentos responsáveis pelo transporte de energia desde o transformador elevador (muitas vezes inserido no centro de transformação) até ao ponto de interligação com a rede elétrica.
Transformation of Energy	Composto por todos os transformadores que servem de ligação à rede elétrica. Isto é, todos aqueles que não estão diretamente relacionados com o sistema de geração, mas que podem existir antes do ponto de ligação à rede para uma nova elevação de tensão. Este sistema principal é tido em conta como o centro de transformação antes de se interligar com a rede elétrica, podendo não existir em alguns parques fotovoltaicos.
Common Ancillary System	Representa toda a parte de serviços auxiliares do parque fotovoltaico que não têm impacto na produção. Como por exemplo, o sistema de videovigilância, que, em caso de falha, o parque fotovoltaico continuará a produzir.
Common Enclosure or Support	Engloba as infraestruturas de suporte, nomeadamente, a vedação e casa de controlo.
Storage of Material	Composto por todos os armazéns que contêm todas as peças de substituição e todas as ferramentas para utilização durante a manutenção.
Common Measurement Systems	Engloba todos os sistemas de supervisão e controlo de produção dos parques fotovoltaicos, bem como todos os dispositivos de medida de produção e ambientais, e parametrizações de dispositivos.
Common Protection	Abrange todos os dispositivos de proteção comum (em que um só equipamento protege todo o parque) estão inseridos, como por exemplo, os pára-raios.
Common Communications	Engloba os sistemas de comunicações gerais (todos os que apenas tem um sistema de comunicação único para todo o parque).
Plant Management	Sistema principal de gestão do parque, onde se englobam também os equipamentos de proteção individual, ambiental e de segurança de pessoas.

3.5.1.2 Sistemas

Após a criação dos sistemas principais, foram criados sistemas descendentes (designados por: sistemas), com o objetivo de detalhar os sistemas principais no que toca às suas funções. Isto é, de forma a dividir os sistemas principais num nível mais pormenorizado e mais estrito. Como pode ser observado na Tabela 10.

Tabela 10 - Sistemas existentes num parque fotovoltaico.

Systems
Energy Conversion & Transmission
Electrical Auxiliary Power Supply System
Ancillary Infrastructure
Technical Infrastructure Inside Plant Process
Communication Infrastructure
Technical Infrastructure
Supervisory Control System
Control & Management

Estes sistemas podem ser usados em mais do que um sistema principal, como exemplificado na Figura 23, verifica-se que o sistema *Ancillary Infrastructure* marcado a azul pode estar inserido em sistemas principais diferentes, marcado a vermelho *Energy Conversion* e a verde *Common Ancillary Systems*.

Energy Conversion	G00	Electrical Auxiliary Power Supply System	B	Emergency Power Supply System	EA	00	Emergency Generator
Energy Conversion	G00	Ancillary Infrastructure	X	Climatization System	YC	10	HVAC
Energy Conversion	G00	Technical Infrastructure Inside Plant Process	J	PV Modules Supporting System	SS	10	Fixed Structure
Energy Conversion	G00	Technical Infrastructure Inside Plant Process	J	PV Modules Supporting System	SS	20	Solar Tracker
Energy Conversion	G00	Technical Infrastructure Inside Plant Process	J	LV Conduits System	LC	11	LV Ducts and Manholes
Energy Conversion	G00	Technical Infrastructure Inside Plant Process	J	Buildings	BU	10	Buildings/Rooms for Stationary Electrical Equipment
Transmission of Energy	v/00	Energy Conversion & Transmission	M	HV Power Transmission System	HV	12	HV Cables
Transmission of Energy	v/00	Energy Conversion & Transmission	M	HV Power Transmission System	HV	11	AC Cables
Transmission of Energy	v/00	Technical Infrastructure Inside Plant process	J	HV Conduits System	HC	12	HV Ducts and Manholes
Transformation of Energy	T00	Energy Conversion & Transmission	M	Power Switching System	SP	20	Delivery Station Switchgear
Transformation of Energy	T00	Energy Conversion & Transmission	M	Control System	PU	10	Power Control Unit
Transformation of Energy	T00	Energy Conversion & Transmission	M	Power Transforming System	TS	22	Delivery Station Power Transformer
Common Ancillary Systems	A00	Ancillary Infrastructure	X	General Purposes Electrical System	ES	00	LV Power Sockets or Lights
Common Ancillary Systems	A00	Ancillary Infrastructure	X	Climatization System	YC	20	HVAC

Figura 23 – Exemplo de possível relação entre um Sistema e Sistemas Principais distintos.

3.5.1.3 Funções

Após a divisão, do parque fotovoltaico, em sistemas procede-se a uma nova divisão, originando assim a criação do nível função. A divisão em funções ocorre após a divisão em sistemas, pelo facto de ter tido sempre em conta o documento de referência para estruturação e codificação [30], [32]. Posteriormente à análise de todos os equipamentos, criaram-se todas as funções possíveis de existir para os mesmos, resultado assim na menor divisão possível (sem perdas de informação e detalhe). As funções definidas são apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11 - Funções dentro dos sistemas de um parque fotovoltaico.

Function
Energy Collection System
Power Connection System
LV Power Transmission System
Power Conditioning System (PCS)
Power Transforming System
Power Switching System
Uninterrupted Power Supply System (UPS)
Emergency Power Supply System
Climatization System
PV Modules Supporting System
LV Conduits System
Buildings
HV Power Transmission System
HV Conduits System
Control System
General Purposes Electrical System
Water-supply/Disposal System
Fire Detection/Extinguishing Systems
Intrusion Detection System
Surveillance System
Site Implantation Area
Site Restricting system
Landscaping
Circulation Space
Site Drainage System
Data Collection & Display System
LV Measuring & Display System
HV Measuring & Display System
Environmental Monitoring
HV Measuring & Protection System
Surge Protection System
Communication Systems
Health & Safety & Environment (HSE)
Stocks Management
Documentation Management
Mandatory Inspections Management

3.5.1.4 Equipamentos

Feito o levantamento de todos os equipamentos possíveis de existir num parque fotovoltaico, e regendo-se pelas divisões feitas até esta secção, chegou-se ao último nível da estrutura em árvore. Esse nível é considerado o nível dos equipamentos, e estes podem ser observados na Tabela 12.

Tabela 12 - Equipamentos existentes num parque fotovoltaico.

Equipment
PV Modules
Generator Junction Box
Array Junction Box
AC Combiner Switchboard
Main AC Switchboard
AC Cables
DC Cables
Inverter Group
String Inverter
Power Transformer
Transformer Station Switchgear
Main Auxiliary Switchboard
Auxiliary Switchboard
Auxiliary Power Transformer
LV Power Transformer
Uninterrupted Power Supply (UPS)
Emergency Generator
HVAC
Fixed Structure
Solar Tracker
LV Ducts and Manholes
Buildings/Rooms for Stationary Electrical Equipment
HV Cables
HV Ducts and Manholes
Delivery Station Switchgear
Power Control Unit
Delivery Station Power Transformer
LV Power Sockets or Lights
Fresh Water Supply
Water Tank/Reservoir
Sewage Disposal

Fire Detection Central
Smoke Detector
Fire Extinguisher
Ancillary Infrastructure Switchboard
Alarm System Central
Alarm System Switchboards
Intrusion Detection Sensor
Video Surveillance System (VSS) Central
Video Surveillance System (VSS) Camera
Surveillance System Switchboard
PV Field
Fence
Vegetation
Internal Access Roads/Paths
External Access Roads
Drainage System
Control Room/Office
Warehouse/Storage Space
Datalogger
SCADA Server
LV Power Analyser
LV Electric Energy Meter
HV Power Analyser
HV Electric Energy Meter
Weather Station/Met Mast
Irradiation Sensor/Pyranometer
Multifunctional HV Protection
Lightning Protection
Plant Communications
Video Surveillance System (VSS) Communications
Intrusion Detection System Communications
Communications Switchboard
Communications Cables
Health Management
Safety/Personal Protective Equipment (PPE) Management
Environment/Landscape Management

A vantagem desta divisão resulta do facto de permitir separar o mesmo equipamento, em sistemas principais diferentes. Como é o caso do equipamento *UPS – Uninterrupted Power*

Supply, que a sua função é *Uninterrupted Power Supply*, inserido no sistema de *Electrical Auxiliary Power Supply System*, contudo pode ser inserido em vários sistemas principais disjuntos.

3.5.2 Codificação da Estrutura Normalizada

Os princípios de codificação permitirão o estabelecimento de designações de referência que serão a base para um sistema de manutenção de fácil abordagem e utilização [32]. Os códigos da estrutura normalizada foram criados de forma estrutural hierárquica, desde o sistema principal até ao equipamento independente [30], [32], [33].

Este sistema de codificação inicia-se informando o tipo de tecnologia na qual está a ser criada a estrutura, o país onde se localiza e o código da central de energia renovável, como mostra a Figura 3 (Capítulo 1, secção 1.2). Assim, qualquer equipa de manutenção consegue distinguir de forma eficiente e rápida o parque em questão.

Após a identificação do critério de codificação do parque segue-se a codificação por sistemas, tendo sido para isso criada a normalização específica apresentada na Tabela 13.

Tabela 13 - Exemplo de codificação de um equipamento.

#	Tecnologia	.	País	.	Parque	=	Sistema Principal	.	Sistema	Função	Equip.	.	Caract.	Qtd.
#	AA	.	AA	.	AAANN	=	ANN	.	A	AA	NN	.	AA(A)	NNN

Na Tabela 13, as letras “A” simbolizam um carácter alfabético e as letras “N” um carácter numérico. Os “.” são usados como quebras de secção, e o “=” será usado para separar a codificação de localização da de estruturação, nas centrais de energia renovável.

