



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

João Paulo Teixeira Pires

**SISTEMAS DE MONITORIZAÇÃO DE CONSUMOS:
ESPECIFICAÇÕES DETALHADAS DAS
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E FUNCIONAIS**

Dissertação no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, ramo de especialização de Energia orientada pelo Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge e apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia/Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Julho de 2020



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Sistemas de Monitorização de Consumos: Especificações Detalhadas das Características Técnicas e Funcionais

Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores,
especialização em energia.

Orientador:

Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge

Presidente do Júri:

Professor Doutor Mário João Simões Ferreira dos Santos

Vogais:

Professor Doutor Fernando José Teixeira Estêvão Ferreira

Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge

*“The only way of discovering the limits of the possible is to venture a little way
past them into the impossible.”*

Arthur C. Clarke

AGRADECIMENTOS

Um agradecimento ao meu orientador Professor Doutor Humberto Matos Jorge por toda a sua disponibilidade, orientação e ajuda na realização desta dissertação.

Quero agradecer aos meus pais por todo o apoio e ajuda que me deram para superar esta fase e concluir o curso. Acima de tudo por nunca terem desistido ou deixado de acreditar de mim.

Ao meu irmão um obrigado pelo apoio incondicional e ajuda dada ao longo destes anos, porque sem ele muito dificilmente teria conseguido acabar esta etapa.

A todos os meus colegas, amigos, família e outras pessoas que me ajudaram ao longo do curso, obrigado.

RESUMO

Com o crescente uso de energia elétrica e a escassez de recursos é necessário cada vez mais um uso mais eficiente dos recursos, em especial da eletricidade. Para isto é necessário ter conhecimento do uso da energia elétrica nas instalações de modo a poder aumentar a eficiência das mesmas. Os sistemas de monitorização de consumos (SMC) permitem obter tal conhecimento.

Este trabalho visa o desenvolvimento de especificações a incorporar num SMC de forma a torná-lo bastante flexível. Para processar todos os dados e extrair informações úteis ao gestor da instalação, de forma a implementar ações ou medidas de correção, são necessários indicadores, que vão permitir dar significado à enorme quantidade de dados recolhidos. Serão apresentados indicadores capazes de traduzir os dados recolhidos em informações relevantes para a toma de decisões no âmbito da gestão dos recursos. No âmbito da configuração serão também definidos parâmetros que permitam ao sistema ser facilmente instalado, ajustando-se às características e às necessidades da instalação.

O que distingue os diferentes SMC existentes no mercado são as funcionalidades que os mesmos possuem. Por este motivo irá ser dada uma atenção especial na especificação de funcionalidades e ferramentas que complementem este sistema. Entre estas estão a criação de relatórios personalizados e a existência de alarmes para alertar o utilizador de situações anómalas, assim como, para o incumprimento de metas de redução de consumos. Dado ao elevado volume de dados gerados por estes sistemas existe a necessidade de se efetuar a gestão dos mesmos na base de dados. Esta gestão passa pela compressão e eliminação de dados mantendo, contudo, a qualidade da informação necessária para análise do histórico da instalação.

Por fim irão ser exemplificadas uma parte das funcionalidades e indicadores criados no âmbito desta dissertação através da análise de um estudo de caso, sendo para o efeito utilizados os dados do consumo e produção de energia elétrica do edifício do DEEC na FCTUC. Os dados utilizados são referentes aos anos de 2018 e 2019 tendo uma resolução temporal de 15 minutos.

Palavras-chave: Sistemas de monitorização de consumos, indicadores para sistemas de monitorização de consumos, funcionalidades de um sistema de monitorização de consumos, indicadores energéticos.

ABSTRACT

With the increasing use of electric energy and the scarcity of resources, a more efficient use of resources is needed, especially with the electricity. For this, it is necessary to have knowledge of the use of electrical energy in the installations to increase their efficiency. Consumption monitoring systems (CMS) make it possible to obtain this knowledge.

This work aims to develop specifications to be incorporated in an CMS to make it very flexible. For process all the data and extract useful information to the facility manager, so this one can implement corrective actions or measures, indicators are needed, which will allow to give meaning to the enormous amount of data collected. Indicators capable of translating the collected data into information relevant to decision-making in the field of resource management will be presented. In the context of parameterization will also be defined parameters that allow the system to be easily installed, adjusting to the characteristics and needs of the facility.

What distinguishes the different CMS existing in the market are the features they have. For this reason, special attention will be paid to the specification of features and tools that complement this system. These include the creation of custom reports and the existence of alarms to alert the user of anomalous situations as well as to the non-compliance of consumption reduction targets. Given the high volume of data generated by these systems there is a need to manage them in the database. This management involves the compression and elimination of data, maintaining however, the quality of information needed to analyze the facility history.

Finally, part of the functionalities and indicators created in the scope of this dissertation will be exemplified through the analysis of a case study, and for this purpose the data of consumption and production of electricity from the DEEC building in the FCTUC will be used. The data used refer to the years 2018 and 2019 having a temporal resolution of 15 minutes.

Keywords: Consumption monitoring systems, CMS indicators, CMS functionalities, Energy indicators.

LISTA DE ACRÓNIMOS

C	Cheias
DEEC	Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores
FCTUC	Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
ISO	International Organization for Standardization
OLE	Object Linking and Embedding
OPC	Object Platform Communication
P	Ponta
Pdf	Portable Document Format da Adobe
PLC	Power Line Communicator
QGBT	Quadro Geral de Baixa Tensão
QP	Quadro Parcial
SGBC	Sistema de Gestão de Bases de Dados
SGCIE	Sistemas de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia
SMC	Sistema de Monitorização de Consumos
SMS	Serviço de Mensagens Curtas
SV	Super-Vazio
VN	Vazio Normal

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Descrição	Unidades
$A_{\text{útil}}$	Área útil	m ²
A_{bruta}	Área bruta	m ²
C_C	Tarifa de energia relativa ao comercializador no período horário de cheias	€/kWh
C_P	Tarifa de energia relativa ao comercializador no período horário de pontas	€/kWh
C_{SV}	Tarifa de energia relativa ao comercializador no período horário de super-vazio	€/kWh
C_V	Tarifa de energia relativa ao comercializador no período horário de vazio normal	€/kWh
E_{PV}	Energia elétrica produzida por fontes de produção locais lida pelos contadores a cada 15 minutos	kWh
E_R	Energia proveniente da rede lida pelos contadores a cada 15 minutos	kWh
E_{anoatual}	Valor de energia elétrica total consumida no ano corrente	kWh
E_{anoatual}^*	Valor de energia elétrica total consumida no período homólogo do ano corrente	kWh
E_{ano}^*	Valor total de energia elétrica consumida no ano de referência	kWh
$E_{\text{diáriaexportada}}$	Valor de energia elétrica vendida diariamente á rede.	kWh
$E_{\text{diáriaproduzida}}$	Valor de energia elétrica produzida diariamente na instalação	kWh
E_{out}	Energia elétrica vendida para a rede lida pelos contadores a cada 15 minutos	kWh
$N_{T_{\text{base}}}$	Número de períodos de 15 minutos existentes no período definido como base durante um dia	
N_{dias}	Número de dias do mês correspondente	
$P_{\text{max_definida}}$	Valor de referência para a Potência Máxima	kW

$P_{PV_{pico}}$	Potência de produção local instalada	kWp
$P_{base_{medd}}$	Valor de referência para a Potência Base	kW
$P_{contratada}$	Potência contratada mínima	kW
$P_{instalada}$	Potência Instalada (potência do PT)	kVA
Q_C	Valor de energia elétrica reativa capacitiva consumida lida pelos contadores	kvarh
Q_L	Valor de energia elétrica reativa indutiva consumida lida pelos contadores	kvarh
$T_{horário_{dia}}$	Período de atividade diária diurna	
$T_{horário_{desagre}}$	Postos horários para a desagregação de consumos - matriz semanal	
T_{base}	Período de inatividade diária noturna (cálculo da base do diagrama)	
CPC	Tarifa da potência contratada	€/kW
CPHP	Tarifa da potência média em horas de ponta	€/kW.dia
A	Volume de água consumido lido pelos contadores a cada 15 minutos	m ³
AR_C	Tarifa de energia relativa ao acesso à rede no período horário de cheias	€/kWh
AR_P	Tarifa de energia relativa ao acesso à rede no período horário de pontas	€/kWh
AR_{SV}	Tarifa de energia relativa ao acesso à rede no período horário de super-vazio	€/kWh
AR_V	Tarifa de energia relativa ao acesso à rede no período horário de vazio normal	€/kWh
Ano_{ref}	Ano de referência para motivos de comparação	
$Bens$	Bens produzidos na instalação	
CER_{cap}	Tarifa de energia reativa capacitiva no período de vazio	€/kvarh
CER_{ind}	Tarifa de energia reativa indutiva no período fora de vazio	€/kvarh
$Dias_{laborais}$	Dias da semana com atividade	

E	Energia elétrica consumida lida pelos contadores a cada 15 minutos	kWh
$FCGN$	Fator de conversão para gás natural	kWh/m ³
G	Volume de gás natural lido pelos contadores a cada 15 minutos	m ³
$Meta_{anual}(\%)$	Valor de referência para a Meta de redução de consumo anual	%
$TDSA$	Tarifa de disponibilidade de serviço de água	€/dia
$TEGN$	Tarifa de Escalão de gás natural	€/kWh
$TFAGN$	Tarifa Fixa (comercialização e Acesso) de gás natural	€/dia
TVA	Tarifa volumétrica de água em função do escalão	€/m ³
$Tarifa_{injeção}$	Preço de venda de energia para rede - vetor de 12 valores	€/kWh
$Temp_{BaseI}$	Temperatura no interior do edifício definida como base nos meses de inverno	°C
$Temp_{BaseV}$	Temperatura no interior do edifício definida como base nos meses de verão	°C
$User_{outro}$	Número de utilizadores do edifício	
$User_{trabalhador}$	Número de trabalhadores (<i>Staff</i>)	

ÍNDICE

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract.....	v
Lista de Acrónimos.....	vii
Lista de Símbolos	viii
Índice	xi
Índice de Figuras	xiv
Índice de Tabelas	xvi
Capítulo 1 – Introdução.....	1
1.1 - Objetivos.....	2
1.2 - Estrutura	2
Capítulo 2 – Estado da Arte	3
2.1 - Sistemas de Monitorização de Consumos	3
2.2 – Legislação atual para Sistemas de Monitorização de Consumos	5
2.2.1 - Norma ISO 50001.....	5
2.2.2 - Regulamentos Portugueses	7
2.3 - Indicadores	8
2.4 – Bases de Dados	9
2.5 – Características de SMC Existentes	11
Capítulo 3 – Formulação de Indicadores e Metas	13
3.1 – Parâmetros Caracterizadores da Instalação.....	13
3.1.1 Parâmetros Caracterizadores do Edifício.....	13
3.1.2 Parâmetros Relacionados com o Tarifário.....	14
3.1.3 Parâmetros Relacionados com Padrões/Metas e Alarmes	15
3.2 – Indicadores Primários	16
3.2.1 – Indicadores de Energia Elétrica	17
3.2.2 – Indicadores de Potência	18
3.2.3 – Indicadores de Fluido.....	18
3.3 – Indicadores Secundários	19
3.3.1 – Indicadores de Custos	19

3.3.2	– Indicadores do Sistema de Produção	20
3.3.3	– Indicadores Associados a Dados Meteorológicos	20
3.4	– Indicadores Gerais da Instalação	21
3.4.1	– Indicadores Gerais Anuais da Instalação	21
3.4.2	– Indicadores Gerais Referentes aos Últimos 365 dias.....	25
Capítulo 4	– Especificações a Implementar num SMC.....	29
4.1	– Especificações Técnicas	29
4.1.1	– Sistema Físico	29
4.1.2	– Recolha e Processamento dos Dados.....	30
4.2	– Especificações Funcionais	32
4.2.1	– Parametrização.....	33
4.2.2	– Visualização de Dados.....	33
4.2.3	– Indicadores a Pedido.....	34
4.2.4	– Comparação	35
4.2.5	– Perfis diários e semanais.....	35
4.2.6	– Indicadores Gerais da Instalação	36
4.2.7	– Alarmes	36
4.2.8	– Relatórios e Exportação de Dados	38
4.2.9	– Estado Atual da Instalação (Visualizações/ <i>Dashboard</i>).....	39
4.3	– Gestão da Base de Dados.....	39
Capítulo 5	– Demonstração e Resultados.....	41
5.1	– Análise do Ano de Referência e Construção do Histórico	41
5.2	– Análise Comparativa do Ano 2019.....	45
5.3	– Funcionamento de Alarmes, Metas e Configurações	50
5.3.1	– Estabelecimento de Metas para Redução de Consumos.....	50
5.3.2	– Configurações	52
5.3.3	– Alarmes	54
5.3.4	– Perfis Semanais.....	55
Capítulo 6	– Conclusão e Trabalho Futuro	57
6.1	– Conclusão.....	57
6.2	– Trabalho Futuro	57
Referências	58
Apêndice A	– Descrição dos Indicadores	61
A.1	– Indicadores Primários.....	61

A.1.1	– Indicadores de Energia.....	61
A.1.2	– Indicadores de Potência	66
A.1.3	– Indicadores de Fluido.....	68
A.2	– Indicadores Secundários.....	69
A.2.1	– Indicadores de Custos	69
A.2.2	– Indicadores do Sistema de Produção	73
A.2.3	– Indicadores Associados a Dados Meteorológicos	75
Apêndice B	– Tabelas Referentes à Análise de Dados	76
Anexo	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Componentes de um sistema de monitorização [2].	3
Figura 2.2 - Modelo da metodologia Plan-Do-Check-Act para a Norma ISO 50001 [13].	6
Figura 2.3 - Esquemático da obtenção de indicadores energéticos [8].	9
Figura 2.4 - Diagrama de um SGBD.	10
Figura 2.5 - Comunicação num SMC. Adaptado de Integrating Monitor Status Data, disponível em: https://cogentdatahub.com/integrating-monitor-status-data/	11
Figura 3.1 - Exemplo de uma matriz com a informação dos postos horários relativos à hora legal de inverno.	15
Figura 5.1 - Diagrama do consumo acumulado anual do ano de referência (2018).	41
Figura 5.2 - Diagrama do consumo mensal com a desagregação por postos horários no ano de referência (2018).	42
Figura 5.3 - Potências máximas e médias em cada mês recolhidas no ano de referência.	42
Figura 5.4 - Energia produzida mensalmente no DEEC no ano de referência.	43
Figura 5.5 – Diagrama médio diário da potência produzida no DEEC durante o mês de abril de 2018.	43
Figura 5.6 – Diagrama médio diário dos dias uteis no mês de abril de 2018.	44
Figura 5.7 - Energia ativa e reativa total consumida no DEEC em 2018.	44
Figura 5.8 - Diagrama do consumo anual acumulado para os anos 2018 e 2019.	45
Figura 5.9 - Potência máxima global no DEEC em cada mês nos anos 2018 e 2019.	46
Figura 5.10 - Energia produzida mensalmente no DEEC nos anos de 2018 e 2019.	46
Figura 5.11 – Utilização mensal da potência instalada de produção nos meses de 2018 e 2019.	47
Figura 5.12 - Autossuficiência das instalações do DEEC em cada mês nos anos 2018 e 2019.	47
Figura 5.13 - Potência máxima produzida no DEEC em cada mês nos anos 2018 e 2019.	48
Figura 5.14 - Custos mensais da energia proveniente da rede nos anos de 2018 e 2019.	48

Figura 5.15 - Custos evitados por mês nos anos 2018 e 2019 devido à produção local de energia.	49
Figura 5.16 - Redução percentual do consumo mensal em 2019 face ao consumo no ano de referência.	49
Figura 5.17 - Meta de redução realizada e meta dinâmica no final de cada mês em 2019.	51
Figura 5.18 - Diagrama do consumo anual acumulado realmente obtido para o ano 2019 e o diagrama objetivo com a meta de redução anual de 5%.	52
Figura 5.19 - Potência média de base para o período das 00h às 08h nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril, novembro e dezembro de 2018.	53
Figura 5.20 – Valores máximas, mínimas e médias mensais da potência média diária do período de base de 2018.	53
Figura 5.21 - Potência média diária de base no mês de fevereiro de 2019.	54
Figura 5.22 - Diagrama semanal de consumo global do DEEC no mês de abril de 2019.	55
Figura 5.23 - Diagrama semanal dos consumos desagregados por origem no mês de abril de 2019.	55
Figura 5.24 - Diagrama médio diário dos dias úteis e não úteis para o mês de abril de 2019.	56
Figura 0.1 - Períodos horários definidos pela ERSE.....	86
Figura 0.2 - Tarifas de acesso às redes em média tensão para 2018.	86
Figura 0.3 - Tarifas de acesso às redes em média tensão para 2019	87
Figura 0.4 - Tarifa do comercializador nos anos 2018 e 2019.	87

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Comparação dos sistemas de monitorização de consumos descritos acima.	12
Tabela 3.1 - Parâmetros caracterizadores do edifício.....	13
Tabela 3.2 - Parâmetros relacionados com o tarifário de energia elétrica.....	14
Tabela 3.3 – Parâmetros relacionados com o tarifário de água e gás natural.....	15
Tabela 3.4 - Parâmetros relacionados com padrões/metras e alarmes.....	16
Tabela 3.5 - Indicadores de energia.....	17
Tabela 3.6 - Indicadores de potência.....	18
Tabela 3.7 - Indicadores de fluido.....	18
Tabela 3.8 - Indicadores de custos.....	19
Tabela 3.9 - Indicadores do sistema de produção.....	20
Tabela 3.10 - Indicadores associados a dados meteorológicos.	20
Tabela 3.11 - Indicadores gerais anuais da instalação.....	21
Tabela 3.12 – Indicadores gerais da instalação referentes aos últimos 365 dias.....	25
Tabela 5.1 - Tabela com os consumos para as metas, admitindo o dia atual como 1 de setembro de 2019.....	50
Tabela A.1 - Escalões da energia reativa indutiva.....	63
Tabela B.1 - Energia mensal proveniente da rede nos diferentes postos horários em 2018.	76
Tabela B.2 - Energia mensal produzida localmente no DEEC nos diferentes postos horários em 2018.	76
Tabela B.3 - Energia mensal global consumida no DEEC nos diferentes postos horários em 2018.	77
Tabela B.4 - Energia mensal proveniente da rede nos diferentes postos horários em 2019.	77
Tabela B.5 - Energia mensal produzida localmente no DEEC nos diferentes postos horários em 2019.	78
Tabela B.6 - Energia mensal global consumida no DEEC nos diferentes postos horários em 2019.	78

Tabela B.7 - Energia reativa indutiva faturada mensalmente no DEEC nos diferentes trechos em 2018.....	79
Tabela B.8 - Energia reativa indutiva faturada mensalmente no DEEC nos diferentes trechos em 2019.....	79
Tabela B.9 - Energia reativa capacitiva faturada mensalmente no DEEC em 2018.	80
Tabela B.10 - Energia reativa capacitiva faturada mensalmente no DEEC em 2019. ...	80
Tabela B.11 - Potências máximas e médias mensais provenientes da rede e da produção local registadas no DEEC em 2018.	81
Tabela B.12 - Potências de consumo global registadas mensalmente no DEEC em 2018.	81
Tabela B.13 - Potências máximas e médias mensais provenientes da rede e da produção local registadas no DEEC em 2019.	82
Tabela B.14 - Potências de consumo global registadas mensalmente no DEEC em 2019.	82
Tabela B.15 - Nível de autossuficiência mensal obtida no DEEC nos anos 2018 e 2019.	83
Tabela B.16 - Utilização da potência máxima de produção registada em cada mês nos anos de 2018 e 2019.	83
Tabela B.17 - Custo mensal da compra de energia nas diferentes parcelas em 2018. ...	84
Tabela B.18 - Custo mensal da compra de energia nas diferentes parcelas em 2019. ...	84
Tabela B.19 - Valor da poupança obtida com a energia produzida no DEEC nas diferentes parcelas em 2018.	85
Tabela B.20 - Valor da poupança obtida com a energia produzida no DEEC nas diferentes parcelas em 2019.	85

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

O aumento dos custos com a compra de energia elétrica para uma instalação e a consequente contribuição para o aumento das emissões de gases com efeito de estufa devido a um maior consumo de energia elétrica, têm tornado a monitorização uma prática cada vez mais recorrente, principalmente nos grandes edifícios onde o consumo é relativamente elevado. É importante conhecer, de forma detalhada, os consumos das instalações de modo a rapidamente detetar situações que contribuem para um uso ineficiente dos recursos e que possam ser facilmente corrigidas. A utilização de sistemas de monitorização de energia vai permitir obter um conhecimento mais preciso sobre o consumo de energia elétrica nas instalações e mais próximo do momento em que é feito o consumo.