Na primeira parte da codificação, a de localização (tecnologia, país e parque) foram adaptadas diretrizes das normas existentes [32], pois estas não contemplam, a possibilidade de existir mais do que uma tecnologia, em vários países. Assim, a codificação criada para esta secção teve o objetivo de facilitar a interligação entre a codificação e a realidade (global e de múltiplas tecnologias).

3.5.2.1 Codificação da Tecnologia

Num sistema de gestão de manutenção, como o da Voltalia, que possui centrais de diferentes energias renováveis é importante começar por estipular primeiramente o tipo de tecnologia que se vai operar. Assim, a codificação é iniciada por esse parâmetro. A codificação da tecnologia é conseguida através da utilização de letras:

- Fotovoltaico – PV
- Eólico – WF
- Hídrica – HP
- Biomassa – BM

3.5.2.2 Codificação de País

Após a identificação do tipo de tecnologia, a prioridade seguinte será localizar a central de energia renovável, para isso a utilização da codificação do país segundo ISO 31166-1 [34], nomeadamente o código alfa 2. Esta ISO foi escolhida para este setor da codificação, pois é a que apresenta o menor número de caracteres para identificar um país. Exemplos:

- Portugal – PT
- França – FR

3.5.2.3 Codificação de Central

Sabendo a tecnologia e o país onde a central se encontra segue-se a identificação da central. A codificação da central é constituída por 3 caracteres alfabéticos e 2 caracteres numéricos, podendo os coordenadores dos parques fotovoltaicos escolher o código que, dentro da limitação referida, bem entenderem. Exemplo:

- Parque de Teste – TST10
- Parque IPV – IPV01

Até este ponto da codificação (tecnologia, país, central), a adaptação das normas teve o intuito de facilitar a codificação sempre tendo em conta o menor número de caracteres possível, mas nunca perdendo informação.

3.5.2.4 Codificação de Sistema Principal

A partir, do Sistema Principal, a normalização segue regras rígidas tendo como diretrizes a estruturação em árvore, em específico para os parques fotovoltaicos. A codificação dos sistemas principais foi regida pela ISO/TS 81346-10: 2015 [32], onde indica que estes devem ser codificados com uma letra e dois valores numéricos. Para atribuição dessa letra, para cada sistema principal, foram usadas as letras apresentadas nas centrais eólicas que já se encontram desenvolvidas em, VGB-S-823-32-2014-03 [33], sendo que sempre que existam nomenclaturas e codificações semelhantes aplicaram-se as mesmas codificações. Assim, a codificação dos sistemas principais pode ser observada na Tabela 14.

Tabela 14 - Codificação dos sistemas principais.

Code	Main System Denomination
G00	Energy Conversion
W00	Transmission of Energy
T00	Transformation of Energy
A00	Common Ancillary System
U00	Common Enclosure or Support
C00	Storage of Material
B00	Common Measurement Systems
F00	Common Protection
K00	Common Communications
A99	Plant Management

Para uma melhor identificação de sistemas a Figura 24 exemplifica os principais sistemas e a sua respetiva codificação.

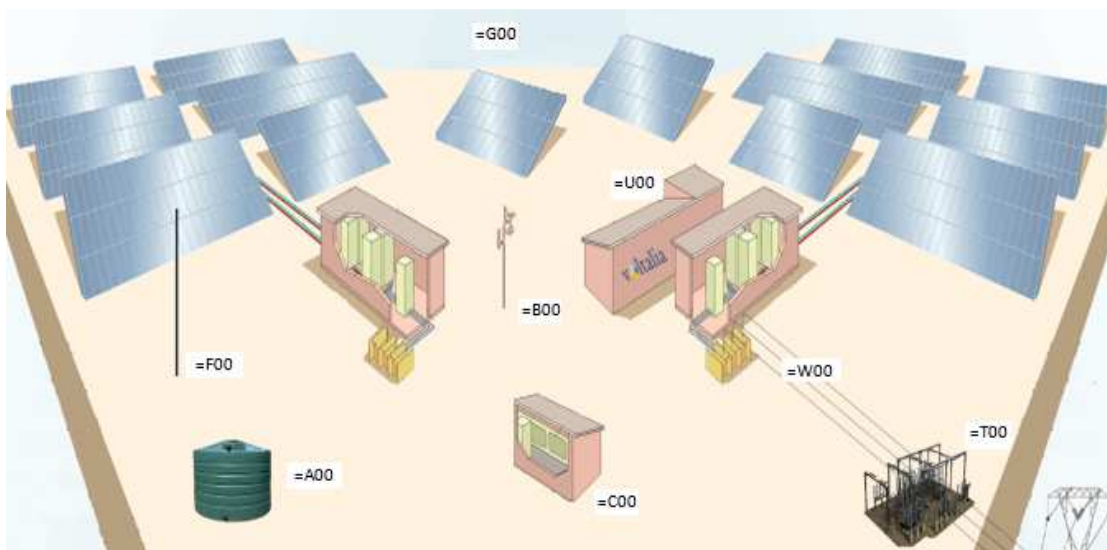


Figura 24 – Representação da codificação por sistema principal.

Nesta secção de codificação de sistemas principais, dá-se início à estruturação em árvore dos sistemas principais presentes nos parques fotovoltaicos, tal como se ilustra na Figura 25.

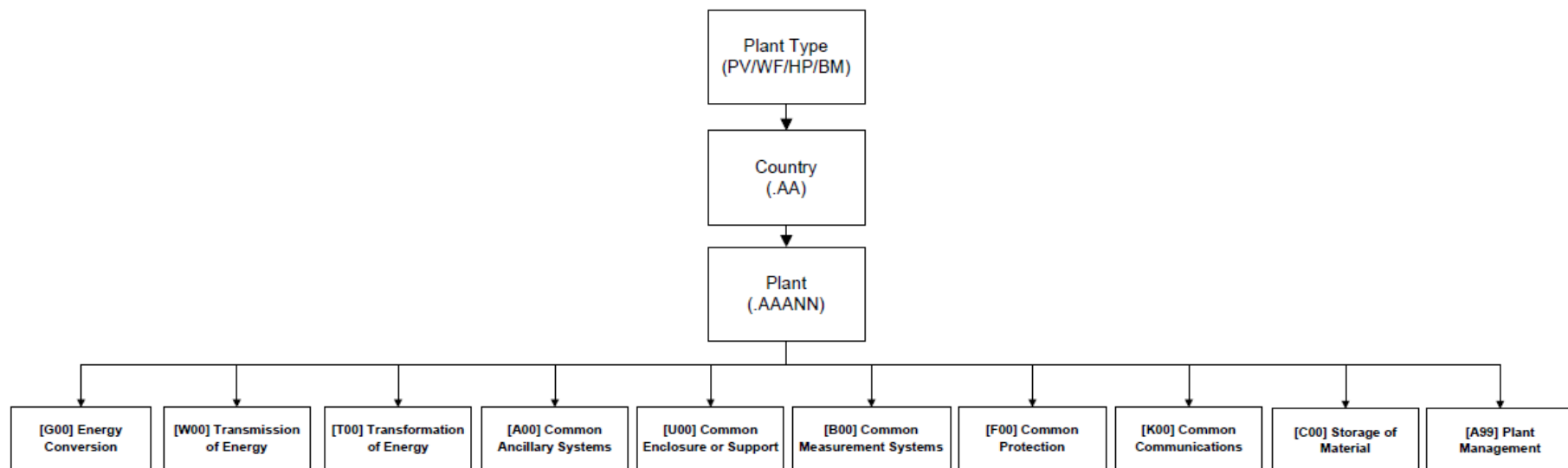


Figura 25 – Representação da estrutura em árvore dos sistemas principais codificada.

3.5.2.5 Codificação dos Sistemas

O código de sistema principal, desce hierarquicamente, até ao nível sistema, onde um exemplo dentro do sistema principal *Energy Conversion (G00)* é apresentado na Figura 26.

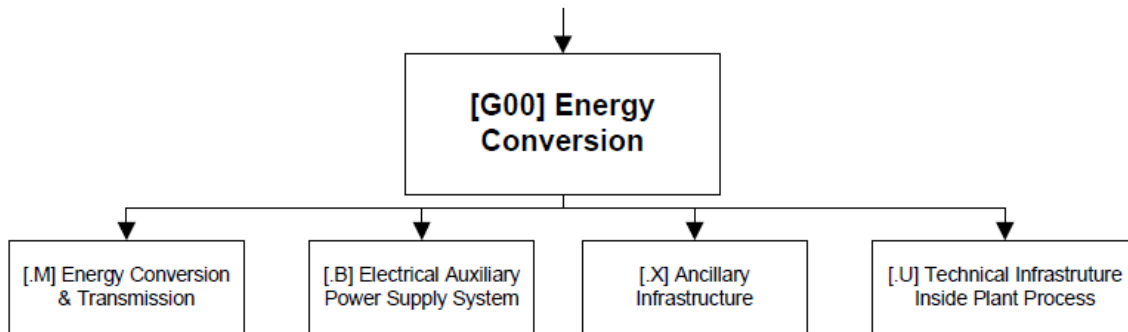


Figura 26 - Representação da estrutura em árvore dos sistemas do *Energy Conversion* codificada.

A codificação criada para todos os sistemas de um parque fotovoltaico está descrita na Tabela 15. Onde a letra simboliza o código do sistema e “__” simboliza a função a desempenhar (nível 3).

Segundo a diretriz VGB-S-823-01-2015 [30], que se refere à codificação geral de centrais de energia renovável, o nível de sistemas apenas necessita de conter uma única letra, pois a sua junção com o nível seguinte (funções) é suficiente para indicar todo o detalhe. Grande parte das letras apresentadas na Tabela 15 para codificar os sistemas existentes basearam-se nesta diretriz da VGB. Assim, quando se pretende referir à *Technical Infrastructure*, utiliza-se a letra Z independentemente do tipo de central de energia a codificar.

Tabela 15 - Codificação dos sistemas descendentes dos sistemas principais.

Code	System Denomination
M __	Energy Conversion & Transmission
B __	Electrical Auxiliary Power Supply System
X __	Ancillary Infrastructure
U __	Technical Infrastructure Inside Plant Process
Y __	Communication Infrastructure
Z __	Technical Infrastructure
A __	Supervisory Control System
C __	Control & Management

3.5.2.6 Codificação das Funções

Hierarquicamente abaixo de sistemas, segundo a estruturação em árvore normalizada aparecem as funções como nível, mesmo antes dos equipamentos. Novamente, um exemplo do sistema principal *Energy Conversion* é apresentado estruturado até chegar ao nível das funções na Figura 27.

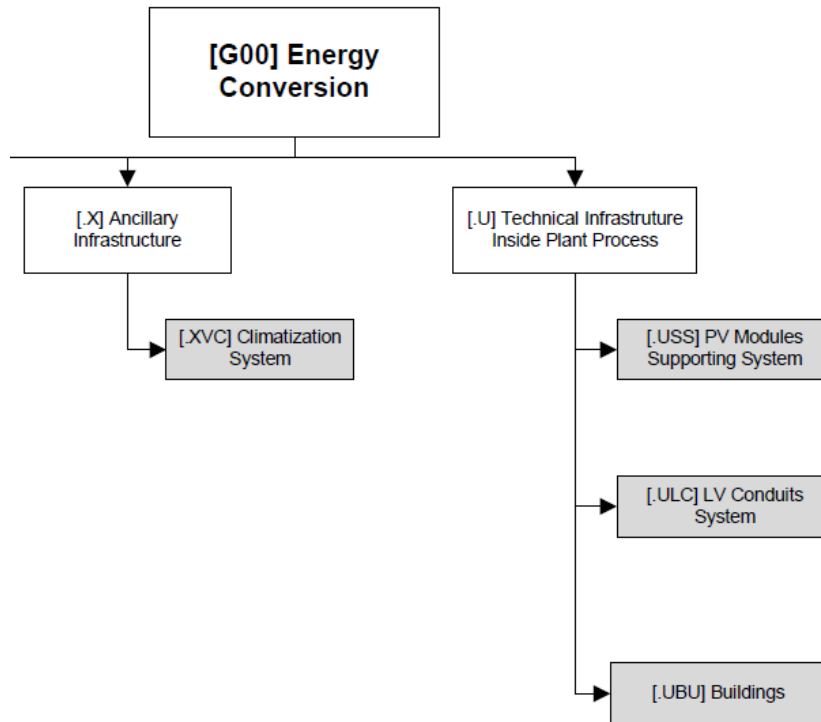


Figura 27 – Exemplo da estrutura em árvore codificada das funções do sistema *Ancillary Infrastructure* e *Technical Infrastructure*.

O nível das funções foi codificado segundo a diretriz da norma ISO/TS 81346-10:2015 [32], estabelecendo assim a regra da utilização de 2 caracteres alfabéticos, e, sempre agrupados com o sistema em questão. Para a codificação alfabética foram usadas como exemplos as VGB [30], [33] e a própria ISO. Para este nível as codificações podem ser observadas na Tabela 16.

Tabela 16 - Codificação das funções dos sistemas.

Code	Function Denomination
_GA	Energy Collection System
_CA	Power Connection System
_LW	LV Power Transmission System
_KC	Power Conditioning System (PCS)
_TS	Power Transforming System
_SP	Power Switching System
_UA	Uninterrupted Power Supply System (UPS)
_EA	Emergency Power Supply System
_VC	Climatization System
_SS	PV Modules Supporting System
_LC	LV Conduits System
_BU	Buildings
_HW	HV Power Transmission System
_HC	HV Conduits System
_PU	Control System
_ES	General Purposes Electrical System
_HA	Water-supply/Disposal System
_GX	Fire Detection/Extinguishing Systems
_DA	Intrusion Detection System
_VS	Surveillance System
_AA	Site Implantation Area
_RA	Site Restricting system
_LL	Landscaping
_CS	Circulation Space
_DS	Site Drainage System
_DD	Data Collection & Display System
_LM	LV Measuring & Display System
_HM	HV Measuring & Display System
_EM	Environmental Monitoring
_PH	HV Measuring & Protection System
_PS	Surge Protection System
_CC	Communication Systems
_HS	Health & Safety & Environment (HSE)
_SM	Stocks Management
_DM	Documentation Management
_MM	Mandatory Inspections Management

Para uma melhor percepção das funções a Figura 28 exemplifica diversos sistemas e funções dentro do sistema principal *Energy Conversion*.

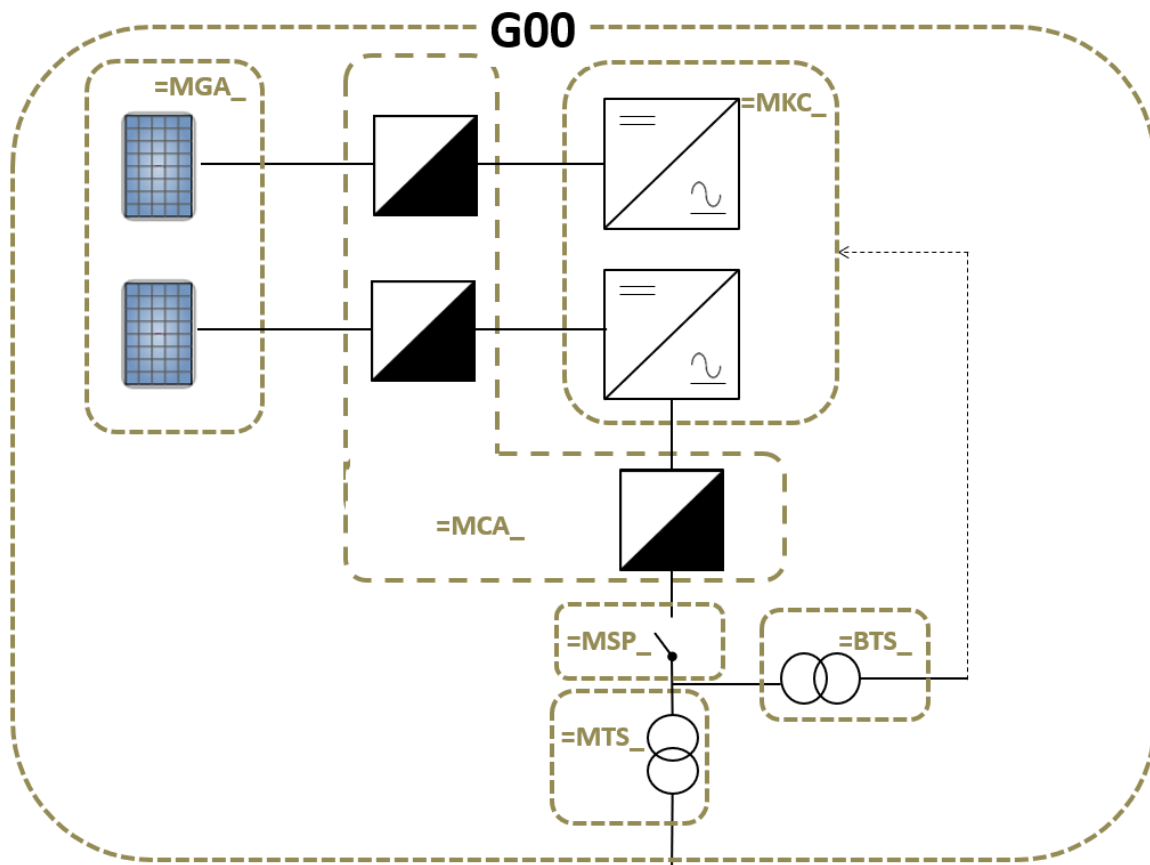


Figura 28 – Representação simplificada de funções e sistemas existentes em *Energy Conversion*

3.5.2.7 Equipamentos, Características e Quantidades

No último nível da estrutura em árvore encontram-se os equipamentos, estes têm ainda determinadas características que são também apresentadas no seu código, bem como, as quantidades dos mesmos. Estas quantidades, como observado na Tabela 13, podem ir até ao valor numérico de 999, nos 500 parques que já foi implementada esta codificação este valor foi suficiente, contudo se houver necessidade de crescer, o código pode sofrer alterações para colmatar essa necessidade.

Neste nível, como no das funções e sistemas, o mesmo equipamento pode estar debaixo de diferentes sistemas principais. Por exemplo, o equipamento *Uninterrupted Power Supply (UPS)* tanto pode estar debaixo do sistema principal *Energy Conversion*, em que funciona como auxílio ao sistema de produção, como pode estar associado ao *Common Measurement Systems*

que funciona não como auxílio à produção, mas sim aos sistemas de recolha de dados. Esta é uma das vantagens de se utilizar uma estruturação funcional e não de localização.

A Figura 29 apresenta a estrutura em árvore, desde o sistema principal até ao último nível, equipamento.