Estes sistemas, devido à enorme quantidade de dados que são gerados, precisam de boa metodologia de procedimentos para fazer a gestão e armazenamento de dados e, além disso, produzir com eles informação útil e legível tanto para o gestor como para os utilizadores do edifício. De forma a extrair informação útil para o gestor é necessária a definição de indicadores adequados para o tipo de informação que se pretende obter. Há uma grande diversidade de indicadores que podem ser criados, que geram diversas formas de apresentação da informação e, por isso, é necessário a existência de uma interface que permita ao utilizador ter acesso a essa informação de forma simples e rápida. Esta interface também tem de permitir ao utilizador seleccionar que variáveis quer monitorizar, assim como que indicadores quer seleccionar para fazer a análise dos consumos. Em suma é necessário um sistema flexível, interativo, que permita a criação de metas e que se adapte facilmente a uma instalação.

1.1 - Objetivos

Esta dissertação tem como principal objetivo explorar indicadores e definir especificações técnicas e funcionais de funcionalidades a implementar num sistema de monitorização de consumos, de forma a tornar este sistema facilmente adaptável, flexível e com capacidade gerar informação adequada para apoio a uma melhor gestão dos recursos na instalação. Os objetivos específicos desta dissertação são:

- Definição de indicadores e parâmetros para um sistema de monitorização de consumos;
- Especificação detalhada de funcionalidades a implementar no sistema como criação de relatórios, alertas, perfis semanais e gestão da base de dados;
- Demonstração da aplicabilidade dos conceitos e especificações elaboradas no decorrer da dissertação com recurso a um caso de estudo.

1.2 - Estrutura

Esta dissertação está dividida em seis capítulos cujo conteúdo é:

- No capítulo 1 apresenta-se a introdução do tema a estudar assim como os objetivos e a estrutura desta dissertação;
- No capítulo 2 é realizado o levantamento do estado da arte do tema a ser tratado;
- No capítulo 3 são apresentados os indicadores definidos assim como parâmetros necessários a estes;
- No capítulo 4 são definidas especificações funcionais e técnicas das funcionalidades a integrar num sistema de monitorização de consumos;
- No capítulo 5 é demonstrada a aplicabilidade de alguns indicadores e funcionalidades especificadas;
- No capítulo 6 é realizada a conclusão geral e a discussão dos possíveis trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 – ESTADO DA ARTE

Este capítulo tem como objetivo apresentar as principais características de um Sistema de Monitorização de Consumos, a legislação existente para os mesmos, assim como os sistemas já existentes. É dado maior ênfase aos indicadores, ao armazenamento e tratamento dos dados nas bases de dados e das características funcionais que um Sistema de Monitorização de Consumos deve ter.

2.1 – Sistemas de Monitorização de Consumos

De acordo com *Robert Bertolasi*, um sistema de monitorização de consumos é um sistema que tem a capacidade de medir e processar os dados relativos ao consumo em tempo real e fazer a comparação dos mesmos com os valores ideais ou pré-definidos [1].

Um sistema de monitorização de consumos tem muitas componentes. Segundo *Christina J. Hogan, et al.* [2], o sistema de monitorização de consumos tem a seguinte estrutura:

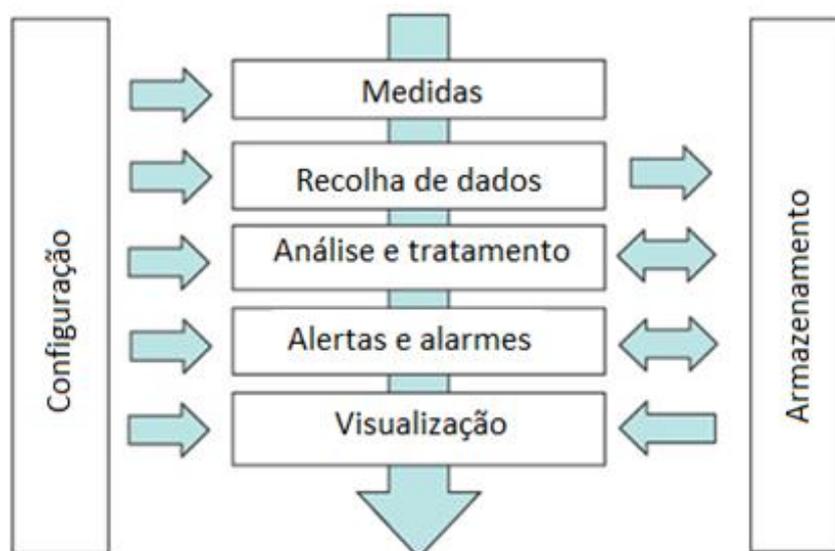


Figura 2.1 - Componentes de um sistema de monitorização [2].

Podemos observar na Figura 2.1 que o sistema de monitorização se pode dividir em três vertentes:

- A vertente das medidas que se vai subdividir em:
 - Medidas a ser recolhidas pelo sistema;
 - Recolha de dados selecionados que vão ser armazenados na base de dados;
 - Análise e tratamento dos dados recolhidos com o objetivo de extrair informação através dos diferentes indicadores escolhidos para o efeito;
 - Alertas e alarmes a gerar pelo sistema para relatar anomalias ou situações que se desviam de padrões estabelecidos pelo gestor;
 - Visualização da informação através de gráficos ou tabelas de forma a dar significado à enorme quantidade de dados gerada.
- A vertente da configuração que vai permitir ao gestor responsável configurar o sistema de monitorização de consumos de acordo com as características e necessidades da instalação como:
 - Quais os dados a recolher e a sua periodicidade;
 - Os alertas a gerar pelo sistema;
 - Tipo de análise e tratamento de dados;
 - A informação a visualizar e o tipo de relatórios a gerar.
- A vertente do armazenamento que guarda os valores medidos e os torna acessíveis pelos restantes componentes, tornando possível a comparação entre diversas grandezas e indicadores associados. O armazenamento é das partes mais exigentes a nível estrutural do sistema devido à enorme quantidade de dados que são gerados nos pontos de medida. Devido a isto é necessária uma boa gestão e compressão da informação nas bases de dados.

A monitorização da energia elétrica fornece informações detalhadas que servem de apoio à toma de decisões por parte do gestor, com vista à melhoria da eficiência energética numa instalação, bem como, na ajuda à localização de pontos problemáticos na mesma.

Um sistema de monitorização de consumos instalado e parametrizado de forma adequada oferece uma maior compreensão sobre o uso dos recursos energéticos da

instalação. Uma análise cuidadosa dos dados gerados pelo sistema de monitorização de consumo pode revelar uma variedade de oportunidades e vantagens como [3]:

- Ambientais: um melhor conhecimento de como a energia elétrica é utilizada, permite a implementação de medidas com o objetivo de melhorar a eficiência energética. A redução dos consumos leva a uma redução da utilização de recursos naturais.
- Económicas: um conhecimento dos consumos de energia, permite uma redução dos mesmos, uma melhoria da eficiência energética e uma redução dos gastos na fatura da eletricidade.
- Políticas: a redução dos consumos e do aumento da eficiência energética resultantes da monitorização, vai ao encontro das políticas e do plano de ação acordado pelos países membros da União Europeia.

2.2 - Legislação atual para Sistemas de Monitorização de Consumos

Atualmente existem diversas normas com diretrizes para a implementação de sistemas de monitorização de consumos e sistemas de gestão de energia. Estas normas servem como guias de apoio e ajudam a uniformizar as diversas tecnologias e sistemas existentes.

2.2.1 - Norma ISO 50001

A norma ISO 50001 é uma norma que dá às organizações os requisitos para sistemas de gestão de consumos. Esta norma tem por objetivo fornecer às organizações estratégias de gestão para aumentar a eficiência energética, reduzir custos e melhorar o desempenho energético. Esta pode ser implementada individualmente ou integrada com outros padrões de sistemas de gestão.

A normalização visa fornecer às organizações uma estrutura reconhecida para integrar o desempenho energético nas suas práticas de gestão. Estas organizações terão acesso a uma norma única e harmonizada para implementar em toda a organização, com uma metodologia lógica e consistente para identificar e implementar melhorias [4].

A norma destina-se a realizar o seguinte [4]:

- Ajudar as organizações a fazer melhor uso dos seus ativos consumidores de energia;
- Criar transparência e facilitar a comunicação sobre a gestão dos recursos energéticos;
- Promover as melhores práticas de gestão de energia e reforçar os bons comportamentos na gestão de energia;
- Auxiliar as instalações na avaliação e priorização da instalação de novas tecnologias mais eficientes;
- Fornecer uma estrutura para promover a eficiência energética por toda a cadeia de valores;
- Facilitar melhorias na gestão de energia de forma a reduzir os gases de efeito de estufa;
- Permitir a integração com outros sistemas de gestão organizacional, como o meio ambiente, saúde e segurança.

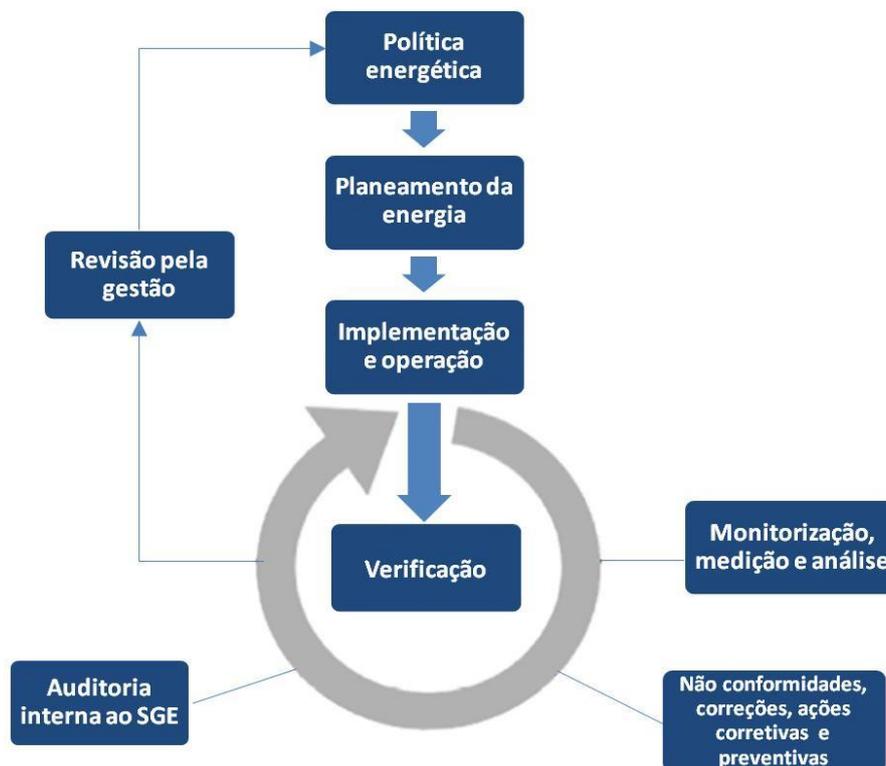


Figura 2.2 - Modelo da metodologia Plan-Do-Check-Act para a Norma ISO 50001 [13].

A norma ISO 50001 segue o processo de Plan-Do-Check-Act (PDCA) de forma a melhorar continuamente o sistema de gestão de energia. A monitorização é essencial

para que se possa avaliar a eficácia das medidas implementadas assim como fornecer dados para fazer alterações nas mesmas. A Figura 2.2 mostra um esquema deste processo. Esta norma fornece uma estrutura de requisitos que permite às organizações [4]:

- Desenvolver uma medida para um uso mais eficiente de energia;
- Fixar metas e objetivos para cumprir a medida;
- Usar dados para compreender melhor e tomar decisões relacionadas com o uso e consumo de energia;
- Medir os resultados;
- Analisar a eficácia da medida;
- Melhorar continuamente a gestão de energia.

Os sistemas de monitorização de consumos são uma peça vital na implementação bem-sucedida de um sistema de gestão de energia, uma vez que permitem a obtenção, processamento e análise de dados que vão ser relevantes para assegurar o cumprimento de vários requisitos da Norma ISO 50001, com particular ênfase para os seguintes:

- Avaliação energética inicial;
- Consumo energético de referência;
- Indicadores de desempenho energético;
- Objetivos, metas e planos de ação;
- Controlo operacional;
- Monitorização, medição e análise.

2.2.2 - Regulamentos Portugueses

O Sistema de Gestão de Consumos Intensivos de Energia (SGCIE - Decreto-Lei n.º 71/2008 de 15 de abril) tem como objetivo promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos das instalações consumidoras intensivas de energia (CIE). O SGCIE aplica-se às instalações CIE com consumo anual igual ou superior a 500 tep (tonelada equivalente de petróleo). Este diploma define quais as instalações consideradas CIE e vem revogar o antigo Regulamento da Gestão do Consumo de Energia. O Decreto-Lei da criação do SGCIE foi já alterado pela Lei n.º 7/2013, de 22 de janeiro, e pelo Decreto-Lei n.º 68-A/2015, de 30 de abril [5].

O Sistema de Certificação Energética (SCE) é um regulamento que estabelece regras de projeto, construção, operação e manutenção de edifícios de comércio e serviços

e seus sistemas técnicos, bem como os requisitos para a caracterização do seu desempenho, no sentido de promover a eficiência energética e a qualidade do ar interior. Este regulamento estabelece que o desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços que estão em funcionamento deve ser avaliado periodicamente com vista a identificação de oportunidades de redução de consumos específicos. Estabelece também a obrigatoriedade de fazer uma avaliação energética periódica com vista à identificação e implementação de medidas de eficiência energética [6].

2.3 - Indicadores

G. Gallopin define indicadores como: “Variáveis que resumizam ou simplificam informações relevantes, tornam visíveis ou perceptíveis os fenómenos de interesse e quantificam, medem e comunicam informações relevantes” [7].

Os indicadores possuem assim um papel fundamental nos sistemas de monitorização de consumos, pois permitem estabelecer uma comparação entre os dados recolhidos localmente com os dados de referência ou pré-definidos pelo gestor.

O desenvolvimento de indicadores é segundo a EPISCOPE um processo com duas etapas [8]:

- Monitorização: dados fiáveis devem ser adquiridos e atualizados regularmente. As informações básicas são caracterizadas como Indicadores de monitorização.
- Análise do Cenário: um modelo de base da instalação é estabelecido assim como uma análise de possíveis desenvolvimentos futuros da mesma. Os indicadores de cenário descrevem as suposições básicas e os resultados mais importantes.

A primeira etapa é a mais importante pois tem de se perceber o quão fiáveis são os dados a ser recolhidos e em caso de deficiência dos mesmos, como é que os podemos melhorar. A Figura 2.3 mostra o esquema básico de como devem ser obtidos os indicadores.

Os indicadores de monitorização fornecem uma base de dados fiável que permitem a criação de um modelo base, quando acompanhados das suposições do modelo para fecharem falhas da informação. Os indicadores de estado e de tendência, descrevem o estado atual do sistema, assim como a tendência de evolução do mesmo para o futuro.

Estes incluem o estado estrutural do sistema, como a informação sobre o estado do mesmo num determinado momento (Indicadores de Estado) assim como a tendência evolutiva do mesmo para um determinado período (Indicadores de tendência) [8].

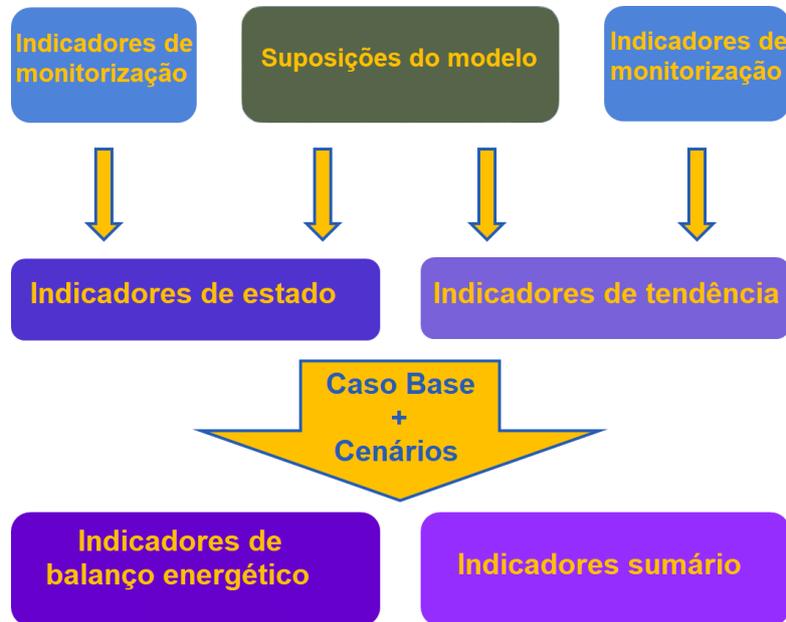


Figura 2.3 - Esquemático da obtenção de indicadores energéticos [8].

A escolha dos indicadores é uma das partes mais importantes no processo de análise e tratamento dos dados recolhidos, como tal é necessária a existência de critérios que devem ser considerados aquando da escolha dos mesmos [9]:

- Claros – precisos e inequívocos;
- Relevantes – deve ser relevante para o tema;
- Económicos – conseguidos a um custo apropriado;
- Adequados – servir para avaliar o desempenho;
- Monitorizáveis – fácil de validar ou de verificar.

2.4 – Bases de Dados

A base de dados é o componente mais importante de um Sistema de Monitorização de Consumos (SMC). Uma base de dados é um local onde pode ser guardada informação. A informação pode ser consultada, alterada, apagada, na totalidade ou parcialmente, através de uma aplicação conhecida como Sistema de Gestão de Base de Dados (SGBD) [10].

A utilização de um SGBD tem diversas vantagens, como: resposta rápida aos pedidos de informação, os dados podem ser acedidos de diferentes maneiras, flexibilidade, integridade de informação ao não permitir redundância, assegura que os utilizadores não tenham acesso a mais informação do que aquela a que lhes é permitido aceder. Alguns dos SGBD mais utilizados são: PostgreSQL, MySQL, Oracle, SQL-Server, TinySQL, JADE e o Microsoft Access.

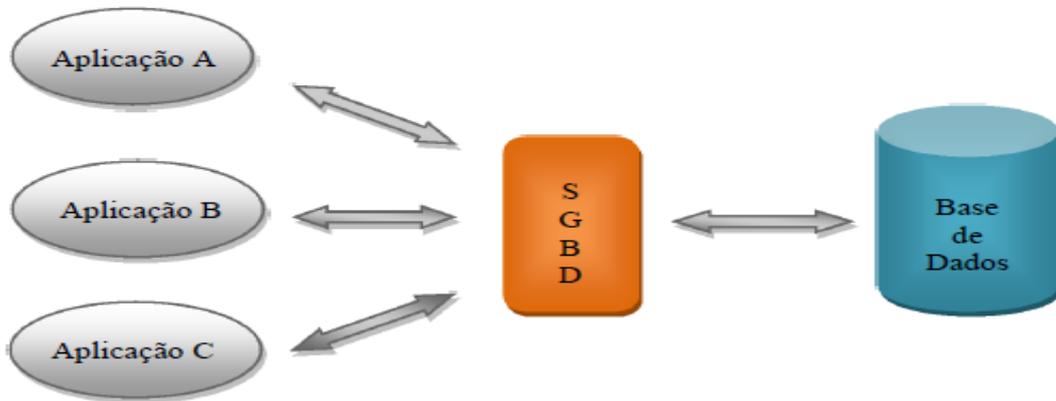


Figura 2.4 - Diagrama de um SGBD.

Uma base de dados pode ter diversos modelos que definem como a informação é organizada internamente. O modelo mais comum é o modelo relacional, em que os dados numa tabela são relacionados com os dados noutra tabela através de atributos comuns entre as tabelas [10].

De forma a evitar problemas como a duplicação ou a perda de dados, é necessário que o conjunto de esquemas de dados passem por um processo de normalização. A normalização é o processo que identifica a localização correta de cada atributo e a estrutura correta das tabelas existentes numa base de dados. Se uma tabela está mais normalizada isso significa que tem menos dados redundantes [11].

Os dados que vão ser recolhidos e armazenados na base de dados provêm de diversos equipamentos diferentes e de diferentes fabricantes. A compatibilidade destes com o sistema é assegurada através do protocolo de comunicação *Object Platform Communication* (OPC) que permite o intercâmbio seguro e fiável de dados no sistema. O padrão OPC é uma série de especificações que definem a interface entre clientes e servidores e entre servidores e servidores, incluindo acesso a dados em tempo real, monitorização de alarmes e eventos, acesso a dados anteriores e outras aplicações. As

vantagens da utilização de um standard OPC são a redução da carga do hardware e o aumento da estabilidade do sistema [12].

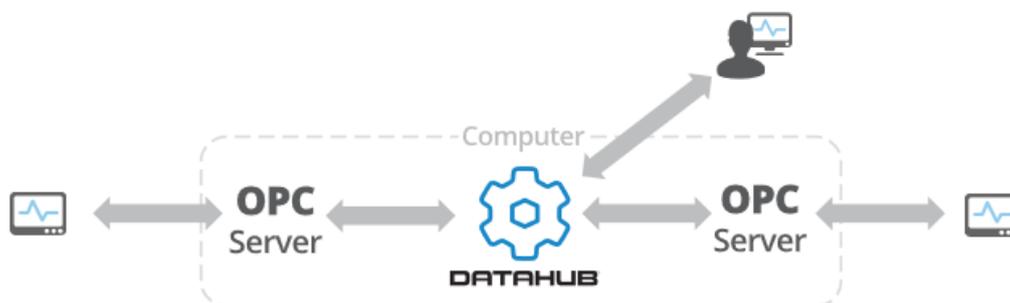


Figura 2.5 - Comunicação num SMC. Adaptado de Integrating Monitor Status Data, disponível em: <https://cogentdatahub.com/integrating-monitor-status-data/>

2.5 – Características de SMC Existentes

Devido à necessidade de monitorizar e controlar os consumos, surgiram no mercado diversos sistemas de monitorização de consumos. Cada uma destas soluções tem características diferentes e nem todas dão resposta às necessidades de cada instalação. Sendo assim, aquando da seleção de um SMC estes devem, de preferência, incluir o cumprimento dos seguintes requisitos [13]:

- Permitir a análise dos consumos de energia, fornecendo a cada instalação o acesso ao seu perfil de consumo;
- Permitir o acompanhamento das tendências dos consumos e custos, e estabelecimento de uma relação entre os mesmos e os equipamentos, processos e procedimentos;
- Fornecer toda a informação relevante de cada sector, por forma a permitir reduzir consumos de energia;
- Permitir conhecer os consumos específicos, permitindo desta forma o benchmarking interno;
- Permitir a alocação dos custos energéticos de forma detalhada por sector;
- Disponibilizar os dados em tempo real, com acesso fácil e rápido via Web;
- Disponibilizar relatórios pré-definidos;
- Permitir elaborar um número ilimitado de painéis (*dashboards*) personalizados pelo utilizador;
- Possibilidade de facilmente identificar as melhores práticas que possam ser adotadas;

- Permitir a procura contínua de uma operação a custos otimizados, e simultaneamente permitindo um impacto positivo sobre o ambiente;
- Garantir os seguintes vetores: Flexibilidade, Adaptabilidade e Acessibilidade via Web.

Atualmente existem no mercado uma variedade de sistemas de monitorização de consumos. As especificações de alguns vão ser descritas abaixo. A Tabela 2.1 permite fazer uma comparação entre os sistemas descritos abaixo, acerca das características mais importantes.

Sistema Wi-LEM [14]

O Sistema Wi-LEM é uma solução de monitorização sem fios, de fácil instalação. Com o sistema Wi-LEM é possível monitorizar rapidamente todos os consumos de energia elétrica sem ser necessário a criação de infraestruturas.

Sistema eMonitor [15]

O eMonitor é um sistema de monitorização flexível que permite manter um histórico dos consumos (eletricidade, gás e água) do edifício, dos respetivos custos associados e das variáveis ambientais (por exemplo a temperatura). Caracteriza-se essencialmente pela sua flexibilidade de instalação, adaptando-se facilmente ao edifício.

***Optimal Monitoring System* [16]**

O *Optimal Monitoring System* é um sistema que possibilita aos utilizadores a construção de relatórios de acordo com as suas necessidades. O sistema possibilita o envio de relatórios por email, painéis de visualização de dados, envio de alertas por mensagem, por correio eletrónico, bem como uma aplicação para dispositivos móveis onde possibilita a visualização dos dados.

Tabela 2.1 - Comparação dos sistemas de monitorização de consumos descritos acima.

Parâmetros	Wi-Lem	eMonitor	Optimal Monitoring System
Funcionalidades de automação		X	
Integração apenas com equipamento próprio	X	X	X
Gestão centralizada de edifícios	X		X
Monitorização de múltiplos pontos de leitura	X	X	X
Elaboração de relatórios			X
Análise detalhada de consumos e custos		X	X
Notificação de alarmes personalizados		X	X

CAPÍTULO 3 – FORMULAÇÃO DE INDICADORES E METAS

Este capítulo tem como objetivo definir uma lista variada de indicadores e respetivos padrões para utilizar num Sistema de Monitorização de Consumos, assim como uma lista de parâmetros caracterizadores da instalação.

3.1 – Parâmetros Caracterizadores da Instalação

3.1.1 Parâmetros Caracterizadores do Edifício

A Tabela 3.1 apresenta uma lista parâmetros caracterizadores do edifício. A definição destes parâmetros é explícita, sendo, no entanto, dada mais explicações para os períodos de atividade e de inatividade.

Tabela 3.1 - Parâmetros caracterizadores do edifício.

Parâmetro	Acrónimo
Área bruta (m ²)	A_{bruta}
Área útil (m ²)	$A_{útil}$
Número de trabalhadores (<i>Staff</i>)	$User_{trabalhador}$
Número de utilizadores do edifício	$User_{outro}$
Dias da semana com atividade	$Dias_{laborais}$
Período de atividade diária diurna	$T_{horário_{dia}}$
Período de inatividade diária noturna (cálculo da base do diagrama)	T_{base}
Potência Instalada (kVA) (potência do PT)	$P_{instalada}$
Potência contratada mínima (kW)	$P_{contratada}$
Potência de produção local instalada (kWp)	$P_{PV_{pico}}$
Bens produzidos na instalação	$Bens$

Período de atividade diurna

O período de atividade das instalações considera o período normal onde que há atividade no edifício. Deve ser possível atribuir períodos diferenciados para cada dia da semana.

Período de inatividade noturna (cálculo da base do diagrama)

A definição do período de inatividade noturna do edifício, não deve ser considerado como o período complementar do período de atividade, mas sim corresponder ao período do dia em que a atividade é reduzida ao mínimo, por exemplo o

período das 2:00 às 7:00. O objetivo de definir este período é para calcular a potência de base do edifício, correspondente aos equipamentos que ficam permanentemente ligados.

3.1.2 Parâmetros Relacionados com o Tarifário

A Tabela 3.2 é referente a parâmetros relacionados com o tarifário contratualizado com a comercializadora de energia elétrica. Estes parâmetros estão definidos de forma explícita, sendo, no entanto, dada uma explicação mais detalhada sobre os postos horários para a desagregação dos consumos e o preço de venda de energia para a rede. A Tabela 3.3 por sua vez é referente aos parâmetros relacionados com os tarifários contratualizados com as comercializadoras de água e de gás natural.

Tabela 3.2 - Parâmetros relacionados com o tarifário de energia elétrica.

Parâmetro	Acrónimo
Postos horários para a desagregação de consumos - matriz semanal	$T_{horário_desagre}$
Preço de venda de energia para rede - vetor de 12 valores (€/kWh)	$Tarifa_{injeção}$
Tarifa da potência contratada (€/kW.dia)	CPC
Tarifa da potência média em horas de ponta (€/kW.dia)	CPHP
Tarifa de energia reativa indutiva no período fora de vazio (€/kvarh)	CER_{ind}
Tarifa de energia reativa capacitiva no período de vazio (€/kvarh)	CER_{cap}
Tarifas de energia por posto horário – Acesso à rede	Tarifa
Preço do período horário de super-vazio (SV)	AR_{SV}
Preço do período horário de vazio normal (VN)	AR_V
Preço do período horário de cheias (C)	AR_C
Preço do período horário de pontas (P)	AR_P
Tarifas de energia por posto horário – Comercializador	Tarifa
Preço do período horário de super-vazio	C_{SV}
Preço do período horário de vazio normal	C_V
Preço do período horário de cheias	C_C
Preço do período horário de pontas	C_P

Postos horários para a desagregação de consumos

Os postos horários para a desagregação de consumos podem ser considerados como uma matriz semanal em que cada dia tem uma resolução de 15min. Para cada intervalo é atribuído um período horário (SV, VN, P e C). De acordo com o período de hora legal a definição destes períodos é diferente, assim há a necessidade de definir duas matrizes que, associadas à lista de feriados do ano permitirão definir a atribuição dos períodos horários para o ano inteiro. Ou seja, permitem gerar um vetor de 35040 valores codificados por ano (35136 para ano bissexto), cada valor atribui um posto horário a cada intervalo de 15 minutos.

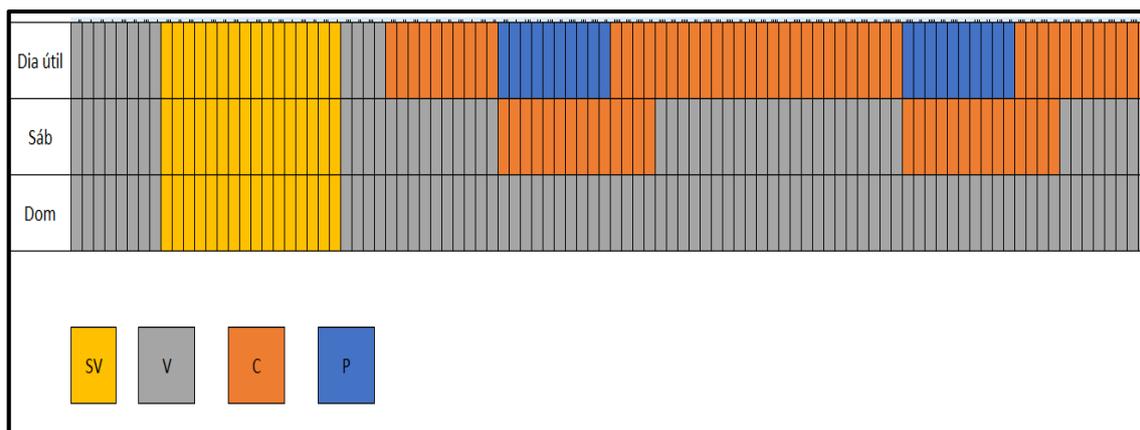


Figura 3.1 - Exemplo de uma matriz com a informação dos postos horários relativos à hora legal de inverno.

Preço de venda de energia

O preço de venda de energia, correspondente à energia injetada na rede, pode variar todos os meses, logo este parâmetro deve ser um vetor com 12 valores, um para cada mês do ano.

Tabela 3.3 – Parâmetros relacionados com o tarifário de água e gás natural.

Parâmetro	Acrónimo
Tarifa Fixa (comercialização e Acesso) de gás natural (€/dia)	<i>TFAGN</i>
Fator de conversão para gás natural (kWh/m ³)	<i>FCGN</i>
Tarifa de Escalão de gás natural (€/kWh)	<i>TEGN</i>
Tarifa de disponibilidade de serviço de água (€/dia)	<i>TDSA</i>
Tarifa volumétrica de água (€/m ³) em função do escalão	<i>TVA</i>

3.1.3 Parâmetros Relacionados com Padrões/Metas e Alarmes

A Tabela 3.4 contém lista de valores padrão que serão usados como referência na comparação com os valores de diversos indicadores que o sistema vai calcular. São valores que o gestor do sistema pode mudar sempre que achar necessário. Devido ao número elevado de indicadores, que o gestor possa achar conveniente selecionar, este pode criar um valor padrão para cada indicador a fim de serem usados na ativação de alarmes. Ficam assim estes parâmetros em aberto para posterior adição por parte do gestor.

Os valores finais dos indicadores do ano de referência passam a funcionar como valores de referência para muitos dos indicadores do ano corrente.

Tabela 3.4 - Parâmetros relacionados com padrões/metast e alarmes.

Parâmetro	Acrônimo
Ano de referência para motivos de comparação	Ano_{ref}
Valor de referência para a Potência Máxima (kW)	$P_{max_definida}$
Valor de referência para a Meta de redução de consumo anual (%)	$Meta_{anual}(\%)$
Valor de referência para a Potência Base (kW)	$P_{base_{med,d}}$
Temperatura base (Inverno) (°C)	$Temp_{Base_I}$
Temperatura base (Verão) (°C)	$Temp_{Base_V}$
Valores de referência a atribuir a indicadores selecionados pelo Gestor	...

Meta de redução anual

Consiste na definição de uma meta objetivo estabelecida pelo gestor do sistema, representando a redução percentual do consumo de energia relativamente ao consumo do ano de referência.

3.2 – Indicadores Primários

Os indicadores têm um papel fundamental num SMC pois como foi referido anteriormente permitem extrair informação dos dados recolhidos localmente e fazer comparação com valores de referência. Têm também a função de comprimir informações resultantes de grandes quantidades de dados recolhidos pelo sistema, sem grande perda de informação útil, para o gestor poder tomar decisões e avaliar os processos que está a monitorizar.

Os indicadores podem ser agrupados de diversas formas, de forma a indicar o tipo de informação que pretendem caracterizar. Assim, os indicadores estão agrupados consoante a grandeza física e unidade de medida usada. Estes grupos são os indicadores primários que contêm os indicadores de energia elétrica, indicadores de potência elétrica e os indicadores de fluidos (água, gás, ...). O cálculo destes resultam da manipulação direta de dados recolhidos pelo sistema. Os indicadores secundários por sua vez contêm indicadores cujo cálculo depende dos indicadores primários, já que são calculados a partir destes. Neste grupo estão inseridos os indicadores de custo, os indicadores do sistema de produção e os indicadores associados a dados meteorológicos. Por fim temos os indicadores gerais da instalação que agrupam os indicadores com a informação geral da instalação. A definição dos indicadores definidos abaixo está disponível no Apêndice A. Indicadores referentes ao período temporal corrente ainda não completado contêm o valor obtido até ao momento, assim podem-se obter indicadores com os valores atuais e atualizados a cada 15 minutos.

Os valores de base usados para o cálculo dos indicadores de consumos são valores recolhidos a cada 15 minutos de energia elétrica, para eletricidade ou volume de consumo para outras grandezas, como por exemplo água em litros. Vão ser recolhidos 96 valores diários (24x4) ao longo dos 365 dias do ano, totalizando os 35040 valores anuais.

Cada contador vai ter uma etiqueta associada, de forma a indicar aquilo que estará a medir, assim como, que indicadores vão ser calculados com a informação recolhida pelo mesmo. Cada contador vai recolher dados referentes a diferentes grandezas de fontes diferentes. Uns contadores vão medir a energia produzida por fontes de produção local, outros a energia consumida, podendo ser a energia global da instalação ou uma fração localizada num ponto da mesma. As especificações sobre este assunto vão ser descritas no capítulo seguinte.

3.2.1 – Indicadores de Energia Elétrica

Estes indicadores poder ser associadas tanto a postos de contagem de consumo como de produção de energia elétrica. As definições dos indicadores de energia descritos na Tabela 3.5 estão no Apêndice A.1.1.

Tabela 3.5 - Indicadores de energia.

Indicador	Acrónimo	Unidade
Energia diária do dia d	$E_{diária}$	kWh
Energia diária do dia d durante o período horário de Super Vazio	$E_{diária_{SV}}$	kWh
Energia diária do dia d durante o período horário de Vazio Normal	$E_{diária_V}$	kWh
Energia diária do dia d durante o período horário de Cheia	$E_{diária_C}$	kWh
Energia diária do dia d durante o período horário de Ponta	$E_{diária_P}$	kWh
Energia diária reativa indutiva fora de vazio	$ER_{diária_{ind_{FV}}}$	kvarh
Energia diária reativa capacitiva durante o vazio	$ER_{diária_{cap_{DV}}}$	kvarh
Energia diária reativa indutiva faturada	$ER_{diária_{fatura}}$	kvarh
Energia mensal do mês m	E_{mensal}	kWh
Energia mensal do mês m durante o período horário de Super Vazio	$E_{mensal_{SV}}$	kWh
Energia mensal do mês m durante o período horário de Vazio	E_{mensal_V}	kWh
Energia mensal do mês m durante o período horário de Cheia	E_{mensal_C}	kWh
Energia mensal do mês m durante o período horário de Ponta	E_{mensal_P}	kWh
Energia anual do ano a	E_{ano}	kWh
Energia anual durante o período horário de Super Vazio	$E_{anos_{SV}}$	kWh
Energia anual durante o período horário de Vazio	E_{anos_V}	kWh
Energia anual durante o período horário de Cheia	E_{anos_C}	kWh
Energia anual durante o período horário de Ponta	E_{anos_P}	kWh

3.2.2 – Indicadores de Potência

As definições dos indicadores de potência descritos na Tabela 3.6 estão disponíveis no Apêndice A.1.2.