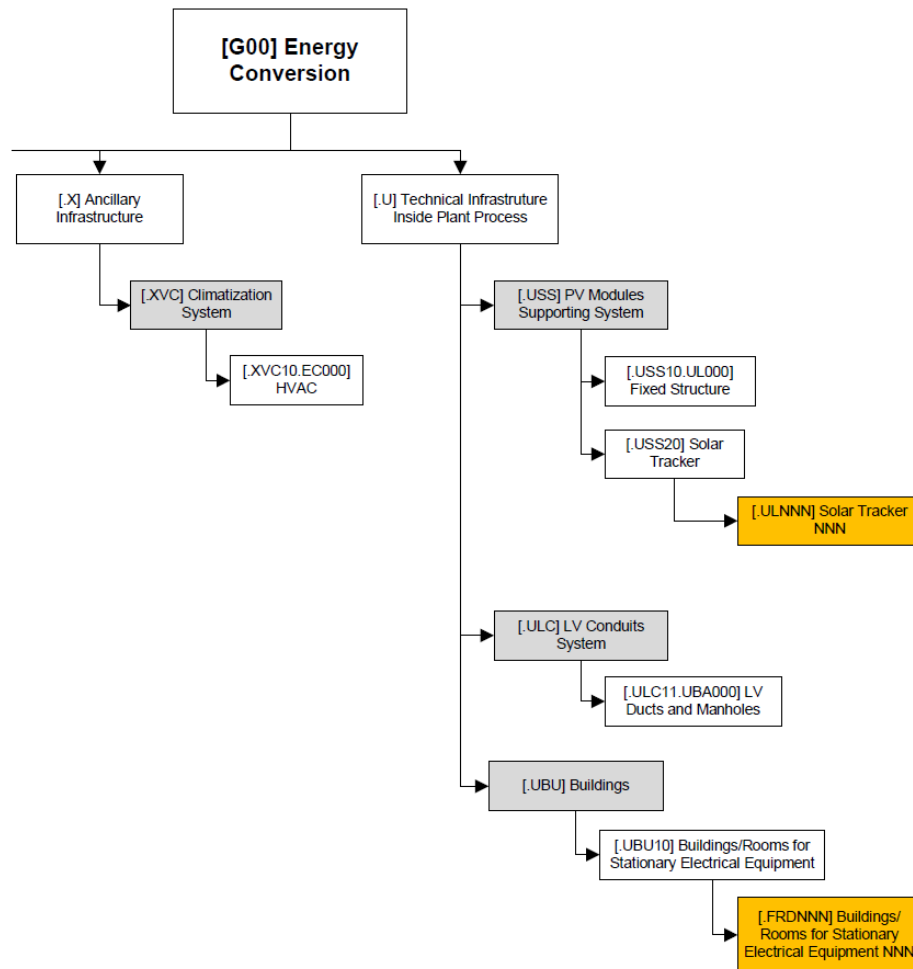


Figura 29 – Estrutura codificada dos equipamentos.

Existem equipamentos que para as equipas de operação e manutenção presentes no terreno e para o *CMMS* pode não ser necessário quantificar o número de equipamentos, sendo apenas importante ou possível informar da existência ou não desse equipamento em determinada planta. Por exemplo, não é importante quantificar 90 000 módulos fotovoltaicos num determinado parque fotovoltaico, visto que caso sejam realizados estudos sobre ocorrências de avarias, estes serão analisados como um todo (por exemplo: quantidade de díodos queimados nos 90 000 módulos), enquanto que, por exemplo, já é importante quantificar os inversores e saber exatamente em qual ocorreu a avaria.

Para o caso de equipamentos em que não seja necessário definir a quantidade, o valor a colocar na última coluna da Tabela 13 deverá ficar com o valor “000”, ou seja, os equipamentos no último campo da sua codificação apresentarão o valor “000”. Todos os restantes equipamentos quantificáveis receberão o código consoante a sua quantidade. A Figura 29 visa mostrar que, não é necessário quantificar o equipamento, se o último bloco da árvore (equipamentos) for branco. Se for amarelo significa que a contabilização do equipamento é obrigatória.

Na Tabela 17, pode ser observado um exemplo de uma codificação completa de uma estrutura em árvore, que engloba todos os sistemas principais, sistemas, funções e por fim os equipamentos.

Tabela 17 - Exemplo de uma matriz de codificação.

Main System	System	Function	Equipment	Example Code
Energy Conversion	Energy Conversion & Transmission	Energy Collection System	PV Modules	=G00.MGA00.GC000
		Power Connection System	Generator Junction Box	=G00.MCA10.XD001
			Array Junction Box	=G00.MCA20.XD001
			AC Combiner Switchboard	=G00.MCA30.XD001
			Main AC Switchboard	=G00.MCA40.XD001
		LV Power Transmission	AC Cables	=G00.MLW11.WDB000
			DC Cables	=G00.MLW21.WDB000
		Power Conditioning	Inverter Group	=G00.MKC10.TBB001
			String Inverter	=G00.MKC20.TBB001
		Power Transforming System	Power Transformer	=G00.MTS10.TAA001
	Power Switching System	Transformer Station Switchgear	=G00.MSP10.XB001	
	Electrical Auxiliary Power Supply System	Power Connection System	Main Auxiliary Switchboard	=G00.BCA50.XD001
			Auxiliary Switchboard	=G00.BCA60.XD001
		Power Transforming System	Auxiliary Power Transformer	=G00.BTS12.TAA001
			LV Power Transformer	=G00.BTS11.TAA001
		Uninterrupted Power Supply System (UPS)	Uninterrupted Power Supply (UPS)	=G00.BUA00.RBA001
		Emergency Power Supply System	Emergency Generator	=G00.BEA00.GAA001

	Ancillary Infrastructure	Climatization System	HVAC	=G00.XVC10.EC000	
	Technical Infrastructure Inside Plant Process	PV Modules Supporting System	Fixed Structure	=G00.USS10.UL000	
			Solar Tracker	=G00.USS20.UL001	
		LV Conduits System	LV Ducts and Manholes	=G00.ULC11.UBA000	
	Buildings	Buildings/Rooms for Stationary Electrical Equipment	=G00.UBU10.FRD001		
Transmission of Energy	Energy Conversion	HV Power Transmission	HV Cables	=W00.MHW12.WBB000	
			AC Cables	=W00.MHW11.WDB000	
	Technical Infrastructure Inside Plant	HV Conduits System	HV Ducts and Manholes	=W00.UHC12.UBA000	
Transformation of Energy	Energy Conversion & Transmission	Power Switching System	Delivery Station Switchgear	=T00.MSP20.XB001	
		Control System	Power Control Unit	=T00.MPU10.QA001	
		Power Transforming System	Delivery Station Power Transformer	=T00.MTS22.TAA001	
Common Measurement Systems	Supervisory Control System	Data Collection & Display System	Datalogger	=B00.ADD10.KE001	
			SCADA Server	=B00.ADD20.KEB000	
		LV Measuring & Display System	LV Power Analyser	=B00.ALM11.BJ001	
			LV Electric Energy Meter	=B00.ALM21.BHC001	
		HV Measuring & Display System	HV Power Analyser	=B00.AHM12.BJ001	
			HV Electric Energy Meter	=B00.AHM22.BHC001	
		Environmental Monitoring	Weather Station/Met Mast	=B00.AEM10.BUB001	
			Irradiation Sensor/Pyranometer	=B00.AEM20.BRA001	
		Electrical Auxiliary Power Supply System	Uninterrupted Power Supply System (UPS)	Uninterrupted Power Supply System (UPS)	=B00.BUB00.RBA001
		Storage of Material	Technical Infrastructure	Buildings	Warehouse/Storage Space
Common Protection	Supervisory Control System	HV Measuring & Protection System	Multifunctional HV Protection	=F00.APH00.FA001	
	Ancillary Infrastructure	Surge Protection System	Lightning Protection	=F00.XPS00.FEA000	
Common Ancillary System	Ancillary Infrastructure	General Purposes Electrical System	LV Power Sockets or Lights	=A00.XES00.EA000	

		Climatization System	HVAC	=A00.XVC20.EC000	
		Water-Supply/ Disposal System	Fresh Water Supply	=A00.XHA10.WPA000	
			Water Tank/ Reservoir	=A00.XHA20.CMA000	
			Sewage Disposal	=A00.XHA30.WMF000	
		Fire Detection/ Extinguishing System	Fire Detection Central	=A00.XGX10.KEB000	
			Smoke/Fire Detector	=A00.XGX20.BQE001	
			Fire Extinguisher	=A00.XGX30.FMG001	
		Power Connection System	Ancillary Infrastructure Switchboard	=A00.XCA70.XD001	
		Intrusion Detection System	Alarm System Central	=A00.XDA10.KEB000	
			Alarm System Switchboard	=A00.XDA20.XG001	
			Intrusion Detection Sensor	=A00.XDA30.BGA001	
		Communication Infrastructure	Surveillance System	Video Surveillance System (VSS) Central	=A00.YVS10.KEB000
				Video Surveillance System (VSS) Camera	=A00.YVS20.BXD001
				Surveillance System Switchboard	=A00.YVS30.XG001
		Electrical Auxiliary Power Supply System	Uninterrupted Power Supply System (UPS)	Uninterrupted Power Supply System (UPS)	=A00.BUA00.RBA001
Emergency Power Supply System	Emergency Generator		=A00.BEA.GAA001		
Common Communications	Communication Infrastructure	Communication System	Plant Communications	=K00.YCC10.KF000	
			Video Surveillance System (VSS) Communications	=K00.YCC20.KF000	
			Intrusion Detection System Communications	=K00.YCC30.KF000	
			Communications Switchboard	=K00.YCC40.XG001	

			Communications Cables	=K00.YCC50.WGB000
Common Enclosure or Support	Technical Infrastructure	Site Implantation Area	PV Field	=U00.ZAA00.UU000
		Site Restricting Area	Fence	=U00.ZRA00.RUA000
		Landscaping	Vegetation	=U00.ZLL00.NFC000
		Circulation Space	Internal Access Roads/ Paths	=U00.ZCS20.WT000
			External Access Roads	=U00.ZCS10.WT000
		Site Drainage System	Drainage System	=U00.ZDS00.WMB000
		Buildings	Control Room/ Office	=U00.ZBU30.FRD001
Buildings/Rooms for Stationary Electrical Equipment	=U00.ZBU10.FRD001			
Plant Management	Control & Management	Health & Safety & Environment (HSE)	Health Management	=A99.CHS10
			Safety/Personal Protective Equipment (PPE) Management	=A99.CHS20
			Environment/Landscape Management	=A99.CHS30
		Stock Management	=A99.CSM00	
		Documentation Management	=A99.CDM00	
		Mandatory Inspection Management	=A99CMM00	

Assim todos os equipamentos presentes num parque fotovoltaico associado às equipas de operação e manutenção da empresa Voltalia SA, podem ser codificados de forma única e sem ambiguidades.