Tabela 3.6 - Indicadores de potência.

Indicador	Acrônimo	Unidade
Potência máxima diária do dia d	$P_{max\,diária}$	kW
Potência máxima mensal do mês m	$P_{max\,mensal}$	kW
Potência máxima anual do ano a	$P_{max\,anual}$	kW
Potência máxima diária produzida	$P_{max\,diária\,PV\,ON}$	kW
Potência máxima mensal produzida	$P_{max\,mensal\,PV\,ON}$	kW
Potência máxima anual produzida	$P_{max\,anual\,PV\,ON}$	kW
Potência mínima diária do dia d	$P_{min\,diária}$	kW
Potência mínima mensal do mês m	$P_{min\,mensal}$	kW
Potência mínima anual do ano a	$P_{min\,anual}$	kW
Potência média diária de base (período sem atividade)	$P_{diária\,base}$	kW
Potência média mensal de base (período sem atividade)	$P_{mensal\,base}$	kW
Potência média anual de base (período sem atividade)	$P_{anual\,base}$	kW

3.2.3 – Indicadores de Fluido

As definições dos indicadores de fluidos descritos na Tabela 3.7 estão disponíveis no Apêndice A.1.3.

Tabela 3.7 - Indicadores de fluido

Indicador	Acrônimo	Unidade
Consumo de água diário do dia d	$Agua_{diário}$	m ³
Consumo de água mensal do mês m	$Agua_{mensal}$	m ³
Consumo de água anual do ano a	$Agua_{ano}$	m ³
Taxa de consumo diário de água no período de base	$Agua_{diário\,base}$	l/h
Consumo de gás natural diário do dia d	$GN_{diário}$	kWh, m ³
Consumo de gás natural mensal do mês m	GN_{mensal}	kWh, m ³
Consumo de gás natural anual do ano a	GN_{ano}	kWh, m ³
Taxa de consumo diário de gás natural no período de base	$GN_{diário\,base}$	kW, m ³ /h

3.3 – Indicadores Secundários

Estes indicadores dependem do cálculo dos indicadores primários como é o caso dos indicadores de custos e de eficiência. Os ambientais não dependem dos primários, mas por motivos de organização estão incluídos neste grupo.

3.3.1 – Indicadores de Custos

As definições dos indicadores de custos descritos na Tabela 3.8 estão disponíveis no Apêndice A.2.1.

Tabela 3.8 - Indicadores de custos.

Indicador	Acrónimo	Unidade
Custo diário da energia reativa indutiva	€ _{diário_{ind}}	€
Custo diário da energia reativa capacitiva	€ _{diário_{cap}}	€
Custo diário de energia no dia <i>d</i> do mês <i>m</i> do ano <i>a</i> (<i>aaaa,mm,dd</i>)	€ _{diário}	€
Custo mensal de energia durante o período de Super Vazio	€ _{mensal_{SV}}	€
Custo mensal de energia durante o período de Vazio Normal	€ _{mensal_V}	€
Custo mensal de energia durante o período de Cheias	€ _{mensal_C}	€
Custo mensal de energia durante o período de Ponta	€ _{mensal_P}	€
Custo mensal da potência média em horas de ponta	€ _{mensal_{HP}}	€
Custo mensal da potência contratada	€ _{mensal_{PC}}	€
Custo mensal da energia reativa indutiva	€ _{mensal_{ind}}	€
Custo mensal da energia reativa capacitiva	€ _{mensal_{cap}}	€
Custo mensal de energia no mês <i>m</i> do ano <i>a</i>	€ _{mensal}	€
Custo médio por kWh no mês <i>m</i> do ano <i>a</i>	€ _{medio_{mensal/kwh}}	€/kWh
Custo anual de energia no ano <i>a</i>	€ _{anual}	€
Custo médio por kWh no ano <i>a</i>	€ _{medio_{ano/kwh}}	€/kWh
Custo diário de gás natural no dia <i>d</i> do mês <i>i</i> do ano <i>a</i> (<i>aaaa,mm,dd</i>)	€ _{diário_{Gás}}	€
Custo mensal de gás natural no mês <i>m</i>	€ _{mensal_{Gás}}	€
Custo anual de gás natural no ano <i>a</i>	€ _{ano_{Gás}}	€
Custo diário de água no dia <i>d</i> do mês <i>m</i> do ano <i>a</i> (<i>aaaa,mm,dd</i>)	€ _{diário_{Água}}	€
Custo mensal de água do mês <i>m</i> do ano <i>a</i>	€ _{mensal_{Água}}	€
Custo anual de água do ano <i>a</i>	€ _{ano_{Água}}	€

3.3.2 – Indicadores do Sistema de Produção

As definições dos indicadores de eficiência descritos na Tabela 3.9 estão disponíveis no Apêndice A.2.2.

Tabela 3.9 - Indicadores do sistema de produção.

Indicador	Acrónimo	Unidade
Utilização diária da potência instalada de produção	$UPM_{diária}(\%)$	% e h
Autossuficiência da instalação no mês m	AS_{mensal}	%
Utilização mensal da potência instalada de produção no mês m	$UPM_{mensal}(\%)$	% e h
Autossuficiência da instalação no ano a	AS_{ano}	%
Utilização anual da potência instalada de produção no ano a	$UPM_{ano}(\%)$	% e h

3.3.3 – Indicadores Associados a Dados Meteorológicos

As definições dos indicadores ambientais definidos na Tabela 3.10 estão disponíveis no Apêndice A.2.3.

Tabela 3.10 - Indicadores associados a dados meteorológicos.

Indicador	Acrónimo	Unidades
Temperatura máxima externa do edifício (Valor diário)	$Temp_{outmax}$	°C
Temperatura média externa do edifício (Valor diário)	$Temp_{outmed}$	°C
Temperatura mínima externa do edifício (Valor diário)	$Temp_{outmin}$	°C
Temperatura máxima interna do edifício (Valor diário)	$Temp_{inmax}$	°C
Temperatura média interna do edifício (Valor diário)	$Temp_{inmed}$	°C
Temperatura mínima interna do edifício (Valor diário)	$Temp_{inmin}$	°C
Graus dias de aquecimento mensal	$GD_{AQmês}$	°dia
Graus dias de aquecimento anual	GD_{AQano}	°dia
Graus dias de arrefecimento mensal	$GD_{ARmês}$	°dia
Graus dias de arrefecimento anual	GD_{ARano}	°dia
Humidade relativa externa do edifício	ϕ_{out}	%
Humidade relativa do interior do edifício	ϕ_{in}	%
Nebulosidade diária	$Nebulosidade$	

3.4 – Indicadores Gerais da Instalação

Estes indicadores englobam os consumos gerais da instalação, indicadores de consumo específico e metas de redução de consumos, bem como indicadores associados à de produção de energia integrada na instalação. Dada a importância dos mesmos estão definidos neste grupo de forma a estarem sempre disponíveis para a consulta.

3.4.1 – Indicadores Gerais Anuais da Instalação

O cálculo destes indicadores pode referir-se a um ano completo já finalizado como ao ano corrente, obtendo assim indicadores com os valores atuais e atualizados a cada 15 minutos. Estes indicadores estão definidos na Tabela 3.11.

Tabela 3.11 - Indicadores gerais anuais da instalação.

Indicador	Acrónimo	Unidades
Ano de referência (a_n)	a_n	--
Consumo anual do edifício	$Cons_{anual}$	kWh
Produção anual no edifício	$Prod_{anual}$	kWh
Utilização da potência instalada de produção	UPI_{Prod}	h e %
Injeção (venda) de energia na rede	$E_{exportada}$	kWh e %
Produção anual usada para autoconsumo no edifício	$Prod_{Consano}$	kWh e %
Nível anual de autossuficiência	ASI_{anual}	%
Varição do consumo ($a_n - a_{n-1}$)	Var_{Cons}	kWh e %
Varição da produção ($a_n - a_{n-1}$)	Var_{Prod}	kWh e %
Consumo anual do ano a por área útil	$Cons_{anual/área}$	kWh/m ²
Consumo anual do ano a por utilizador	$Cons_{anual/user}$	kWh/pessoa
Consumo anual do ano a por bens produzidos	$Cons_{anual/bens}$	kWh/unidades
Fator de carga do ano	FC_{ano}	%
Consumo anual de água do edifício	$Agua_{anual}$	m ³
Consumo anual de água do ano a por área útil	$Agua_{anual/area}$	m ³ /m ²
Consumo anual de água do ano a por utilizador	$Agua_{anual/user}$	m ³ /pessoa
Consumo anual de água do ano a por bens produzidos	$Agua_{anual/bens}$	m ³ /unidades
Consumo anual de gás natural do edifício	GN_{anual}	m ³
Consumo anual de gás natural do ano a por área útil	$GN_{anual/area}$	m ³ /m ²
Consumo anual de gás natural do ano a por utilizador	$GN_{anual/user}$	m ³ /pessoa
Consumo anual de gás natural do ano a por bens produzidos	$GN_{anual/bens}$	m ³ /unidades

Consumo anual do edifício

Apresenta o consumo anual global da instalação em kWh.

$$Cons_{anual} = \sum_{j=1}^{365} \sum_{i=1}^{96} E_{i,j} \quad (3.1)$$

Produção anual do edifício

Apresenta a produção anual global da instalação em kWh.

$$Prod_{anual} = \sum_{j=1}^{365} \sum_{i=1}^{96} E_{PV_{i,j}} \quad (3.2)$$

Utilização da potência instalada de produção

Indica a percentagem de energia que foi produzida comparada à que poderia ter sido produzida à potência de pico instalada.

$$UPI_{Prod} (\%) = \frac{Prod_{anual}}{P_{PV_{pico}} * 24 * 365} * 100 \quad (3.3)$$

Injeção (venda) de energia na rede

Apresenta a energia anual global da instalação que foi vendida á rede em kWh e em %.

$$E_{exportada} = \sum_{j=1}^{365} \sum_{i=1}^{96} E_{out_{i,j}} \quad (3.4)$$

$$E_{exportada}(\%) = \frac{\sum_{j=1}^{365} \sum_{i=1}^{96} E_{out_{i,j}}}{Prod_{anual}} \quad (3.5)$$

Produção anual usada para autoconsumo no edifício

Apresenta a produção anual global da instalação que foi consumida localmente em kWh e em %

$$Prod_{Cons_{ano}} = Prod_{anual} - E_{exportada} \quad (3.6)$$

$$Prod_{Cons_{ano}}(\%) = \frac{Prod_{anual} - E_{exportada}}{Prod_{anual}} \quad (3.7)$$

Nível anual de autossuficiência

Indica a percentagem do consumo anual da instalação que foi proveniente da produção local de energia.

$$ASI (\%) = \frac{Prod_{anual} - E_{exportada}}{Cons_{anual}} * 100 \quad (3.8)$$

Variação do consumo ($a_n - a_{n-1}$)

Indica a variação do consumo anual relativamente ao ano anterior. Este pode ser expresso em kWh ou em percentagem.

$$Var_{Cons} (\%) = \frac{Cons_{anual_n} - Cons_{anual_{n-1}}}{Cons_{anual_{n-1}}} \quad (3.9)$$

Variação da produção ($a_n - a_{n-1}$)

Indica a variação da produção anual relativamente ao ano anterior. Este pode ser expresso em kWh ou em percentagem.

$$Var_{Prod} (\%) = \frac{Prod_{anual_n} - Prod_{anual_{n-1}}}{Prod_{anual_{n-1}}} \quad (3.10)$$

Consumo anual do ano a por área útil

Apresenta o consumo anual do ano á escolha por área da instalação, é expresso em kWh/m².

$$Cons_{anual/area} = \frac{E_{ano_a}}{Área_{util}} \quad (3.11)$$

Consumo anual do ano a por utilizador

Apresenta o consumo anual do ano á escolha por número de utilizadores da instalação, é expresso em kWh/pessoas.

$$Cons_{anual/user} = \frac{E_{ano_a}}{User_{trabalhador} + User_{outro}} \quad (3.12)$$

Consumo anual do ano a por bens produzidos

Apresenta o consumo anual de energia elétrica do ano á escolha por número de bens produzidos na instalação, é expresso em kWh/unidades. Estas unidades produzidas podem ser qualquer bem ou serviço produzido.

$$Cons_{anual/bens} = \frac{E_{ano_a}}{Bens} \quad (3.13)$$

Fator de carga do ano

Valor em percentagem que indica a uniformidade no consumo de energia, quanto mais próximo de 100% mais uniforme é o consumo de energia, isto é, sem haver muitos picos de consumo.

$$FC_{ano} = \frac{Cons_{anual}}{8760 * P_{max_{anual}}} * 100 \quad (3.14)$$

Consumo anual de água do edifício

Apresenta o consumo anual de água global da instalação em m³, sendo $A_{i,j}$ consumos de cada 15 minutos.

$$Agua_{anual} = \sum_{j=1}^{365} \sum_{i=1}^{96} A_{i,j} \quad (3.15)$$

Consumo anual de água do ano a por área útil

Apresenta o consumo anual de água do ano á escolha por área útil da instalação, é expresso em m³/m².

$$Agua_{anual/area} = \frac{Agua_{anual_a}}{\acute{A}rea_{util}} \quad (3.16)$$

Consumo anual de água do ano a por utilizador

Apresenta o consumo anual de água do ano á escolha por número de utilizadores da instalação, é expresso em m³/pessoas.

$$Agua_{anual/user} = \frac{Agua_{anual_a}}{User_{trabalhador} + User_{outro}} \quad (3.17)$$

Consumo anual de água do ano a por bens produzidos

Apresenta o consumo anual de água do ano á escolha por número de bens produzidos na instalação, é expresso em m³/unidades. Estas unidades produzidas podem ser qualquer bem ou serviço produzido.

$$Agua_{anual/bens} = \frac{Agua_{anual_a}}{Bens} \quad (3.18)$$

Consumo anual de gás natural do edifício

Apresenta o consumo anual de gás natural global da instalação em m³.

$$GN_{anual} = \sum_{j=1}^{365} \sum_{i=1}^{96} G_{i,j} \quad (3.19)$$

Consumo anual de gás natural do ano a por área útil

Apresenta o consumo anual de gás natural do ano à escolha por área útil da instalação, é expresso em m³/m².

$$GN_{anual/area} = \frac{GN_{anual_a}}{\acute{A}rea_{util}} \quad (3.20)$$

Consumo anual de gás natural do ano a por utilizador

Apresenta o consumo anual de gás natural do ano á escolha por número de utilizadores da instalação, é expresso em m³/pessoas.

$$GN_{Annual/user} = \frac{GN_{anual_a}}{User_{trabalhador} + User_{outro}} \quad (3.21)$$

Consumo anual de gás natural do ano a por bens produzidos

Apresenta o consumo anual de gás natural do ano á escolha por número de bens produzidos na instalação, é expresso em m³/unidades. Estas unidades produzidas podem ser qualquer bem ou serviço produzido.

$$GN_{anual/bens} = \frac{GN_{anual_a}}{Bens} \quad (3.22)$$

3.4.2 – Indicadores Gerais Referentes aos Últimos 365 dias

Esta secção descreve os indicadores e metas que o utilizador pode definir para avaliar os consumos e produção na sua instalação nos últimos 365 dias (ano deslizando) que estão incluídos na Tabela 3.12. Sempre não esteja especificada a energia usada para o cálculo destes indicadores esta deve ser assumida como a energia consumida. Para o cálculo são usados os indicadores definidos anteriormente assim como indicadores de referência. Estes indicadores apresentam um asterisco (*) e são relativos ao ano de referência e período homólogo correspondente, como por exemplo E_{ano}^* que indica a energia consumida no ano de referência.

Tabela 3.12 – Indicadores gerais da instalação referentes aos últimos 365 dias.

Indicador	Acrónimo	Unidades
Consumo do edifício nos últimos 365 dias	$Cons_{365d}$	kWh
Consumo dos últimos 365 dias por área útil	$Cons_{365d/área}$	kWh/m ²
Consumo dos últimos 365 dias por utilizador	$Cons_{365d/user}$	kWh/pessoa
Consumo dos últimos 365 dias por bens produzidos	$Cons_{365d/bens}$	kWh/unidades
Produção do edifício nos últimos 365 dias	$Prod_{365d}$	kWh
Utilização da potência instalada de produção (últimos 365 dias)	$UPI_{Prod_{365d}}$	%
Injeção (venda) de energia na rede dos últimos 365 dias	$E_{exportada_{365d}}$	kWh e %
Produção anual usada para autoconsumo no edifício	$Prod_{anual_{Cons_{365d}}}$	kWh e %
Nível anual de autossuficiência dos últimos 365 dias	$ASI_{anual_{365d}}$	kWh e %
Consumo de água dos últimos 365 dias	$Agua_{anual_{365d}}$	m ³
Consumo de gás natural dos últimos 365 dias	$GN_{anual_{365d}}$	m ³
Variação do consumo ($a_{n-1} - a_{u365}$)	$VarD_{Cons}$	kWh e %
Variação da produção ($a_{n-1} - a_{u365}$)	$VarD_{Prod}$	kWh e %
Redução anual realizada (%)	$Meta_{realizada}(\%)$	%
Meta dinâmica (%)	$Meta_{dinâmica}(\%)$	%
Consumo anual estimado (kWh)	$Cons_{estimado}$	kWh

Consumo do edifício nos últimos 365 dias

Apresenta o consumo de energia elétrica dos últimos 365 dias da instalação em kWh.

$$Cons_{365d} = \sum_{i=1}^n E_{diária_i} + \sum_{j=n+1}^{365} E_{diária_j} \quad (3.23)$$

Consumo dos últimos 365 dias por área útil

Apresenta o consumo de energia elétrica dos últimos 365 dias por área da instalação, é expresso em kWh/m².

$$Cons_{365d/area} = \frac{Cons_{365d}}{Área_{util}} \quad (3.24)$$

Consumo dos últimos 365 dias por utilizador

Apresenta o consumo de energia elétrica dos últimos 365 dias por número de utilizadores da instalação, é expresso em kWh/pessoas.

$$Cons_{365d/user} = \frac{Cons_{365d}}{User_{trabalhador} + User_{outro}} \quad (3.25)$$

Consumo dos últimos 365 dias por bens produzidos

Apresenta o consumo de energia elétrica dos últimos 365 dias por número de bens produzidos na instalação, é expresso em kWh/unidades. Estas unidades produzidas podem ser qualquer bem ou serviço produzido.

$$Cons_{365d/bens} = \frac{Cons_{365d}}{Bens} \quad (3.26)$$

Produção no edifício nos últimos 365 dias

Apresenta a produção de energia elétrica dos últimos 365 dias da instalação em kWh.

$$Prod_{365d} = \sum_{i=1}^n E_{diária_{produzida_i}} + \sum_{j=n+1}^{365} E_{diária_{produzida_j}} \quad (3.27)$$

Utilização da potência instalada de produção (últimos 365 dias)

Indica a percentagem de energia que foi produzida comparada à que poderia ter sido produzida à potência de pico instalada nos últimos 365 dias da instalação.

$$UPI_{Prod_{365d}} (\%) = \frac{Prod_{365d}}{PPV_{pico} * 24 * 365} * 100 \quad (3.28)$$

Injeção (venda) de energia na rede dos últimos 365 dias

Indica a energia que foi injetada na rede nos últimos 365 dias da instalação. Pode ser expresso em kWh ou em %.