A normalização da codificação criada é flexível e versátil ao ponto de possibilitar a sua alteração sem que a sua estrutura principal seja afetada. Isto é, mesmo que seja necessário adicionar um novo equipamento, para um novo parque, esta codificação está preparada para o receber não alterando de forma alguma a base de codificação.

4. Sistema Automático para Quantificação e Codificação de Equipamentos e Integração em *CMMS*

Com toda uma estruturação e codificação normalizada para a constituição de parques fotovoltaicos criada, eliminou-se a lacuna (codificação normalizada para todos os parques fotovoltaicos) existente até à data na empresa Voltalia SA.

No entanto, foi necessário, ainda, a criação um sistema automático para quantificação e codificação de todos os equipamentos presentes nos parques fotovoltaicos para integração de forma direta no sistema FIIX (criação de uma plataforma designada por “*RDS-PP Plant Definition*”).

4.1 Metodologia

Esta plataforma visa fazer o levantamento de todos os parques fotovoltaicos existentes no portefólio da Voltalia, bem como toda a quantificação de equipamentos associados aos mesmos. A melhor forma de proceder para se obter dados que fossem o mais realistas possíveis foi partilhar a plataforma de inquérito a todos os coordenadores de manutenção de parques fotovoltaicos para que estes preenchessem a mesma e assim se efetuasse o levantamento de todos os equipamentos existentes em cada parque. Aquando deste levantamento a própria plataforma codifica todos os equipamentos regendo-se pela normalização apresentada no capítulo 7 e cria um ficheiro importável para o sistema de gestão de manutenção computadorizado.

4.2 Plataforma

A plataforma foi desenvolvida em Microsoft Excel, recorrendo à funcionalidade integrada de Macros em linguagem de programação *Visual Basic for Applications (VBA)*. A primeira fase da plataforma questiona o coordenador da planta sobre o país em que se encontra a central, e coloca automaticamente o código do país, segundo [34], no respetivo campo. De seguida, questiona qual o parque fotovoltaico que pretende integrar e informa o utilizador dos requisitos para o codificar como pode ser observado na Figura 30.

Country
PV Plant
Country Code
Plant Code (3 Letters and 2 Numbers)

Figura 30 – Processo 1 da plataforma.

Na segunda fase, a plataforma apresenta a lista dos equipamentos que podem existir num parque fotovoltaico, permitindo aos coordenadores dos parques o preenchimento das quantidades respetivas. Estes equipamentos são apresentados já divididos pelos sistemas principais, permitindo que não ocorram situações de ambiguidade no preenchimento da plataforma, tal como se pode constatar na Figura 31.

4 – Sistema Automático para Quantificação e Codificação de Equipamentos e Integração em CMMS

Code	Main System	Equipment	Quantity
G00	Energy Conversion	PV Modules	
G00	Energy Conversion	Generator Junction Box	
G00	Energy Conversion	Array Junction Box	
G00	Energy Conversion	AC Combiner Switchboard	
G00	Energy Conversion	Main AC Switchboard	
G00	Energy Conversion	AC Cables	
G00	Energy Conversion	DC Cables	
G00	Energy Conversion	Inverter Group	
G00	Energy Conversion	String Inverter	
G00	Energy Conversion	Power Transformer	
G00	Energy Conversion	Transformer Station Switchgear	
G00	Energy Conversion	Main Auxiliary Switchboard	
G00	Energy Conversion	Auxiliary Switchboard	
G00	Energy Conversion	Auxiliary Power Transformer	
G00	Energy Conversion	LV Power Transformer	
G00	Energy Conversion	Uninterrupted Power Supply (UPS)	
G00	Energy Conversion	Emergency Generator	
G00	Energy Conversion	HVAC	
G00	Energy Conversion	Fixed Structure	
G00	Energy Conversion	Solar Tracker	
G00	Energy Conversion	LV Ducts and Manholes	
G00	Energy Conversion	Buildings/Rooms for Stationary Electrical Equipment	
W00	Transmission of Energy	HV Cables	
W00	Transmission of Energy	AC Cables	
W00	Transmission of Energy	HV Ducts and Manholes	

Figura 31 – Excerto do processo 2 da plataforma.

Como pode ser analisado na Figura 31, existem dois tipos de cor na coluna das quantidades, sendo que os equipamentos que apresentam uma célula verde escurecida não necessitam de ser quantificados. Na prática, o coordenador do parque fotovoltaico apenas terá de indicar se o equipamento existe ou não naquele parque, como mostra a Figura 32. Em todas as restantes células tem que ser colocadas as quantidades exatas de equipamentos.

Equipment	Quantity
PV Modules	
Generator Junction Box	Yes
Array Junction Box	No

Figura 32 – Exemplo de não quantificação de equipamentos previamente identificados.

Após a inserção de todas as quantidades a plataforma cria uma tabela resumo de todos os equipamentos referidos e apresenta-os listados e já corretamente codificados segundo a normalização criada nesta dissertação/projeto.

Em simultâneo a plataforma solicita ao utilizador informação relativa à marca, modelo e número de série de cada equipamento, bem como, se pretende colocar algum termo que o familiarize com o equipamento o qual será classificado como “Field Designation”. A Figura 33 mostra um exemplo de um parque localizado em Portugal e com o código de parque fotovoltaico TST01.

4 – Sistema Automático para Quantificação e Codificação de Equipamentos e Integração em CMMS

Name of Equipment	Field Designation	Total Code	Brand	Model	Serial Number
PV Modules		#PV.PT.TST01 =G00.MGA00.GC000			
Generator Junction Box 001		#PV.PT.TST01 =G00.MCA10.XD001			
Generator Junction Box 002		#PV.PT.TST01 =G00.MCA10.XD002			
Array Junction Box 001		#PV.PT.TST01 =G00.MCA20.XD001			
Array Junction Box 002		#PV.PT.TST01 =G00.MCA20.XD002			
Array Junction Box 003		#PV.PT.TST01 =G00.MCA20.XD003			
Array Junction Box 004		#PV.PT.TST01 =G00.MCA20.XD004			
Array Junction Box 005		#PV.PT.TST01 =G00.MCA20.XD005			
Array Junction Box 006		#PV.PT.TST01 =G00.MCA20.XD006			
AC Cables		#PV.PT.TST01 =G00.MLW11.WDB000			
DC Cables		#PV.PT.TST01 =G00.MLW21.WDB000			
Inverter Group 001		#PV.PT.TST01 =G00.MKC10.TBB001			
Inverter Group 002		#PV.PT.TST01 =G00.MKC10.TBB002			
Power Transformer 001		#PV.PT.TST01 =G00.MTS10.TAA001			
Transformer Station Switchgear 001		#PV.PT.TST01 =G00.MSP10.XB001			
Main Auxiliary Switchboard 001		#PV.PT.TST01 =G00.BCA50.XD001			
Auxiliary Switchboard 001		#PV.PT.TST01 =G00.BCA60.XD001			

Figura 33 – Processo 3 da plataforma.

Após concluir o processo 3 da plataforma, esta gera automaticamente a estrutura de árvore detalhada pelo utilizador do parque fotovoltaico, como mostra a Figura 34.

Location	Category	Name	Asset Code
TST01	Locations and Facilities	Teste - Portugal - PV	#PV.PT.TST01
#PV.PT.TST01	(G00) Energy Conversion	Energy Conversion	#PV.PT.TST01 =G00
#PV.PT.TST01 =G00	(M) Energy Conversion & Transmission	Energy Conversion & Transmission	#PV.PT.TST01 =G00.M
#PV.PT.TST01 =G00	(B) Electrical Auxiliary Power Supply System	Electrical Auxiliary Power Supply System	#PV.PT.TST01 =G00.B
#PV.PT.TST01 =G00.M	(GA) Energy Collection System	Energy Collection System	#PV.PT.TST01 =G00.MGA
#PV.PT.TST01 =G00.M	(CA) Power Connection System	Power Connection System	#PV.PT.TST01 =G00.MCA
#PV.PT.TST01 =G00.M	(LW) LV Power Transmission System	LV Power Transmission System	#PV.PT.TST01 =G00.MLW
#PV.PT.TST01 =G00.M	(KC) Power Conditioning System (PCS)	Power Conditioning System (PCS)	#PV.PT.TST01 =G00.MKC
#PV.PT.TST01 =G00.M	(TS) Power Transforming System	Power Transforming System	#PV.PT.TST01 =G00.MTS
#PV.PT.TST01 =G00.M	(SP) Power Switching System	Power Switching System	#PV.PT.TST01 =G00.MSP
#PV.PT.TST01 =G00.B	(CA) Power Connection System	Power Connection System	#PV.PT.TST01 =G00.BCA
#PV.PT.TST01 =G00.MGA	(00) PV Modules	PV Modules	#PV.PT.TST01 =G00.MGA00
#PV.PT.TST01 =G00.MCA	(10) Generator Junction Box	Generator Junction Box	#PV.PT.TST01 =G00.MCA10
#PV.PT.TST01 =G00.MCA	(20) Array Junction Box	Array Junction Box	#PV.PT.TST01 =G00.MCA20
#PV.PT.TST01 =G00.MLW	(11) AC Cables	AC Cables	#PV.PT.TST01 =G00.MLW11
#PV.PT.TST01 =G00.MLW	(21) DC Cables	DC Cables	#PV.PT.TST01 =G00.MLW21
#PV.PT.TST01 =G00.MKC	(10) Inverter Group	Inverter Group	#PV.PT.TST01 =G00.MKC10
#PV.PT.TST01 =G00.MTS	(10) Power Transformer	Power Transformer	#PV.PT.TST01 =G00.MTS10
#PV.PT.TST01 =G00.MSP	(10) Transformer Station Switchgear	Transformer Station Switchgear	#PV.PT.TST01 =G00.MSP10
#PV.PT.TST01 =G00.BCA	(50) Main Auxiliary Switchboard	Main Auxiliary Switchboard	#PV.PT.TST01 =G00.BCA50
#PV.PT.TST01 =G00.BCA	(60) Auxiliary Switchboard	Auxiliary Switchboard	#PV.PT.TST01 =G00.BCA60
#PV.PT.TST01 =G00.MGA00	Equipment	PV Modules	#PV.PT.TST01 =G00.MGA00.GC000
#PV.PT.TST01 =G00.MCA10	Equipment	Generator Junction Box 001	#PV.PT.TST01 =G00.MCA10.XD001
#PV.PT.TST01 =G00.MCA10	Equipment	Generator Junction Box 002	#PV.PT.TST01 =G00.MCA10.XD002
#PV.PT.TST01 =G00.MCA20	Equipment	Array Junction Box 001	#PV.PT.TST01 =G00.MCA20.XD001
#PV.PT.TST01 =G00.MCA20	Equipment	Array Junction Box 002	#PV.PT.TST01 =G00.MCA20.XD002
#PV.PT.TST01 =G00.MCA20	Equipment	Array Junction Box 003	#PV.PT.TST01 =G00.MCA20.XD003
#PV.PT.TST01 =G00.MCA20	Equipment	Array Junction Box 004	#PV.PT.TST01 =G00.MCA20.XD004
#PV.PT.TST01 =G00.MCA20	Equipment	Array Junction Box 005	#PV.PT.TST01 =G00.MCA20.XD005
#PV.PT.TST01 =G00.MCA20	Equipment	Array Junction Box 006	#PV.PT.TST01 =G00.MCA20.XD006
#PV.PT.TST01 =G00.MLW11	Equipment	AC Cables	#PV.PT.TST01 =G00.MLW11.WDB000
#PV.PT.TST01 =G00.MLW21	Equipment	DC Cables	#PV.PT.TST01 =G00.MLW21.WDB000
#PV.PT.TST01 =G00.MKC10	Equipment	Inverter Group 001	#PV.PT.TST01 =G00.MKC10.TBB001
#PV.PT.TST01 =G00.MKC10	Equipment	Inverter Group 002	#PV.PT.TST01 =G00.MKC10.TBB002
#PV.PT.TST01 =G00.MTS10	Equipment	Power Transformer 001	#PV.PT.TST01 =G00.MTS10.TAA001
#PV.PT.TST01 =G00.MSP10	Equipment	Transformer Station Switchgear 001	#PV.PT.TST01 =G00.MSP10.XB001
#PV.PT.TST01 =G00.BCA50	Equipment	Main Auxiliary Switchboard 001	#PV.PT.TST01 =G00.BCA50.XD001
#PV.PT.TST01 =G00.BCA60	Equipment	Auxiliary Switchboard 001	#PV.PT.TST01 =G00.BCA60.XD001

Figura 34 – Exemplo de estrutura em árvore do parque fotovoltaico, gerada pela plataforma.

A plataforma permite que, concluída a geração da estrutura e codificação, se gere um ficheiro importável do tipo *comma-separated values* (.csv). Este ficheiro é concebido com as características requeridas pelo sistema de gestão de manutenção, para que a sua importação seja o mais fácil e prático possível para a equipa de gestão do sistema.

4.3 Integração da Estrutura Codificada no CMMS

O processo de integração de estruturas codificadas e normalizadas, no CMMS da Voltalia, só foi possível devido à criação da plataforma anteriormente descrita. O ficheiro gerado a partir desta permite uma importação de fácil execução e de grande fiabilidade. Após a importação do ficheiro no sistema, é rapidamente possível verificar a estrutura em árvore tal e qual como descrita na plataforma, como pode ser confirmado na Figura 35, onde são visíveis os sistemas principais do parque fotovoltaico.

Location	Code	Category
[-] 🏠 Demonstration and Training	#PV.PT.DEM00	Locations And Facilities
[-] 🏠 Demonstration and Training - Portugal - PV	#PV.PT.DEM00	Locations And Facilities
[+] 🚚 Energy Conversion	#PV.PT.DEM00 =G00	(G00) Energy Conversion
[+] 🚚 Transmission of Energy	#PV.PT.DEM00 =W00	(W00) Transmission of Energy
[+] 🚚 Transformation of Energy	#PV.PT.DEM00 =T00	(T00) Transformation of Energy
[+] 🚚 Common Ancillary Systems	#PV.PT.DEM00 =A00	(A00) Common Ancillary Systems
[+] 🚚 Common Enclosure or Support	#PV.PT.DEM00 =U00	(U00) Common Enclosure or Support
[+] 🚚 Storage of Material	#PV.PT.DEM00 =C00	(C00) Storage of Material
[+] 🚚 Common Measurement Systems	#PV.PT.DEM00 =B00	(B00) Common Measurement Systems
[+] 🚚 Common Protection	#PV.PT.DEM00 =F00	(F00) Common Protection
[+] 🚚 Common Communications	#PV.PT.DEM00 =K00	(K00) Common Communications
[+] 🚚 Plant Management	#PV.PT.DEM00 =A99	(A99) Plant Management

Figura 35 – Representação da estrutura em árvore dos sistemas principais no sistema de gestão da manutenção computadorizado (FIIX) (Adaptado de [36]).

Na Figura 36 é possível verificar a estrutura em árvore dos sistemas principais e respetivos sistemas e na Figura 37 a estrutura normalizada até ao último nível da mesma.

4 – Sistema Automático para Quantificação e Codificação de Equipamentos e Integração em CMMS

Location	Code	Category
[-] 🏠 Demonstration and Training	#PV.PT.DEM00	Locations And Facilities
[-] 🏠 Demonstration and Training - Portugal - PV	#PV.PT.DEM00	Locations And Facilities
[-] 🚚 Energy Conversion	#PV.PT.DEM00 =G00	(G00) Energy Conversion
[-] 🚚 Energy Conversion & Transmission	#PV.PT.DEM00 =G00.M	(M) Energy Conversion & Transmission
[+] 🚚 Energy Collection System	#PV.PT.DEM00 =G00.MGA	(GA) Energy Collection System
[+] 🚚 Power Connection System	#PV.PT.DEM00 =G00.MCA	(CA) Power Connection System
[+] 🚚 LV Power Transmission System	#PV.PT.DEM00 =G00.MLW	(LW) LV Power Transmission System
[+] 🚚 Power Conditioning System (PCS)	#PV.PT.DEM00 =G00.MKC	(KC) Power Conditioning System (PCS)
[+] 🚚 Power Transforming System	#PV.PT.DEM00 =G00.MTS	(TS) Power Transforming System
[+] 🚚 Power Switching System	#PV.PT.DEM00 =G00.MSP	(SP) Power Switching System
[+] 🚚 Electrical Auxiliary Power Supply System	#PV.PT.DEM00 =G00.B	(B) Electrical Auxiliary Power Supply System
[+] 🚚 Ancillary Infrastructure	#PV.PT.DEM00 =G00.X	(X) Ancillary Infrastructure
[+] 🚚 Technical Infrastructure Inside Plant Pro...	#PV.PT.DEM00 =G00.U	(U) Technical Infrastructure Inside Plant Process
[-] 🚚 Transmission of Energy	#PV.PT.DEM00 =W00	(W00) Transmission of Energy
[+] 🚚 Energy Conversion & Transmission	#PV.PT.DEM00 =W00.M	(M) Energy Conversion & Transmission
[+] 🚚 Technical Infrastructure Inside Plant pro...	#PV.PT.DEM00 =W00.U	(U) Technical Infrastructure Inside Plant Process
[+] 🚚 Transformation of Energy	#PV.PT.DEM00 =T00	(T00) Transformation of Energy
[+] 🚚 Common Ancillary Systems	#PV.PT.DEM00 =A00	(A00) Common Ancillary Systems
[+] 🚚 Common Enclosure or Support	#PV.PT.DEM00 =U00	(U00) Common Enclosure or Support

Figura 36 – Representação em árvore dos sistemas principais e respetivos sistemas em FIIX (Adaptado de [36]).