$$E_{exportada_{365d}} = \sum_{i=1}^n E_{diária_{exportada_i}} + \sum_{j=n+1}^{365} E_{diária_{exportada_j}} \quad (3.29)$$

$$E_{exportada_{365d}}(\%) = \frac{\sum_{i=1}^n E_{diária_{exportada_i}} + \sum_{j=n+1}^{365} E_{diária_{exportada_j}}}{Prod_{365d}} \quad (3.30)$$

Nível autossuficiência dos últimos 365 dias

Indica a percentagem do consumo nos últimos 365 dias da instalação que foi proveniente da produção local de energia.

$$ASI_{anual_{365d}} = \frac{Prod_{365d} - E_{exportada_{365d}}}{Cons_{365d}} * 100 \quad (3.31)$$

Consumo de água dos últimos 365 dias

Indica o consumo de água da instalação nos últimos 365 dias em m³.

$$Agua_{anual_{365d}} = \sum_{i=1}^n Agua_{diário_i} + \sum_{j=n+1}^{365} Água_{diário_j} \quad (3.32)$$

Consumo de gás natural dos últimos 365 dias

Indica o consumo de gás natural da instalação nos últimos 365 dias em m³.

$$GN_{anual_{365d}} = \sum_{i=1}^n GN_{diário_i} + \sum_{j=n+1}^{365} GN_{diário_j} \quad (3.33)$$

Variação do consumo anual ($a_{n-1} - a_{u365}$)

Indica a variação dos consumos nos últimos 365 dias em percentagem relativamente ao consumo do ano de referência. A energia utilizada é a total consumida na instalação.

$$VarD_{Cons} = \frac{Cons_{anual_{n-1}} - Cons_{365d}}{Cons_{365d}} \quad (3.34)$$

Variação da produção anual ($a_{n-1} - a_{u365}$)

Indica a variação da produção nos últimos 365 dias em percentagem relativamente à produção do ano de referência. A energia utilizada é a total produzida na instalação.

$$VarD_{Prod} = \frac{Prod_{anual_{n-1}} - Prod_{365d}}{Prod_{365d}} \quad (3.35)$$

Redução anual realizada

Este indicador expressa a redução de consumos obtida até ao momento, para se poder comparar com a meta estabelecida pelo utilizador. Se o valor for negativo indica que em vez de redução está a ocorrer um aumento do consumo.

$$Meta_{realizada}(\%) = \frac{E_{ano\atual}^* - E_{ano\atual}}{E_{ano\atual}^*} * 100 \quad (3.36)$$

Meta dinâmica

Indica o valor em percentagem da poupança de energia necessária desde a data atual até ao fim do ano relativamente ao consumo do ano de referência, para que a meta objetivo de redução anual inicialmente definida ainda seja cumprida. Se o valor desta meta for negativo, significa que já ultrapassámos o valor da poupança objetivo estabelecido pela meta inicial, sendo necessário reajustar a meta objetivo para um valor superior. Se o valor percentual for muito grande provavelmente a meta inicial deixa de ser realista e é necessário ajustar a meta objetivo inicial. A energia utilizada é a total consumida na instalação.

$$Meta_{dinâmica}(\%) = \frac{Meta_{anual} * E_{ano}^* - (E_{ano\atual}^* - E_{ano\atual})}{E_{ano}^* - E_{ano\atual}^*} * 100 \quad (3.37)$$

Consumo anual estimado

Consumo anual estimado em kWh é calculado como a soma do consumo já realizado com o consumo da parte do ano por realizar e que tem por base o histórico do período homólogo do ano anterior (do dia atual até final do ano) considerando a meta de redução realizada até ao momento.

$$Cons_{estimado} = E_{ano\atual} + (E_{ano}^* - E_{ano\atual}^*) * (1 - Meta_{realizada}(\%)) \quad (3.38)$$

Pode ser também considerada a meta de redução anual definida para o cálculo do consumo anual estimado, assim a escolha da meta a incluir no cálculo fica à escolha do gestor.

$$Cons_{estimado} = E_{ano\atual} + (E_{ano}^* - E_{ano\atual}^*) * (1 - Meta_{anual}(\%)) \quad (3.39)$$

CAPÍTULO 4 – ESPECIFICAÇÕES A IMPLEMENTAR NUM SMC

Este capítulo tem como objetivo desenvolver as especificações de funcionalidades que devem ser implementadas num sistema de monitorização de consumos. As especificações das funcionalidades são tanto a nível técnico e como a nível funcional. Também vão ser apresentadas algumas especificações sobre a gestão da base de dados, em ênfase na compressão dos dados armazenados.

4.1 – Especificações Técnicas

A parte física de um SMC é a base do sistema, pelo que se lhe deve dar especial atenção, sendo os contadores os componentes essenciais, pois medem as grandezas físicas objeto de monitorização, tais como, energia elétrica, água e gás natural. Existe uma gama variada de contadores com diversas funcionalidades, sendo que todos eles devem permitir a comunicação direta com o sistema para a recolha automática dos valores medidos. Os concentradores são os equipamentos que fazem a interface entre grupos de contadores e a unidade central, que processa a informação recolhida e a armazena na base de dados. É necessária a comunicação entre os diversos equipamentos de forma a permitir recolher os dados relativos às grandezas a serem monitorizadas. A comunicação pode ser feita de diversas formas como cabos (UTP ou fibra ótica) ou redes sem fios [17].

4.1.1 – Sistema Físico

O primeiro passo deve ser identificar quais os pontos que devem ser monitorizados e onde devem ser instalados contadores, para depois, se escolher os locais onde devem ficar os concentradores que agrupam os contadores e uma determinada área. Na possibilidade de existirem situações onde não seja possível instalar um contador físico deve poder-se definir um contador virtual, que mede o consumo que resulta da diferença entre o consumo medido por um contador totalizador de uma determinada área e a soma dos consumos medidos pelos contadores instalados a jusante desse, que medem consumos parciais dessa mesma área.

Na instalação dos contadores deve-se ter em conta a relação entre eles, ou seja, quais os contadores totalizadores (“pais”) e quais os contadores que medem consumos parciais (“filhos”) de forma a não haver manipulação incorreta dos dados de consumo, produzindo assim informação errada, como o cálculo da soma de consumos medidos por um contador “pai” com consumos medidos por contadores seus “filhos”. Fora as perdas, a contagem do contador “pai” deve ser igual à soma de todos os filhos do mesmo mais a soma do contador virtual. Caso existam consumos parciais que não estejam a ser contabilizado por nenhum contador parcial esse consumo pode ser atribuído a um contador virtual, correspondendo à subtração entre a contagem do contador pai e a soma dos contadores seus filhos.

Os contadores elétricos em geral não medem diretamente as correntes reais, medem indiretamente através de um transformador de corrente (TI) por fase, pelo que a razão de transformação deve ser corretamente inserida nos parâmetros do contador, de modo a que não haja erros na medição.

O sistema deve também incorporar os contadores de água e gás, com capacidade do envio de informação de consumo, em geral com emissão de impulsos com determinado valor de conversão, por exemplo, 25 litros por impulso. Os contadores de energia reativa devem ser inseridos a montante dos pontos onde exista compensação do fator de potência, como por exemplo um banco de condensadores.

4.1.2 – Recolha e Processamento dos Dados

Os contadores de energia elétrica medem o consumo de energia em kWh e serão lidos a cada 15 minutos, os contadores de água medem consumos em litros ou m³ e os contadores de gás medem consumo em m³. Nos contadores lidos diretamente, sem recurso a concentrador, é preciso existir duas variáveis associadas à leitura, uma para atribuir o valor da leitura e outra para registar a data e hora da leitura. O resultado da leitura atual precisa de ser validado, para isso, é necessário verificar se a última leitura foi feita no intervalo anterior (15 minutos antes) ou se houve perda de leituras e o valor lido corresponde a mais do que um intervalo.

Nos contadores que emitem impulsos, devem ser recolhidos por um concentrador que pode agregar vários contadores. O processo de leitura do concentrador em cada intervalo de 15 minutos, corresponde à leitura do número de impulsos recebidos de cada contador associado a uma entrada do concentrador. Após a leitura de cada entrada

do concentrador deve ser feito o *reset* à contagem de impulsos. A leitura precisa de ser validada e os impulsos têm de ser convertidos para os respectivos valores na unidade da grandeza física medida (kWh, m³), através dos fatores de conversão associados a cada contador.

Cada contador terá um código identificativo e uma etiqueta com a sua identificação no sistema de monitorização, além disso, terá associada informação sobre a grandeza a medir e a respetiva unidade, assim como a identificação do contador a montante (contador “pai”). De notar que o contador geral da instalação, não tem contador “pai”, deve indicar neste campo como “geral” (por ex. código “000”). Estes dados devem estar disponíveis numa tabela que se encontrará na parte da parametrização do sistema. Esta tabela indicará que tipo de grandeza física a medir (energia elétrica, água ou gás), assim como, a descrição da sua área de influência na instalação. Em cada ponto de medição o gestor do sistema, deverá poder selecionar os indicadores pré-definidos que deseja calcular para aquele ponto de recolha. Teremos assim os seguintes campos na tabela que descreverá os contadores:

- Número identificativo do contador;
- Número identificativo do contador “pai” (se for geral será “000”);
- Tipo de contador (físico ou virtual): selecionar físico ou virtual
 - Se físico qual o canal de leitura;
 - Se for virtual qual o contador “pai” e os contadores “filhos”;
- Tipo de contagem:
 - tipo de consumo (energia elétrica, água ou gás);
 - unidade de medida (kWh, m³, litro);
- Fator de conversão: converte o valor numérico lido para o valor da grandeza na respetiva unidade que vai ser armazenado na base de dados;
- Descrição da parte abrangida da instalação (Exemplo: consumo de energia elétrica da torre T, produção total fotovoltaica);
- Lista de indicadores associados;
- Lista de alarmes associados.

A grandeza física medida vai indicar que tipo de informação está o contador a recolher, já o fator de conversão vai permitir passar a grandeza medida para as unidades que o utilizador deseja (kWh, m³, etc).

No caso de contador virtual será necessário identificar o contador “pai” e os contadores “filhos”, entendendo-se como contadores filhos, contadores que medem o mesmo tipo de grandeza e têm o mesmo contador “pai”. Ou seja, o contador virtual faz a medida da parte restante do consumo numa determinada área que não foi medida pelos outros contadores e é calculada como a diferença entre a contagem do contador “pai” e a soma das contagens dos contadores “filhos”.

A frequência de leitura dos contadores pode ser parametrizável, sendo por omissão de 15 minutos. Para a energia elétrica esta resolução é a mesma da telecontagem da EDP Distribuição e permitirá uma desagregação dos postos horários definidos pela ERSE.

No início de cada dia, deve ser feito o fecho dos indicadores diários e armazenados na base de dados. Os indicadores que contenham a informação até ao momento devem ser atualizados sempre que houver a obtenção de novos dados.

O sistema ao incorporar contadores de água e gás deve possuir indicadores que sejam capazes de processar a informação proveniente dos mesmos. Para este efeito estão definidos indicadores para água e gás natural podendo alguns indicadores definidos para a energia elétrica serem aplicáveis aos fluidos, nomeadamente metas de redução. Ao contrário da energia elétrica, os postos horários não são relevantes para a análise do consumo de água e gás natural. Isto pressupõe que a lista de indicadores disponíveis para cada ponto de contagem seja dependente do tipo de contagem que se faça nesse ponto (eletricidade, água ou gás).

4.2 – Especificações Funcionais

O sistema deve possuir funcionalidades que permitam uma análise simples e fácil dos dados. O software que faz a interface com o utilizador é uma peça fundamental do sistema. O objetivo é que esta seja de fácil utilização, simples, mas ao mesmo tempo completa de forma a ter todas as funcionalidades necessárias. Estas especificações vão ser agrupadas de acordo com a funcionalidade de forma a serem mais facilmente interpretadas e organizadas.

4.2.1 – Parametrização

Um ponto fundamental é a correta parametrização do sistema, sem este ponto os resultados apresentados pela aplicação poderão não ser fiáveis e não representarem convenientemente a realidade. Como tal é preciso uma aplicação dedicada só a este ponto, onde o gestor poderá definir os parâmetros caracterizadores do edifício descritos no subcapítulo 3.1. O gestor poderá efetuar o ajuste destes parâmetros à instalação e sempre que achar necessário. Definições referentes às notificações de alarmes e metas também devem estar neste espaço. Estas definições permitem ao gestor do sistema definir o modo e a frequência como deseja ser alertado para cada alarme e meta em função da importância para si de cada alarme ou meta. Quanto a parâmetros mais específicos devem estar no espaço das funcionalidades correspondentes, nomeadamente com que período o utilizador deseja fazer comparações, etc.

A parametrização dos contadores ficará num espaço acessível a partir deste, dado ao elevado número de contadores e de dados que pode conter esta tabela. Aqui o gestor poderá estabelecer os parâmetros definidos anteriormente para cada contador.

Os períodos de funcionamento e de inatividade das instalações, bem como a lista de feriados que vão ocorrer nesse ano, devem ser definidos nesta aplicação dedicada à parametrização do sistema. Os feriados devem ser considerados como um domingo para efeitos de cálculo dos indicadores, nomeadamente na desagregação dos consumos por períodos horários (caso da eletricidade).

4.2.2 – Visualização de Dados

A capacidade de visualizar os dados recolhidos, na forma de diagramas, assim como os indicadores associados, na forma de tabelas ou gráficos, é essencial para o SMC. Podemos então dividir o tipo de gráficos a visualizar de acordo com o período temporal em diário, semanal, mensal, anual e um período entre dois dias à escolha. Para o período diário a resolução é de 15 minutos com um gráfico do tipo barras. Para os gráficos semanais estes podem ter uma resolução de 15 minutos ou então uma resolução de um dia. Nos períodos mensais a resolução mínima tem de ser diária, já nos anuais o mais habitual é ter uma resolução mensal. Quando o período for à escolha, a resolução deste deve ser igual às definidas anteriormente tendo em conta a duração do período escolhido. Quanto ao tipo de gráficos este depende do indicador ou dados a visualizar, o mais habitual e o predefinido é a representação diagrama de carga (valor de potência) com

gráfico de linha com resolução de 15 minutos e para as restantes resoluções, diária ou mensal, a representação é de energia e com gráficos de barras.

Como cada contador tem um conjunto de indicadores associado, o gestor terá de escolher qual o contador, ou associação de contadores, cujos dados ou indicadores deseja visualizar. Poderá também ser efetuada em alternativa a escolha do indicador e posteriormente a escolha dos contadores para a visualização da informação. Na associação de contadores tem de ser garantido que os contadores têm todos o mesmo nível, ou seja, não há mistura de pais e filhos.

Para permitir a comparação deve estar prevista a possibilidade da criação de gráficos com mais de uma série de valores correspondentes a períodos homólogos e mesma resolução temporal.

4.2.3 – Indicadores a Pedido

A informação dada por certos indicadores durante um período à escolha do gestor pode revelar-se bastante útil em certos casos, quando se pretende uma análise não correspondente a uma periodicidade habitual, diária, mensal ou anual. Sendo assim é necessário permitir o cálculo de grande parte dos indicadores associados agora a um período definido à escolha do gestor. Este período corresponde aos dias decorridos no intervalo de duas datas. Normalmente o indicador será calculado a pedido com base em indicadores diários associados e já previamente calculados e armazenados na base de dados.

Todos os indicadores definidos no Capítulo 3, associados a período diário, mensal ou anual, podem ser calculados de forma semelhante, mas associados a um período escolhido entre duas datas.

4.2.4 – Comparação

A comparação de indicadores é uma ferramenta que dá ao gestor uma forma de avaliar a evolução dos mesmos. A comparação mais evidente é a comparação dos mesmos indicadores em períodos homólogos anteriores, como dia da semana, semana, mês ou ano. A comparação pode ser relativa, equação (4.1) ou absoluta (4.2):

$$Variação(\%) = \frac{Indicador_{atual} - Indicador_{atual}^*}{Indicador_{atual}^*} \quad (4.1)$$

$$Variação = Indicador_{atual} - Indicador_{atual}^* \quad (4.2)$$

Esta comparação pode ter mais valores e efetuar a análise dos mesmos indicadores ao longo de um determinado período, como por exemplo a evolução mensal do consumo. Pode também ser útil a comparação entre diversos setores das instalações de forma a se poder fazer um *benchmarking*. Esta informação pode ser visualizada na forma de gráfico, numérica ou em tabela se for mais que um valor. Esta funcionalidade deve estar disponível na Visualização de Dados.

4.2.5 – Perfis diários e semanais

O perfil diário é obtido pelo cálculo da média das potências no mesmo intervalo de 15 minutos durante os dias selecionados p1 a p2. Para o cálculo deste diagrama vai ser usada a expressão (4.3) que dá o valor da potência média registada em intervalos de 15 minutos, 96 valores por dia, ao longo dos dias selecionados do mês para o qual se pretende obter o perfil médio diário. O índice i indica o intervalo correspondente, $i=1, 2, \dots, 96$, os 96 valores de potência que são recolhidos ao longo de um dia.

$$Perfil_{diário_i} = med(4 * E_{i,j}), \quad j = p1, \dots, p2 \quad (4.3)$$

Os perfis semanais são representações de diagrama carga semanal médio de potências com resolução de 15 minutos. Normalmente o período de análise em questão é um mês à escolha do utilizador e não devem entrar para o cálculo da média os dias feriados quando acontecem em dias úteis. A informação dada por este gráfico é o perfil de consumo representativo da semana típica relativa ao mês selecionado.

A representação gráfica obtida resultará da representação gráfica de 96x7 valores de potência média. O período de dias referido no cálculo do perfil semanal são os dias da semana correspondentes no mês em questão, para o cálculo dos 96 valores da segunda feira entram todas as segundas feiras do mês e assim por diante. Como os feriados no meio da semana não são considerados um dia útil estes devem ser excluídos do cálculo.

Na seleção do perfil semanal deve dar-se a possibilidade de escolher o mês ou conjunto de meses que se quer analisar e depois realizar o perfil semanal.

No perfil diário deve dar-se a possibilidade de escolher o mês e o tipo de dia: dia útil, dia fim-de-semana, dia geral. Pode ser também útil calcular um diagrama médio diário a partir de um conjunto de dias de um mês, podendo selecionar os dias a partir do calendário.

4.2.6 – Indicadores Gerais da Instalação

Relativamente às metas e indicadores definidos no subcapítulo 3.4.1 estes devem estar todos representados num espaço dedicado ao mesmo. Os valores dos indicadores devem estar apresentados em painéis que permitam uma fácil leitura do estado atual das instalações. Os dados referentes aos indicadores definidos em 3.4.2 são acedidos através deste espaço tendo um layout parecido ao anterior. O utilizador deve escolher o ano que pretende analisar, ou um conjunto de anos para fazer análise comparativa. O utilizador pode escolher o ano corrente, neste caso a informação contida nos painéis deve ser atualizada a cada 15 minutos dado que reflete o valor atual dos indicadores.

4.2.7 – Alarmes

Os alarmes são bastante importantes num SMC pois permitem ao gestor das instalações ser notificado quando ocorrem situações anómalas, ou simplesmente quando algum indicador ultrapassa um valor pré-definido pelo mesmo. Assim não existe a necessidade de andar a verificar continuamente o sistema à procura de desvios. Estes alarmes podem ser enviados ao gestor via email ou SMS. O gestor pode definir alarmes para quaisquer indicadores, metas ou mesmo para medições em algum setor na instalação, de forma a tornar o sistema o mais flexível possível. Para isto é necessário um painel dedicado exclusivamente a alarmes, que facilite a criação dos mais variados alarmes e verificar quais não estão a ser cumpridos.

Podemos assim definir os alarmes em quatro categorias:

- **Alarmes por comparação com um valor de referência definido pelo utilizador:** o utilizador escolhe um indicador ou meta e define um intervalo admissível para o mesmo, sendo notificado quando o mesmo sai fora do intervalo;
- **Alarmes por comparação com um valor de período homólogo:** aqui o valor para comparação é um valor obtido num período homólogo anterior como dia, semana, mês ou ano. Estes valores do histórico da instalação podem servir como referência. Desvios relativos acima de um determinado valor, por exemplo 10%, podem ativar alarme;
- **Alarmes para metas:** os alarmes para metas podem ser definidos para alertar desvios relativos da meta dinâmica em relação á meta de redução anual estabelecida. Caso este desvio ultrapasse um determinado valor, um alarme deve ser emitido para informar o gestor da situação. O desvio pode ser no sentido de a meta dinâmica ser superior, emitindo um alarme vermelho, ou inferior à meta estabelecida, emitindo assim um alarme verde;
- **Alarmes de avaria:** existindo a possibilidade da ocorrência de eventos como falhas de energia ou mesmo falha nos equipamentos de medida, é necessário que o sistema seja capaz de detetar estas falhas. Assim quando as leituras feitas pelos equipamentos de medida saírem da gama pré-estabelecida durante um período de tempo especificado, poderá significar que o equipamento não estará a funcionar e deve despoletar um alarme. Este alarme deve estar sempre ativo pois tem bastante importância para detetar falhas.

A criação de alarmes deve estar associada a cada contador. Para este efeito quando o gestor for criar um alarme deverá escolher o contador que contem a informação sobre a qual quer ser alertado, depois deverá escolher o indicador ou dados a serem recolhidos por este. No final deverá ter a possibilidade de escolher que tipo de alarme deseja das categorias acima, que valor deseja estabelecer como padrão/limite e como deve ser alertado. Esta última etapa realizada numa janela diferente (do tipo pop-up por exemplo) para não ficar demasiado informação concentrada no mesmo painel. Deve ficar acessível uma lista com todos os alarmes ativados e parâmetros associados à ativação,

assim como outra com todos os alarmes que dispararam e com o estado atual (resolvido ou mantido).

Dada a possibilidade de ocorrência de um elevado número de alarmes, é necessária a existência de um histórico acessível por este espaço que indique que alarmes foram disparados e a data a que isso ocorreu. Sempre que um alarme disparar é necessário o gestor resolver esse alarme e indicar um possível motivo para a ocorrência do mesmo. Este deve detalhar num comentário associado à resolução desse alarme, o motivo ou situação para que fique registada no histórico. Também é útil para o gestor saber que alarmes já foram ou não resolvidos. Este histórico é importante se houver várias pessoas responsáveis pela instalação, para todas terem acesso ao ponto da situação e que ocorrências anormais houve na mesma.

4.2.8 – Relatórios e Exportação de Dados

Os relatórios são uma ferramenta importante na forma que permitem sumarizar a informação analisada durante um determinado período, seja um dia, semana, mês ou ano. Deve haver um painel para o gestor poder escolher que tipo de relatório deseja receber (diário, semanal, mensal e anual) e qual a informação que deseja incluir no relatório. Para este efeito o gestor vai escolher quais os indicadores que deseja, assim como deseja a visualização dos mesmos. Esta pode ser em tabela, gráfico ou simplesmente em forma numérica no caso de um único valor. Dados relativos a comparações e alarmes podem ser também incluídos. As comparações vão permitir obter informação sobre a evolução dos indicadores. Devem incluir a variação dos indicadores face ao período anterior, por exemplo, se o relatório for semanal deve incluir a variação face à semana anterior. As informações sobre os alarmes devem incluir quais dispararam no período referente ao relatório, assim como, se já foram ou não resolvidos. Os relatórios podem ser enviados ao utilizador em formato PDF, em formato Word para posterior alteração do mesmo ou simplesmente para visualizar numa janela da aplicação.

A exportação dos dados existentes para Excel é bastante útil quando o gestor pretende analisar de forma mais detalhada alguma informação que de outra forma não seria capaz. O gestor poderá escolher que tipo de informação quer exportar, dados originais da base de dados ou indicadores, assim como o período a que são referentes, entre duas datas à escolha. O formato dos dados deve ser compatível com posterior tratamento em folha de cálculo.

4.2.9 – Estado Atual da Instalação (Visualizações/*Dashboard*)

A interface gráfica da aplicação deve ser simples e de fácil utilização como foi referido anteriormente. Esta deve possuir uma janela inicial com o estado atual da instalação. Nesta janela devem estar visíveis os indicadores gerais da instalação definidos em 4.2.6 assim como os indicadores referentes ao ano corrente, de forma a que o gestor possa visualizar a informação em tempo real. O consumo atual de água e gás deve também estar disponível dado que também são relevantes. Deve também estar visível um ícone a alertar para a existência de alarmes ativos. Acionando o ícone deve mostrar a lista de alarmes ativos.

Para o efeito devem existir vários painéis contendo as informações definidas anteriormente, estes painéis podem conter informação numérica, gráfica ou até mista de acordo com o tipo de dados a apresentar. Indicadores cujo limite esteja a ser atingido também devem estar representados. Os painéis serão rotativos podendo o utilizador escolher quais ativar, escolhendo assim a informação que deseja estar disponível para visualização imediata. A diferença desta página para a dos Indicadores Gerais da Instalação reside nos dados que podem ser mostrados. O gestor tem a possibilidade de escolher os dados que achar mais relevantes.

4.3 – Gestão da Base de Dados

De forma a manter uma gestão adequada da dimensão da base de dados, evitando que cresça indefinidamente com informação pouco relevante para a gestão da instalação, por já não ter atualidade, é necessário comprimir a informação existente sem perder a qualidade necessária para manter um histórico relevante para a gestão da instalação. Cada contador dependendo da sua localização vai ter uma importância diferente, à medida que os pontos de leitura vão ficando cada vez mais a jusante do QGBT, a importância da informação destes vai sendo menor, definindo-se diferentes períodos de permanência na base de dados. Assim, por exemplo, poder-se-ia considerar:

- Contadores gerais - dados mantidos por um período de 5 anos.
- Restantes contadores - dados mantidos por 3 anos.
- Indicadores diários - valores mantidos por 10 anos.

Findo o período e manutenção dos dados é realizado o backup dos dados para arquivo, deixando live a base de dados.

O período de anos que a informação deve ser mantida pode ser escolhida pelo gestor, tendo em atenção a capacidade da base de dados. Estes parâmetros devem estar incluídos na parametrização, devendo ser definidos na instalação da aplicação e serem só alterados quando for extremamente necessário, devendo o gestor ser alertado para este facto.

O processo de manutenção de dados deve ser realizado sempre que a base de dados esteja a atingir a capacidade crítica, independentemente de o período ter chegado ou não ao fim. Para tal o gestor deve ser alertado para o sucedido de forma a reduzir os períodos de permanência da informação. Caso o gestor não tome nenhuma medida deve-se proceder à eliminação dos dados de contadores parciais ou à redução dos períodos em um ano.

CAPÍTULO 5 – DEMONSTRAÇÃO E RESULTADOS

Neste capítulo vão ser demonstrados a aplicação de alguns indicadores e funcionalidades descritas nos capítulos anteriores a considerar num SMC. Os dados usados para esta análise são os dados relativos ao consumo do edifício do DEEC nos anos de 2018 e 2019. Estes dados têm uma resolução temporal de 15 minutos, tal como o especificado para o sistema de monitorização, sendo o cálculo dos indicadores feito a partir destes valores.

Para podermos simular o funcionamento do SMC, vão ser usados os dados relativos a 2018 como os dados do ano de referência e os dados de 2019 como sendo os dados do ano atual. As tabelas com os dados utilizados estão disponíveis no Apêndice B com informações mais detalhadas.

5.1 – Análise do Ano de Referência e Construção do Histórico

O sistema vai recolher o valor da potência média durante 15 minutos, sendo esse o valor guardado pelo sistema. Sendo assim vão ser guardados 96 valores por dia, totalizando em 35040 valores por ano.

O valor da potência contratada da instalação é de 292,5 kW. Para a construção de um histórico de consumos que sirva de referência para comparação com o ano corrente, vão ser calculados alguns dos indicadores definidos no Capítulo 3.

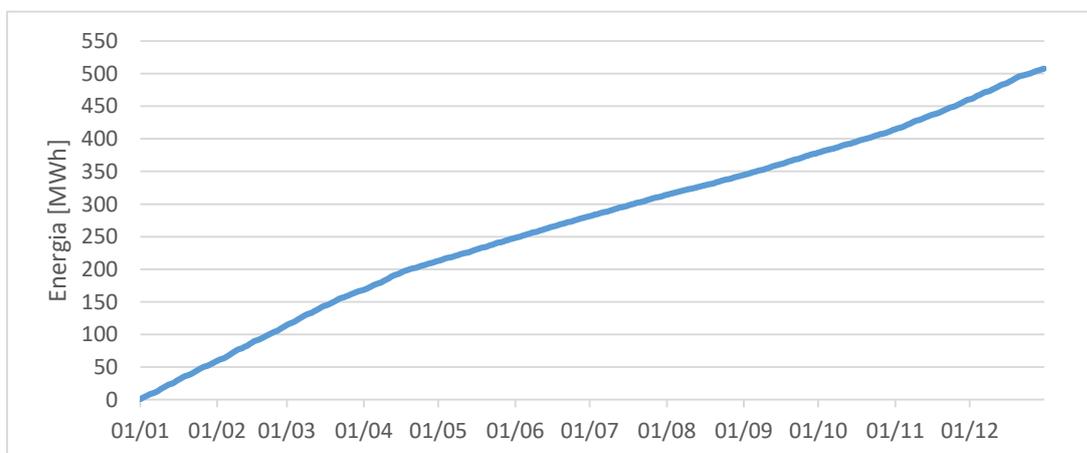


Figura 5.1 - Diagrama do consumo acumulado anual do ano de referência (2018).

A Figura 5.1 tem a informação do consumo acumulado anual da instalação, esta informação é bastante importante para servir de referência para o cálculo de metas e padrões. O consumo total anual de 2018 foi de 507,43 MWh.

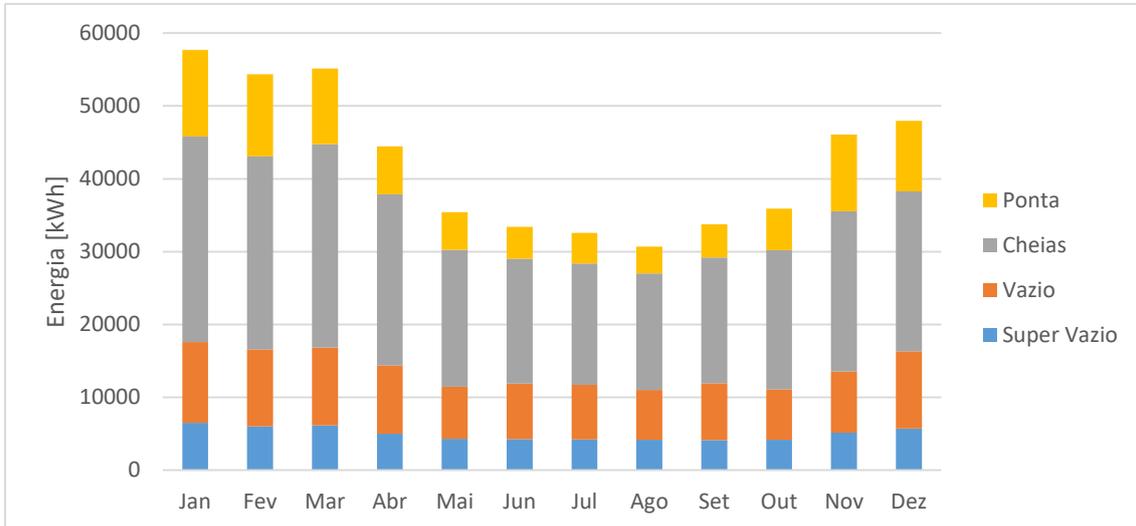


Figura 5.2 - Diagrama do consumo mensal com a desagregação por postos horários no ano de referência (2018).

O consumo mensal de energia com a desagregação pelos postos horários está representado na Figura 5.2, enquanto que a Figura 5.3, dá a informação sobre as potências máximas e médias ocorridas nos meses do ano de referência. O efeito da sazonalidade é bastante visível nos dois gráficos, visto que no inverno muita da energia consumida é usada para aquecimento. A potência máxima nesse ano foi registada no mês de abril esse valor foi 211,4 kW.

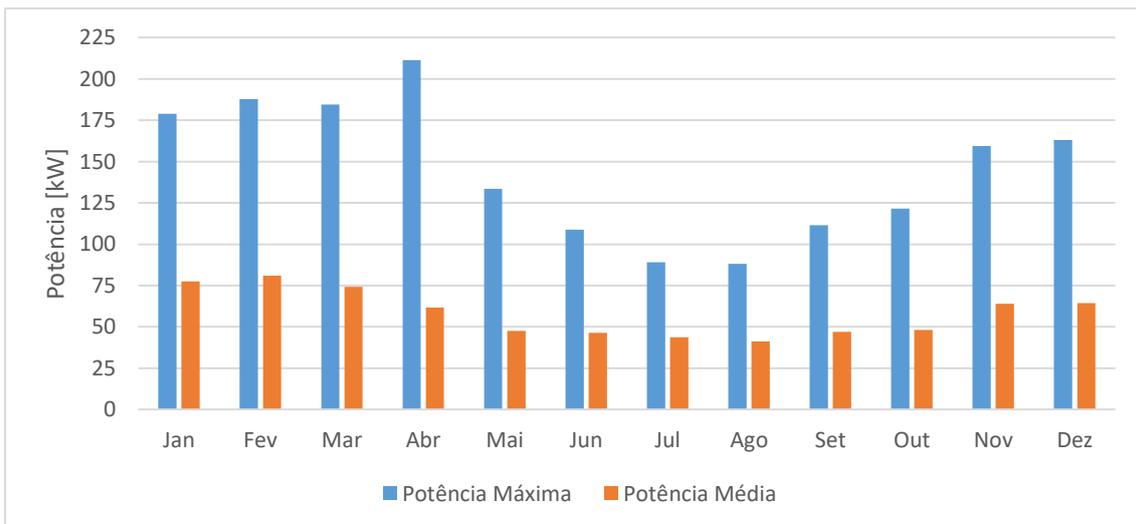


Figura 5.3 - Potências máximas e médias em cada mês recolhidas no ano de referência.

A energia produzida mensalmente, que no caso do DEEC provém de painéis fotovoltaicos, está representada na Figura 5.4. Ao contrário do esperado, vemos uma quebra na produção durante os meses de verão. O total de energia produzida foi 62583kWh, o que corresponde a 12,3% da energia consumida neste mesmo ano. A energia solar depende da disponibilidade da fonte primária, o sol, pelo que dependendo das condições climáticas, a produção vai variar. O pico de produção diário verifica-se próximo do meio-dia como podemos observar na Figura 5.5 que indica o diagrama diário de produção durante mês de abril.

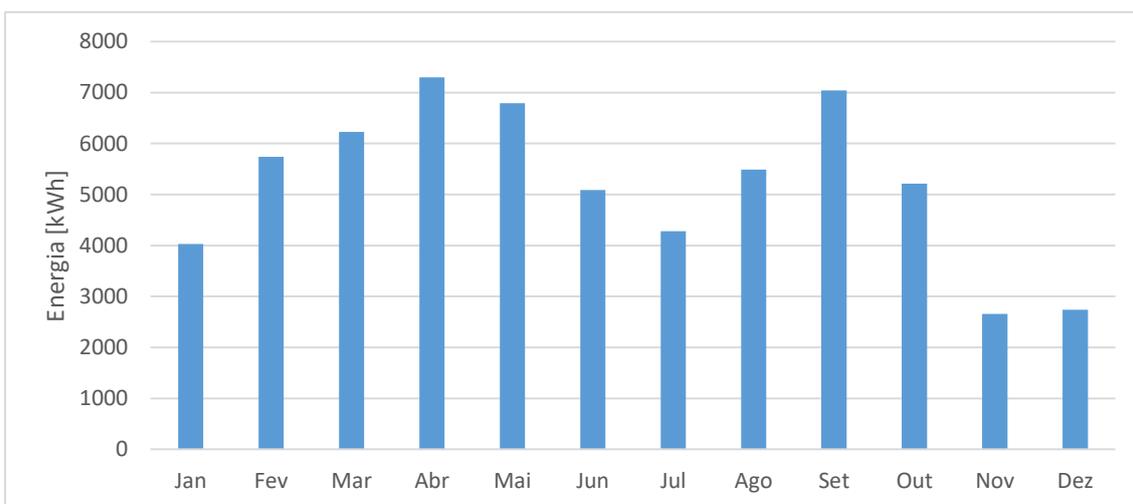


Figura 5.4 - Energia produzida mensalmente no DEEC no ano de referência.

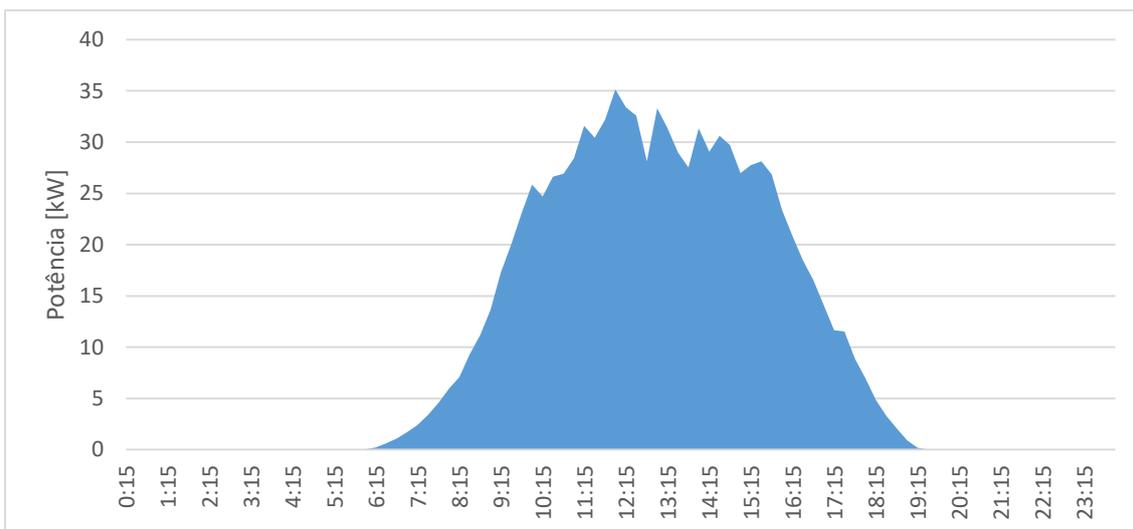


Figura 5.5 – Diagrama médio diário da potência produzida no DEEC durante o mês de abril de 2018.

Outro indicador interessante é o do diagrama médio diário nos dias úteis do mês de abril representado na Figura 5.6. Para o cálculo deste diagrama só entraram os dias úteis ocorridos nesse mês. Como é um edifício de serviços os consumos situam-se entre as 9h e as 19h, horário onde ocorre o período de aulas, com a quebra no consumo às 13h devido à pausa para almoço.