Location	Code	Category
[-] 🏠 Demonstration and Training	#PV.PT.DEM00	Locations And Facilities
[-] 🏠 Demonstration and Training - Portugal - PV	#PV.PT.DEM00	Locations And Facilities
[-] 🚚 Energy Conversion	#PV.PT.DEM00 =G00	(G00) Energy Conversion
[-] 🚚 Energy Conversion & Transmission	#PV.PT.DEM00 =G00.M	(M) Energy Conversion & Transmission
[-] 🚚 Energy Collection System	#PV.PT.DEM00 =G00.MGA	(GA) Energy Collection System
[-] 🚚 PV Modules	#PV.PT.DEM00 =G00.MGA00	(00) PV Modules
🚚 PV Modules	#PV.PT.DEM00 =G00.MGA00.GC000	Equipment
[+] 🚚 Power Connection System	#PV.PT.DEM00 =G00.MCA	(CA) Power Connection System
[+] 🚚 LV Power Transmission System	#PV.PT.DEM00 =G00.MLW	(LW) LV Power Transmission System
[-] 🚚 Power Conditioning System (PCS)	#PV.PT.DEM00 =G00.MKC	(KC) Power Conditioning System (PCS)
[-] 🚚 Inverter Group	#PV.PT.DEM00 =G00.MKC10	(10) Inverter Group
🚚 Inverter Group 001	#PV.PT.DEM00 =G00.MKC10.TBB001	Equipment
🚚 Inverter Group 002	#PV.PT.DEM00 =G00.MKC10.TBB002	Equipment
🚚 Inverter Group 003	#PV.PT.DEM00 =G00.MKC10.TBB003	Equipment
🚚 Inverter Group 004	#PV.PT.DEM00 =G00.MKC10.TBB004	Equipment
🚚 Inverter Group 005	#PV.PT.DEM00 =G00.MKC10.TBB005	Equipment
🚚 Inverter Group 006	#PV.PT.DEM00 =G00.MKC10.TBB006	Equipment
[+] 🚚 Power Transforming System	#PV.PT.DEM00 =G00.MTS	(TS) Power Transforming System
[+] 🚚 Power Switching System	#PV.PT.DEM00 =G00.MSP	(SP) Power Switching System
[+] 🚚 Electrical Auxiliary Power Supply System	#PV.PT.DEM00 =G00.B	(B) Electrical Auxiliary Power Supply System
[+] 🚚 Ancillary Infrastructure	#PV.PT.DEM00 =G00.X	(X) Ancillary Infrastructure

Figura 37 – Representação estruturada de todos os níveis presentes num parque fotovoltaico (Adaptado de [36]).

4 – Sistema Automático para Quantificação e Codificação de Equipamentos e Integração em CMMS

A plataforma criada tem ainda a funcionalidade de preencher no sistema de gestão de forma automática os dados relevantes de cada equipamento presente na estrutura em árvore codificada dos parques fotovoltaicos. Nomeadamente, a marca, modelo, número de série e nome comercial ou de terreno, como mostra a Figura 38.

Equipment: PV Modules (#PV.PT.DEM00 =G00.MGA00.GC000)

The screenshot displays the FIIX software interface for equipment management. At the top, it shows the equipment name 'PV Modules' and its hierarchical code '#PV.PT.DEM00 =G00.MGA00.GC000'. Below this, there is a search bar with 'Find Item' and 'List' buttons. A navigation tree on the left shows the equipment's location within the system structure. The main form contains several fields: 'Code' (filled with '#PV.PT.DEM00 =G00.MGA00.GC000'), 'Category' (set to 'Equipment'), and 'Field Designation' (set to 'Módulos Fotovoltaicos'). Below these are tabs for 'General', 'Parts/BOM', 'Metering/Events', 'Personnel', 'Warranties', 'Businesses', and 'Purchasing'. The 'General' tab is active, showing fields for 'Account', 'Charge Department', 'Manufacturer' (filled with 'MPrime'), 'Model' (filled with '350P'), and 'Serial Number' (filled with '123456789').

Figura 38 – Características de equipamento exemplo inseridas em FIIX através da plataforma (Adaptado de [36]).

Todo o processo de estruturação, codificação e implementação de parques fotovoltaicos no sistema de gestão de manutenção, encontra-se otimizado, facilitando todo o processo associado à gestão da manutenção e aumentando assim a eficiência e eficácia da mesma.

4.4 Disseminação da Plataforma

Após o processo de integração de estruturas organizadas e codificadas de parques fotovoltaicos estar automatizado através do desenvolvimento desta plataforma. Para acesso e partilha desta mesma plataforma foi criado um sítio web interno à empresa e com acesso a todos os coordenadores de parques fotovoltaicos. A Figura 39 mostra o referido sítio, o qual tem por objetivo facilitar o rápido acesso à plataforma desenvolvida para que seja possível gerar os ficheiros de importação dos parques e enviar a informação para posterior integração em *CMMS*.

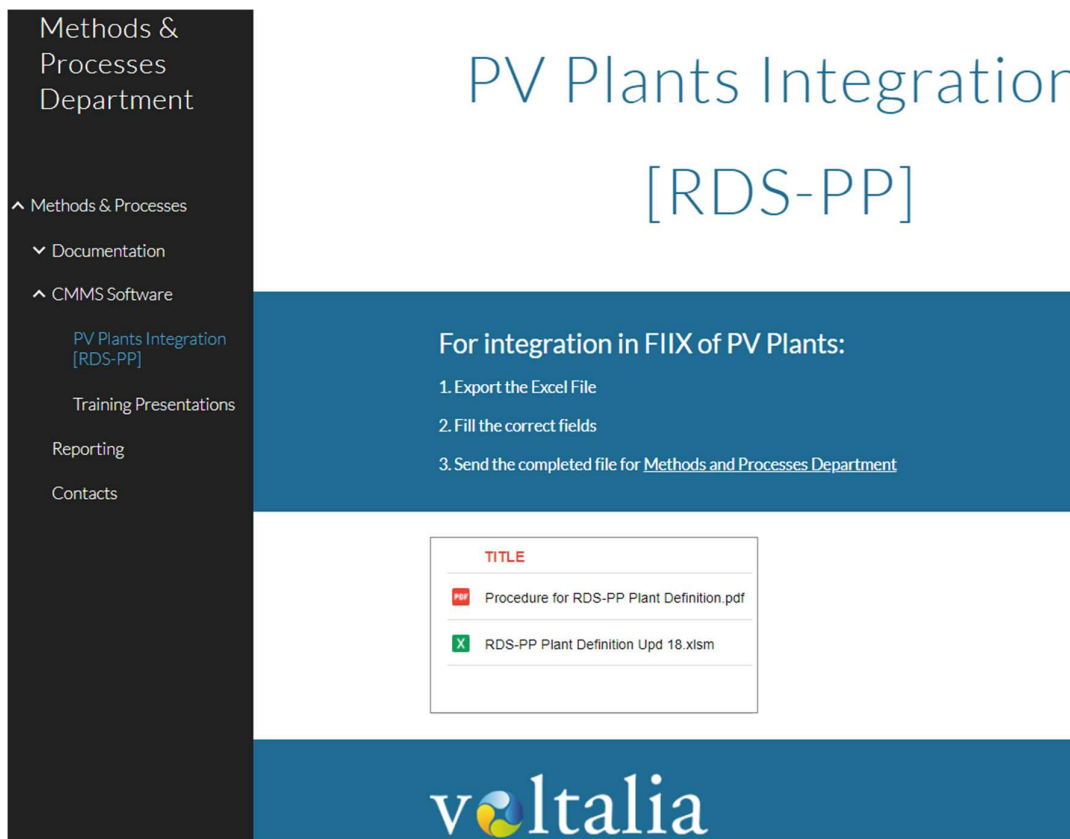


Figura 39 – Site interno da Voltalia para partilha de plataforma [35].

Existindo esta partilha de plataforma, foi também criado o procedimento para o bom funcionamento da integração em CMMS de todas os parques fotovoltaicos no CMMS em questão como pode ser observado na Figura 40.

4 – Sistema Automático para Quantificação e Codificação de Equipamentos e Integração em CMMS

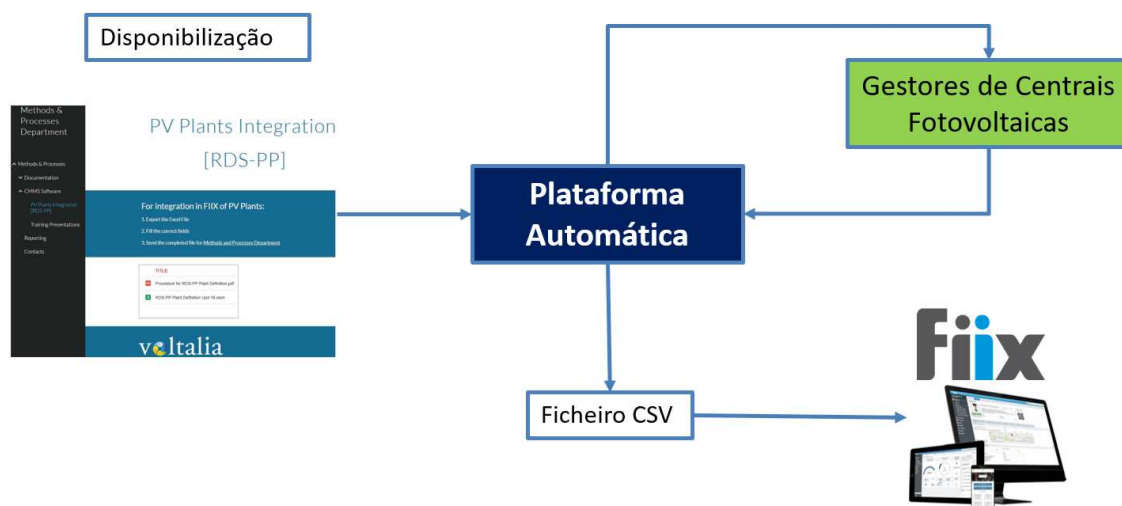


Figura 40 – Procedimento de integração de parques fotovoltaicos em FIIX.