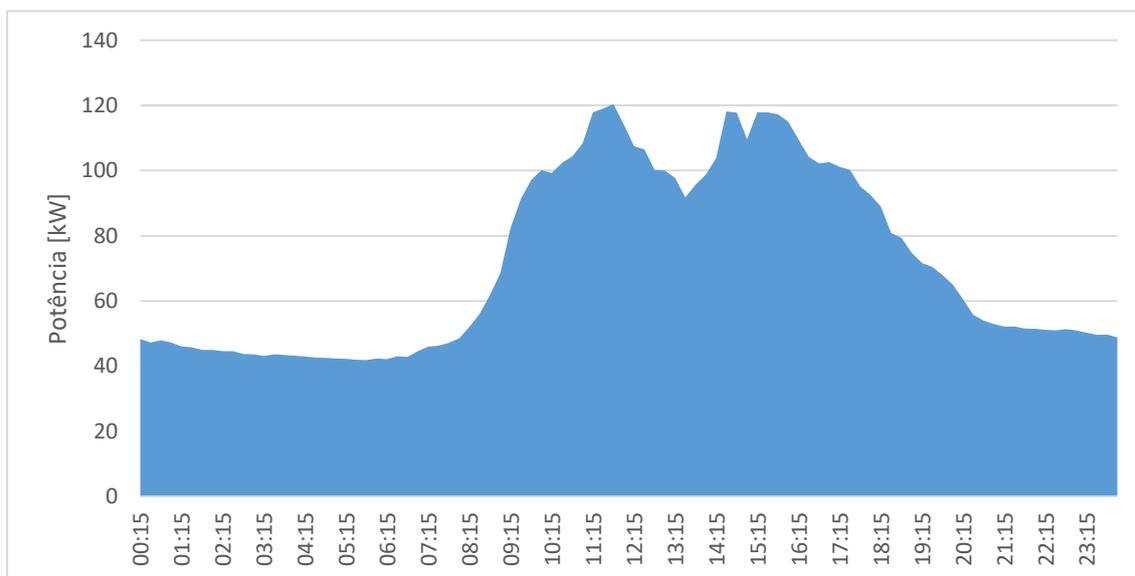


Figura 5.6 – Diagrama médio diário dos dias uteis no mês de abril de 2018.

Na Figura 5.7 temos a energia ativa e reativa total consumida no DEEC no ano de 2018, nos diferentes períodos horários no caso da energia ativa e nos diferentes escalões no caso da energia reativa.

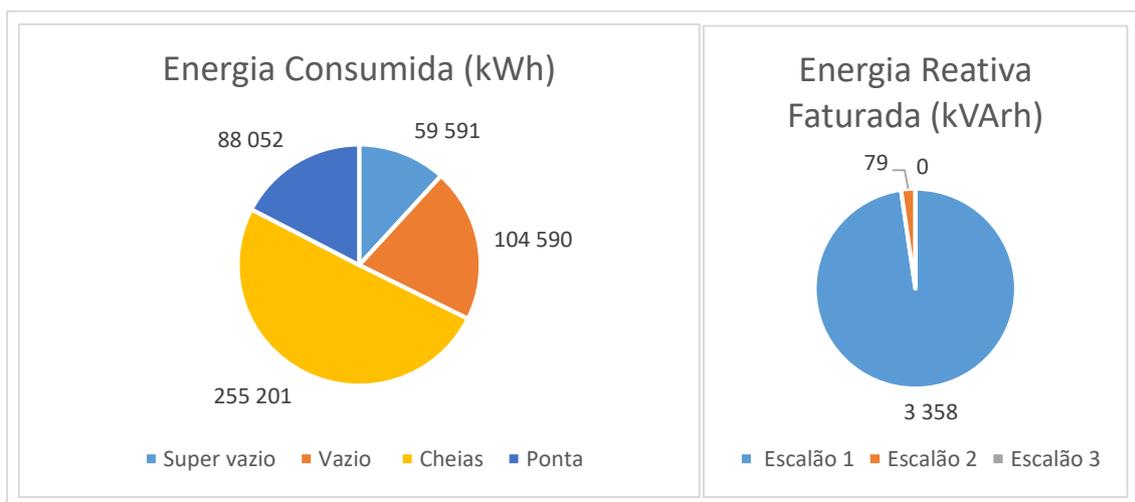


Figura 5.7 - Energia ativa e reativa total consumida no DEEC em 2018.

5.2 – Análise Comparativa do Ano 2019

Usando o ano de 2018 como referência, procedeu-se à análise do ano 2019 tendo agora a possibilidade de simular padrões e metas assim como fazer a comparação dos dados recolhidos.

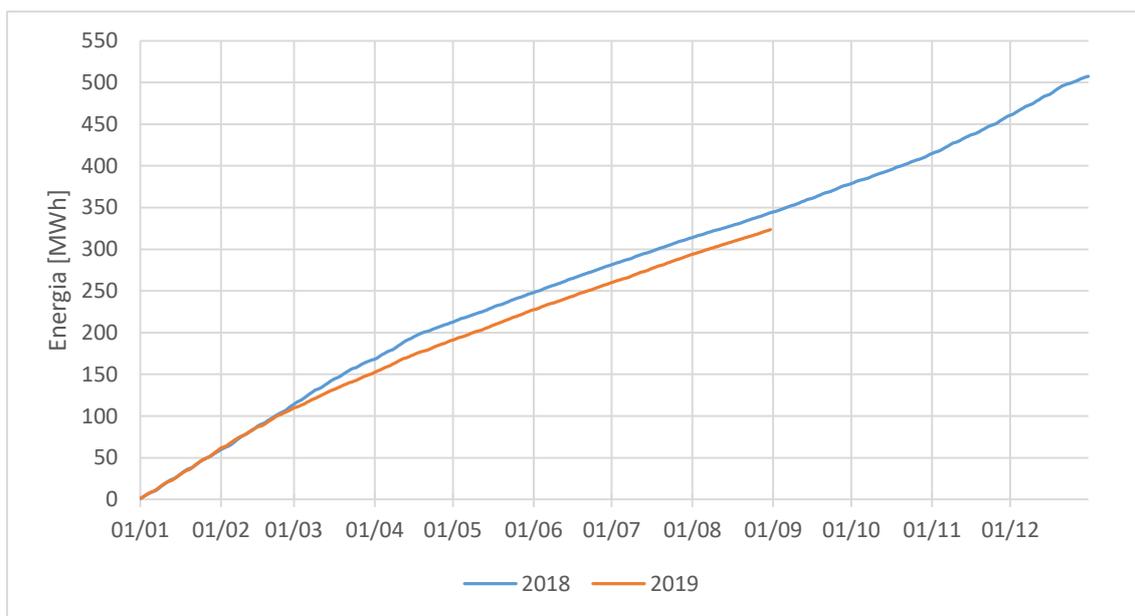


Figura 5.8 - Diagrama do consumo anual acumulado para os anos 2018 e 2019.

Na Figura 5.8 observamos o consumo anual acumulado para os dois anos em análise, 2018 e até final de agosto de 2019. Podemos observar uma redução do consumo na parte do ano decorrida em 2019 face ao período homólogo, esta redução começa a ser visível em março. O consumo total no final de agosto de 2019 foi 323,42 MWh, o que se traduz numa redução de 5,9% em relação período homólogo.

Quanto às potências registadas na instalação, a potência máxima em cada mês nos dois anos em estudo está representada na Figura 5.9. A potência máxima obtida até final de agosto de 2019 foi registada em janeiro e foi 184,2 kW, já em 2018 foi de 211,4kW em abril.

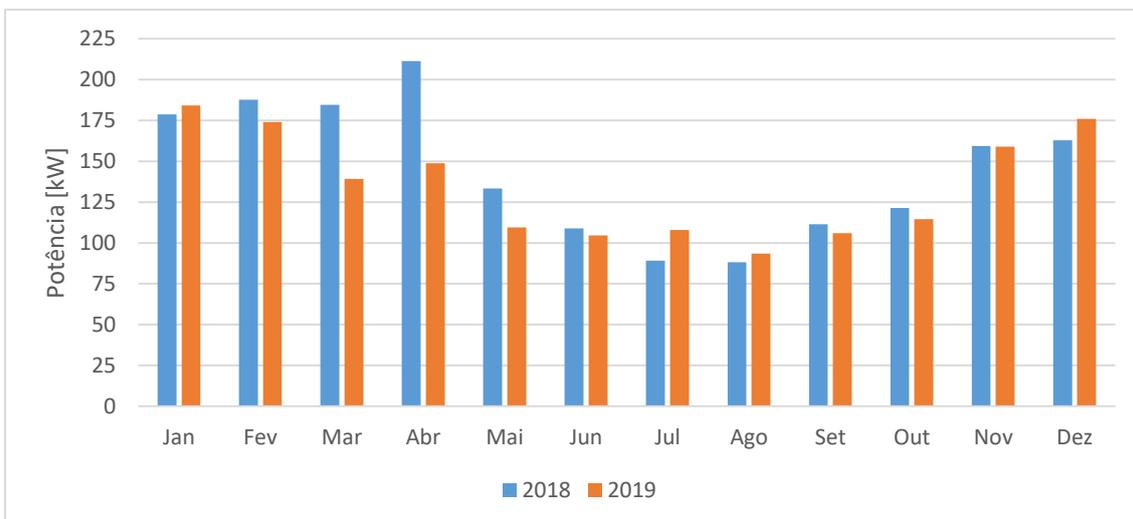


Figura 5.9 - Potência máxima global no DEEC em cada mês nos anos 2018 e 2019.

A energia produzida em 2019 foi 73752 kWh, que corresponde a um aumento de 17,85% em relação ao ano anterior. Este aumento deveu-se sobretudo a um aumento de produção nos meses de verão, que em 2018 tinha sido baixa. Estes resultados podem ser visualizados na Figura 5.10.

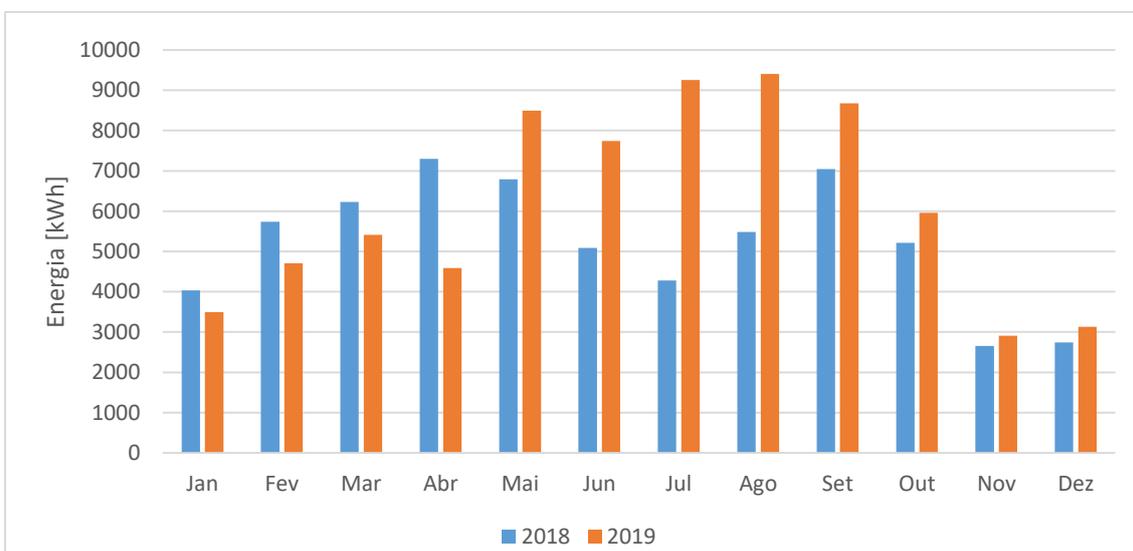


Figura 5.10 - Energia produzida mensalmente no DEEC nos anos de 2018 e 2019.

A energia produzida em 2019 correspondeu assim a 15,03% da energia consumida no mesmo ano, um aumento de 2,7 pontos percentuais em relação ao ano anterior. Como será de esperar a utilização anual da potência instalada de produção no ano de 2019 foi superior à do ano anterior. Em 2018 foi 9,06% que corresponde a 794 horas enquanto que

em 2019 foi de 10,68% correspondendo a 935 horas. Podemos observar na Figura 5.11 que a utilização mensal da potência instalada de produção em cada mês, segue a tendência da energia produzida mensalmente nos dois anos em análise como seria de esperar.

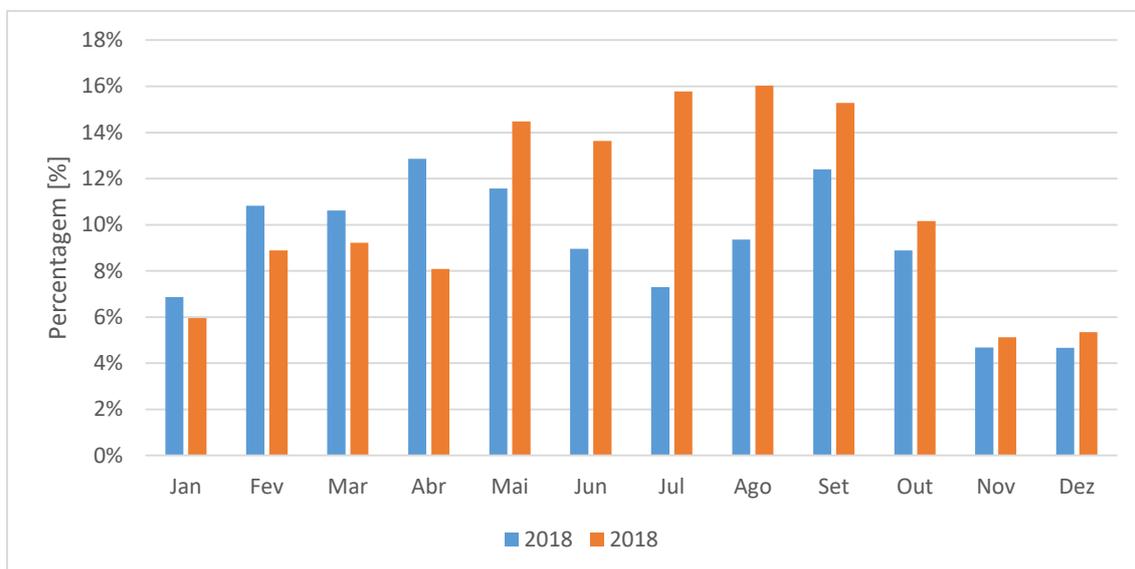


Figura 5.11 – Utilização mensal da potência instalada de produção nos meses de 2018 e 2019.

Um indicador que poderá ter cada vez mais interesse no futuro é o da autossuficiência, que traduz quanto o edifício consome energia proveniente de fontes de produção local. Podemos observar na Figura 5.12 que a autossuficiência em 2019 foi mais elevada nos meses de verão visto que a produção de energia também foi superior.

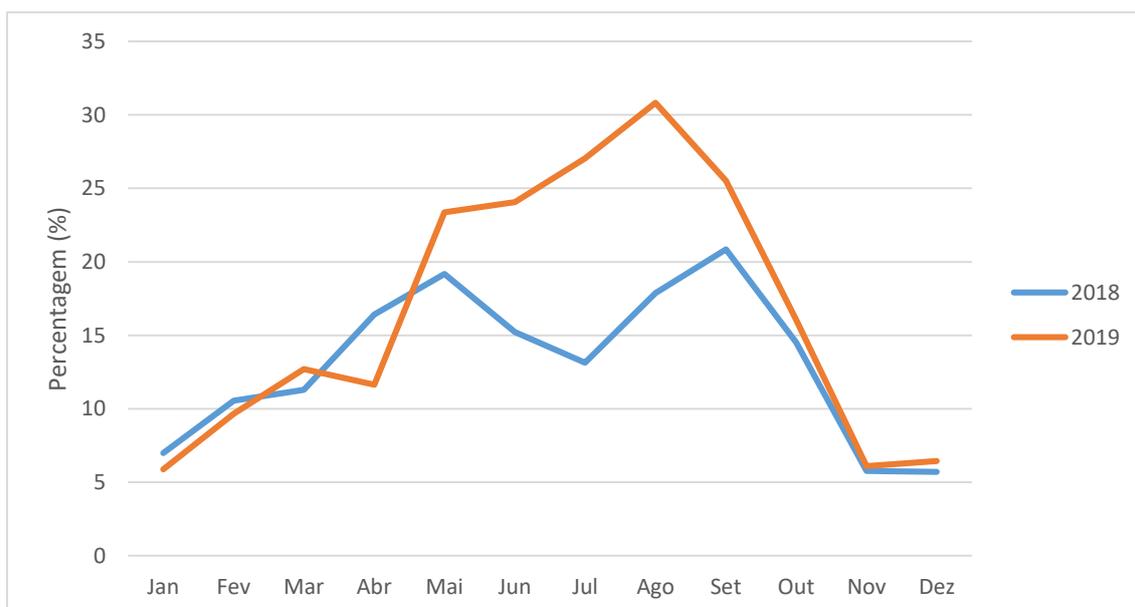


Figura 5.12 - Autossuficiência das instalações do DEEC em cada mês nos anos 2018 e 2019.

Na Figura 5.13 observamos as potências máximas em cada mês nos dois anos em análise. A potência máxima da instalação anda à volta de 60 kW, sendo a potência de pico instalada de 78,84 kW. Da análise dos três gráficos anteriores é possível observar uma quebra na produção de energia nos meses de maio a setembro de 2018, isto foi devido a uma avaria no sistema de produção fotovoltaica.

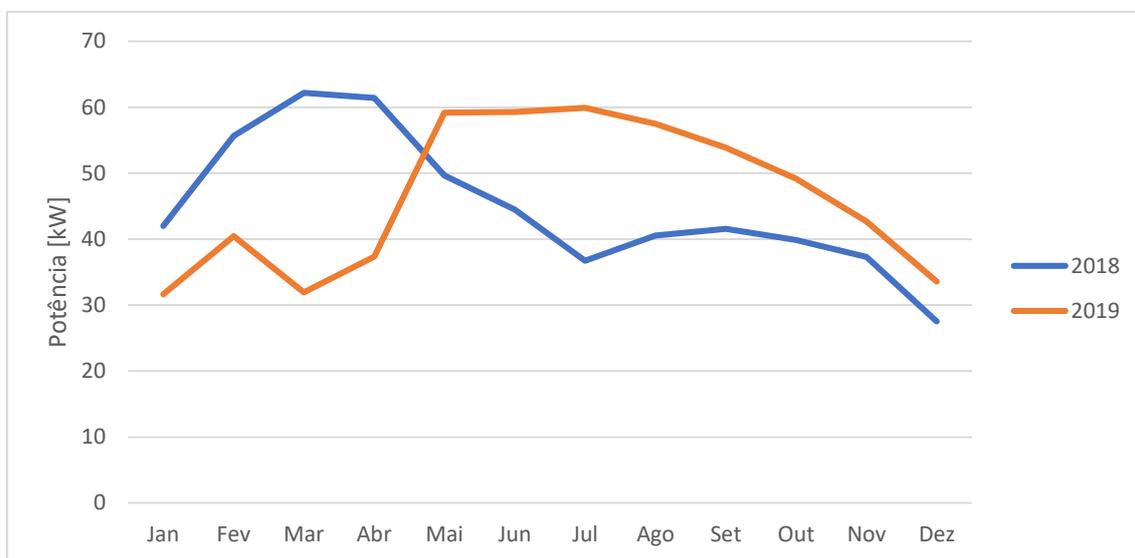


Figura 5.13 - Potência máxima produzida no DEEC em cada mês nos anos 2018 e 2019.