Em consonância com a criação do procedimento, também foram desenvolvidas diversas ações de formação pelos países onde a Voltalia possui parques fotovoltaicos e equipas de manutenção. Estas acções de formação foram bastante úteis na medida em que todas as pessoas envolvidas nas equipas de O&M puderam aprender todo o processo de estruturação, codificação e integração de equipamentos no CMMS, entendendo assim todo o processo desde a sua raiz até ao produto final. Contribuindo assim de forma construtiva para a evolução e crescimento desta dissertação/projecto.

5. Conclusão

O desempenho económico das centrais de energia renovável e, em particular, das centrais fotovoltaicas, é significativamente influenciado pela forma de operação e de manutenção destas infraestruturas. Neste contexto, a utilização de ferramentas informáticas para apoiar as atividades de planeamento e controlo da manutenção tem o potencial de contribuir consideravelmente para um melhor desempenho destas atividades.

Este trabalho de dissertação/projeto, desenvolvido em colaboração com a empresa Voltalia Portugal, S.A. insere-se neste âmbito, centrando-se na resolução de uma lacuna existente nesta empresa relacionada com a gestão integrada de unidades de produção renovável de eletricidade, em particular no que concerne aos parques fotovoltaicos.

O trabalho desenvolvido nesta dissertação/projeto consistiu na criação de uma nomenclatura normalizada, estruturada e codificada para todos os equipamentos possíveis de existir num parque fotovoltaico. Este trabalho resultou de uma decisão estratégica da Voltalia, visando proporcionar sinergias entre equipas de O&M das mais diversas geografias.

A estruturação criada e codificada para os parques fotovoltaicos remove qualquer tipo de ambiguidade quando existe uma referência a qualquer tipo de equipamento presente no parque, o que torna o trabalho tanto dos técnicos como dos gestores muito mais eficiente e eficaz. Este processo, em consonância com a sua implementação num *CMMS*, foi um contributo importantíssimo para o sucesso da organização.

A realização deste trabalho envolveu a compreensão dos assuntos relacionados com a manutenção, a estrutura, a codificação e o sistema de gestão de manutenção, tendo por base

toda a referência normativa (conhecimento determinante para possibilitar uma maior eficiência e confiabilidade no trabalho das equipas de manutenção). Contudo, é importante referir que o bom funcionamento de todo este processo começa pela definição de uma boa política de manutenção pela gestão de topo (responsabilidade da gestão). Esta deve estabelecer objetivos e apostar na contínua melhoria de processos em que se insere o sistema de gestão de manutenção. Para o efeito é crucial criar diretrizes que suportem e guiem todas as pessoas afetas à operação e manutenção de parques fotovoltaicos (objeto deste trabalho).

Até ao momento, o trabalho desenvolvido nesta dissertação/projeto foi implementado em cerca de 500 parques fotovoltaicos, sendo integrados no FIIX segundo as diretrizes enunciadas na dissertação/projeto.

Os objetivos a que esta dissertação/projeto se propôs foram atingidos e ainda foi acrescido a implementação de uma referenciação entre as ordens de trabalho e as nomenclaturas dos equipamentos. Isto é, quando é criada uma ordem de trabalho com referência ao equipamento, esta terá a sua designação estandardizada (devido à inclusão de informação pertinente à ordem de trabalho, bem como, das nomenclaturas normalizadas enunciadas).

5.1 Trabalhos futuros

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho foram discutidas diversas metodologias de criação da melhor estruturação de árvore e codificação da mesma, tanto para o fotovoltaico como para outras tecnologias de geração de energia. Tendo esta noções, era importante fazer o mesmo processo para outras tecnologias, que ainda não tenham normalizações de suporte à estruturação das árvores dos sistemas de geração. Isto é, expandir esta metodologia a todas as tecnologias existentes, contribuindo sempre para uma normalização internacional e de referência.

Será importante manter a evolução da estruturação de equipamentos de parques fotovoltaicos à medida que são criados mais e melhores equipamentos, promovendo uma melhoria contínua.

Promover a organização de convenções de debate sobre todas estas propostas de normalizações de forma a poder tentar finalizar ambiguidades entre empresas da mesma área e com os mesmos objetivos para atingir um elevado nível normativo.

REFERÊNCIAS

- [1] Filipe, F. “Gestão e Organização da Manutenção, de equipamento de conservação e manutenção de infraestruturas ferroviárias”. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2006.
- [2] “voltaia”. [Online]. Available: <http://www.voltaia.com/en>. [Accessed: 20-Nov-2018].
- [3] IEC 81346-1: 2009 – Industrial systems, installations and equipment and industrial products – Structuring principles and reference designations – Part 1: Basic rules.
- [4] IEC 81346-2: 2009 – Industrial systems, installations and equipment and industrial products – Structuring principles and reference designations – Part 2: Classification of objects and codes for classes.
- [5] ABB, Technical Application Papers No.10 Photovoltaic plants. Bergamo: A division of ABB S.p.A., 2010.
- [6] Oliveira, F., “Dimensionamento de uma central de miniprodução fotovoltaica para uma exploração agrícola direcionada à indústria dos laticínios”. Dissertação de Mestrado, ISEP, 2013.
- [7] M. K. Deshmukh and S. S. Deshmukh, "Modeling of hybrid renewable energy systems," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 12, pp. 235-249, 2008.
- [8] “Barlovento”. [Online]. Available: <https://www.barloventorecursos.com/pt-br/destaques/micro-renova-calculo-energetico-e-operacao-de-sistemas-hibridos-de-pequena-potencia>. [Accessed: 20-Nov-2018]
- [9] “Portal Solar”. [Online]. Available: <https://www.portalsolar.com.br/celula-fotovoltaica.html>. [Accessed: 20-Nov-2018]
- [10] “EBES”. [Online]. Available: <http://ebes.com.br/energia-solar-fotovoltaica-origem-e-importancia-para-os-dias-atuais/>. [Accessed 20-Nov-2018]
- [11] “WGSOL”. [Online]. Available: <https://wgsol.com.br/o-efeito-fotovoltaico-o-sol-fabricando-eletricidade/efeito-fotovoltaico/>. [Accessed: 20-Nov-2018]

[12] “Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos”. CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica; CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Britomarço 2014.

[13] “Solar Cell Technology, Hybrid Systems, Grid connected Solar plant, Offgrid Solar Power Plant - EAI.in.” [Online]. Available: http://www.eai.in/ref/ae/sol/technology_options.html. [Accessed: 20-Nov-2018].

[14] M. A. Green, K. Emery, Y. Hishikawa, and W. Warta, “Solar cell efficiency tables (version 35),” *Prog. Photovolt: Res. Appl.*, vol. 18, no. 2, pp. 144–150, Mar. 2010.

[15] “Alternativas Energéticas: uma visão Cemig.” CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais, 2012.

[16] RUTHER, R. – “Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial de geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligadas a rede elétrica pública no Brasil”. Labsolar, 2004.

[17] “CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. As energias solar e eólica no Brasil”. [Online]. Available: <http://cresesb.cepel.br/download/casasolar/casasolar2013.pdf>. [Accessed: 20-Nov-2018]

[18] “SHAREENERGY”. [Online]. Available: <http://shareenergy.com.br/o-que-e-o-inversor-e-como-ele-funciona/>. [Accessed: 20-Nov-2018].

[19] “AROS Solar”. [Online]. Available: <http://www.aros-solar.com/en/the-importance-of-mppt-maximum-power-point-tracker>. [Accessed: 20-Nov-2018].

[20] “SMA Solar Inverters.” [Online]. Available: <http://www.sma.de/en/products/solarinverters.html>. [Accessed: 20-Nov-2018].

[21] Moreira, F., “Sistemas Fotovoltaicos”. Relatório de Estágio”, IPT, 2016.

[22] “Dynamox.” [Online]. Available: <https://dynamox.net/ciclo-de-vida-de-ativos-industriais/>. [Accessed: 20-Nov-2018].

[23] EN 13306: 2010 – “Maintenance – Maintenance terminology”.

[24] SYPEMI. FD X 60-000: 2002– “Maintenance industrielle – Fonction Maintenance”.

- [25] AFNOR. FD X 60-000: 2002 – “Maintenance industrielle – Fonction Maintenance”.
- [26] Barreiros, T., “Sistema de Gestão da Manutenção de Equipamentos e Instalações Técnicas”. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2012.
- [27] Saraiva, M., “A importância da Norma de implementação de Sistemas de Gestão de Manutenção na integração de Sistemas de Gestão”. Dissertação de Mestrado, UBI, 2010.
- [28] Rodríguez, C. B., & Peralta, C. M. (2002). Sistema integral de gestión de mantenimiento para la industria de fabricación de azúcar de caña. *Ciencias Holguín*, 4, 1-5
- [29] "Fiix: Cloud-Based CMMS, Asset Maintenance Software & More". [Online]. Available: <https://www.fiixsoftware.com/>. [Accessed: 20-Nov-2018].
- [30] VGB-S-823-01-2015-09 – VGB Standard; RDS-PP Application Guideline – Part 01 – Power Plants, General.
- [31] IEC 61836: 2007 – Solar Photovoltaic Energy Systems - Terms, Definitions and Symbols.
- [32] ISO/TS 81346-10:2015 - Industrial systems, installations and equipment and industrial products — Structuring principles and reference designation - Part 10: Power plants.
- [33] VGB-S-823-32:2014 – VGB Standard; Application Guideline – Part 32: Wind Power Plants.
- [34] ISO 31166-1 alpha-2 Country Code.
- [35] “PV Plant Integration [RDS-PP]”. [Online]. Available: <https://sites.google.com/votalia.com/mpd/methods-processes/cmms-software/pv-plants-integration-rds-pp>. [Accessed: 20-Nov-2018] (Acessível apenas com permissões da empresa).
- [36] “Votalia MACMMS”. Available: <https://votalia.macmms.com/>. [Accessed: 20-Nov-2018] (necessita de credenciais).