Podemos analisar agora os custos associados à compra de energia proveniente da rede e a poupança que se obteve com a produção local nas Figura 5.14 e Figura 5.15 respetivamente. A poupança varia consoante a energia produzida pelo que é espectável termos poupança mais elevadas nos meses de verão.

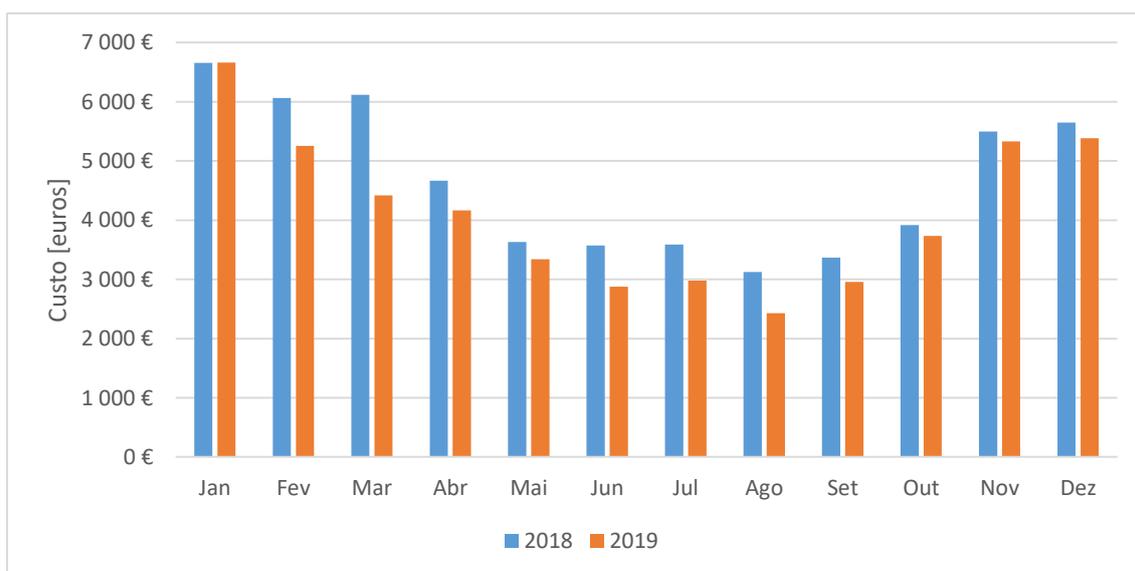


Figura 5.14 - Custos mensais da energia proveniente da rede nos anos de 2018 e 2019.

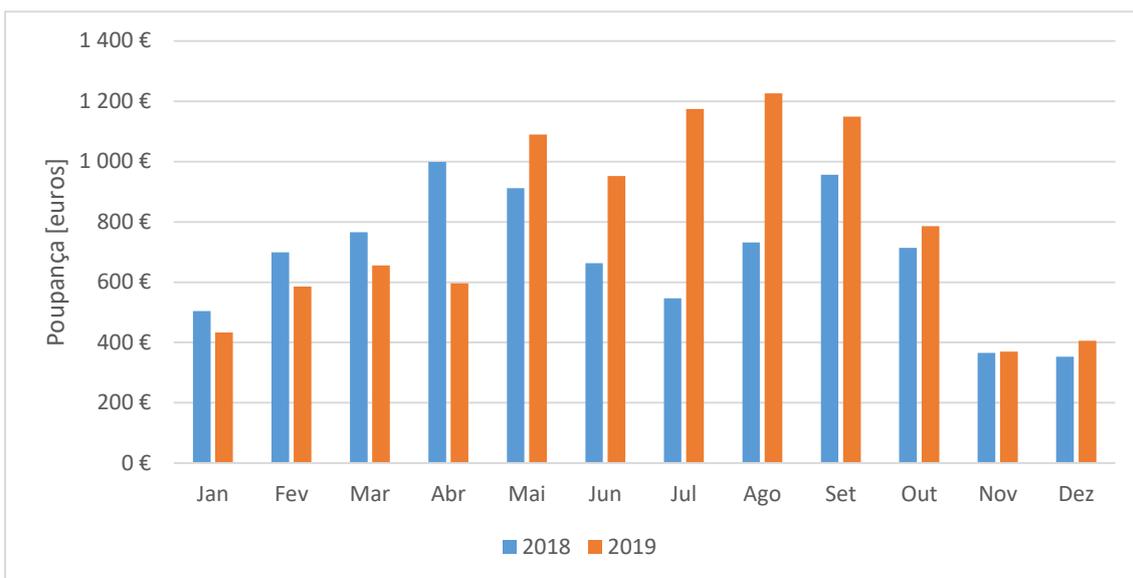


Figura 5.15 - Custos evitados por mês nos anos 2018 e 2019 devido à produção local de energia.

Na Figura 5.16 que traduz a variação percentual do consumo no ano 2019 em relação ao ano anterior, podemos verificar que esta redução de consumos ocorreu sobretudo nos meses de fevereiro, março e abril. Só em março a redução foi de 22,8%, nos outros dois foram reduções ligeiramente superiores a 10%, já nos restantes meses as variações não ultrapassaram os 5%.

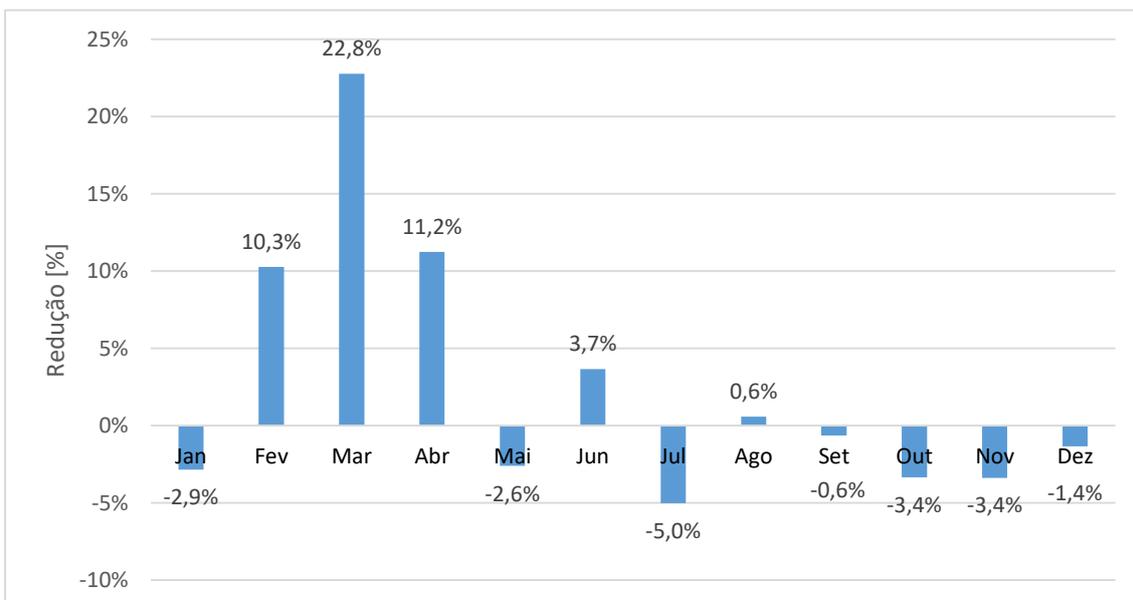


Figura 5.16 - Redução percentual do consumo mensal em 2019 face ao consumo no ano de referência.

5.3 – Funcionamento de Alarmes, Metas e Configurações

Neste subcapítulo vamos demonstrar algumas das funcionalidades que foram descritas nos capítulos anteriores como a criação de metas, a criação de alarmes, a configuração de parâmetros e os perfis semanais.

5.3.1 – Estabelecimento de Metas para Redução de Consumos

Para a criação de Padrões/Metas é necessário definir o parâmetro da meta de redução anual que queremos realizar. Para este efeito vamos simular o funcionamento em tempo real, como se estivéssemos na data de 1 de setembro de 2019.

O parâmetro da meta de redução anual foi definido para 5%. As metas obtidas até à data são as seguintes:

- Redução Anual Realizada = 5,92%.
- Meta Dinâmica = 3,07%.
- Consumo Anual Estimado = 477407 kWh

A Tabela 5.1 contém os valores dos consumos dos anos 2018 e 2019. No ano 2019 o valor atual é o valor até ao dia 1 de setembro de 2019, considerada como data atual, já o valor estimado no final de 2019 é calculado como sendo a soma do consumo acumulado atual mais o consumo de 1 de setembro de 2018 até final de 2018 considerando que se conseguia uma redução de 5,92% (redução anual realizada). Em 2019 temos o valor consumido até à data atual, o valor esperado de acordo com a Redução Anual Realizada e de acordo com a Meta de Redução Anual definida. O balanço indica a poupança conseguida em cada caso.

Tabela 5.1 - Tabela com os consumos para as metas, admitindo o dia atual como 1 de setembro de 2019

	Consumo 2018 [kWh]	Consumo 2019 [kWh]	Poupança [kWh]
Valor à data atual	343758	323416	20342
Valor anual final esperado com meta de redução definida	507434	482062	25372
Valor anual final esperado com meta de redução realizada	507434	477407	30027

Até ao momento podemos verificar que a meta de redução anual definida está a ser cumprida, uma vez que a meta realizada é superior a esta em 0,92 pontos percentuais. O consumo nos restantes cinco meses de 2018 foi de 163676 kWh, assim para se cumprir o objetivo, o consumo no período homólogo em 2019 tem de ser inferior a 158646 kWh. Isto implica uma redução de consumo nos restantes meses de 2019 de 5030 kWh face ao ano de 2018, que em percentagem corresponde a 3,07%, valor correspondente à meta dinâmica.

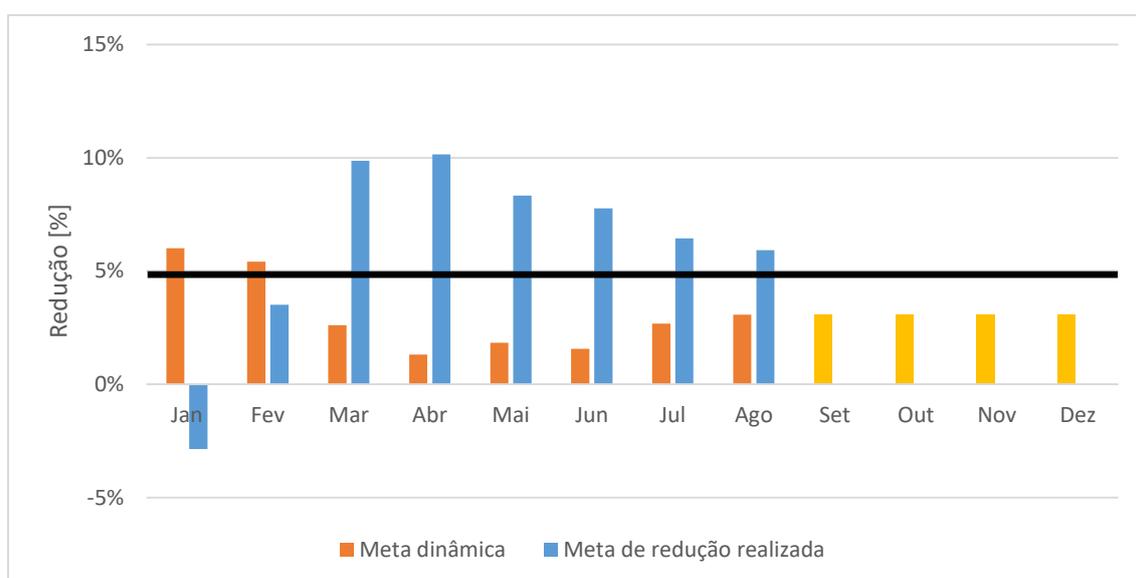


Figura 5.17 - Meta de redução realizada e meta dinâmica no final de cada mês em 2019.

Podemos observar ainda a evolução da Redução Anual Realizada e a Meta Dinâmica no final de cada mês na Figura 5.17. A redução realizada foi bastante elevada nos meses de março, abril, maio e junho, meses onde ocorreu uma diminuição significativa do consumo relativamente ao ano de referência, mas o aumento do consumo relativamente ao ano de referência levou à diminuição da mesma e consequente aumento da meta dinâmica.

No final do ano a redução de consumo realmente obtida foi 3,29%, um valor abaixo da meta estabelecida inicialmente, logo não foi possível cumprir a meta. Podemos então obter uma explicação para este sucedido, analisando a Figura 5.16 (Redução do Consumo Mensal) podemos observar um aumento do consumo nos últimos 4 meses do ano sendo um aumento no geral de 2,22%. Ou seja, uma redução de -2,22% que é inferior aos 3,07% da Meta Dinâmica, pelo que a meta não pode ser cumprida. Na Figura 5.18 podemos observar que o diagrama acumulado realmente obtido começou a ser superior

ao objetivo em setembro, altura em que se analisou o estado atual da meta. Como a meta não foi cumprida o consumo real foi superior ao objetivo nos finais de dezembro. O consumo total em 2019 foi de 490721 kWh, uma redução de 16713 kWh face a 2018.

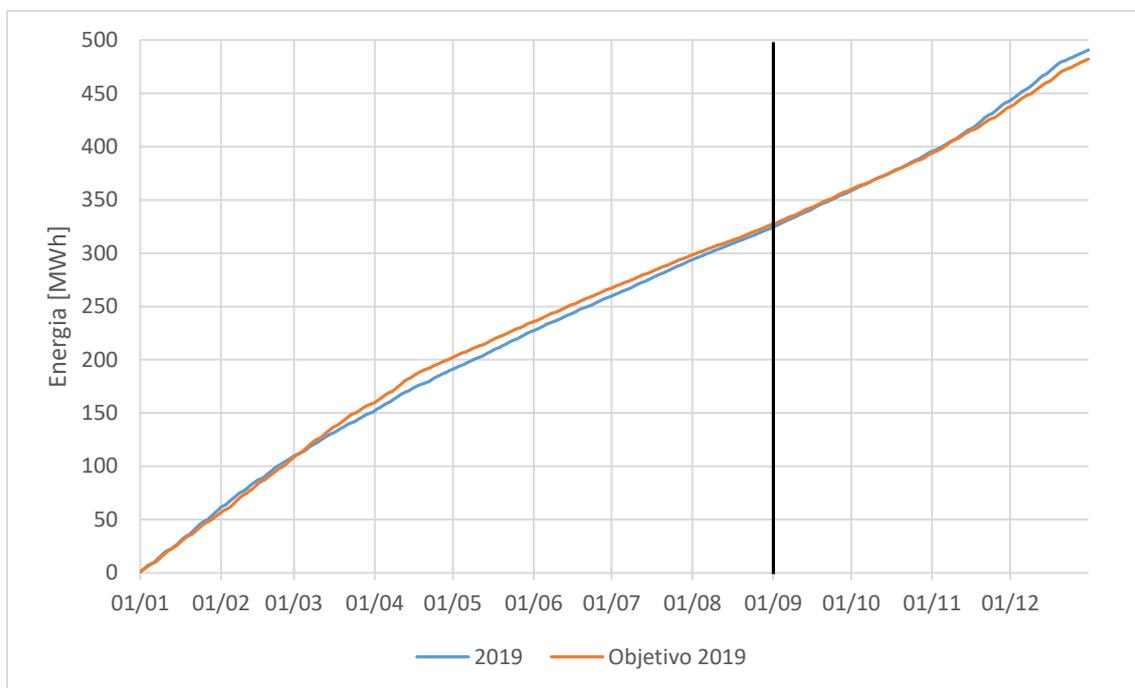


Figura 5.18 - Diagrama do consumo anual acumulado realmente obtido para o ano 2019 e o diagrama objetivo com a meta de redução anual de 5%.

5.3.2 - Configurações

Uma das configurações prende-se com a definição do período de base, período de funcionamento da instalação correspondente à existência de mínima atividade. A monitorização dos consumos neste período é importante porque permite identificar consumos supérfluos relacionados com equipamentos ligados sem necessidade. O ideal é que o consumo neste período seja o mais constante possível e associado a equipamento permanente que efetivamente precisa de estar ligado 24 horas por dia, para isto é necessário proceder ao ajuste do intervalo que deve ser tomado como base.

Escolhendo um período de base das 00h às 8h podemos observar na Figura 5.19 que as potências durante o mesmo não são muito constantes, sendo assim, é necessário voltar a ajustar o período de base. O novo período de base foi definido das 4h às 7h (a laranja no gráfico), agora os valores de potência não variam mais do que 2 kW, podendo considerar os valores de potência neste período aproximadamente constantes. No entanto este valor de base varia consoante as estações do ano, nomeadamente com a temperatura.

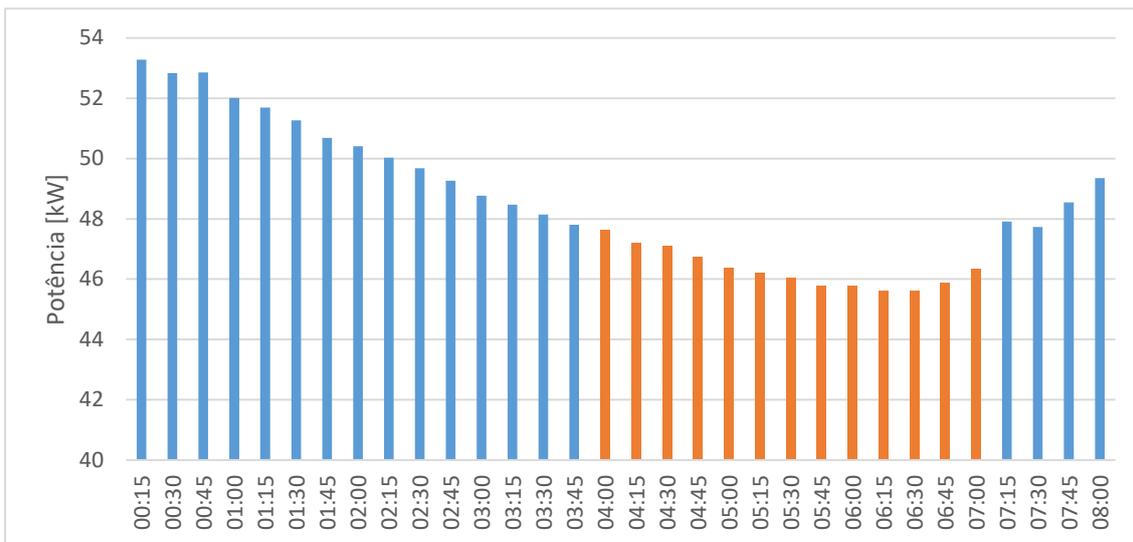


Figura 5.19 - Potência média de base para o período das 00h às 08h nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril, novembro e dezembro de 2018.

Nos meses de outono e inverno a potência média mensal de base é superior, assim como a potência máxima registada nos mesmos como podemos constatar pela Figura 5.20. Esta consideração vai ter de ser tida em conta na definição da potência de média de base de referência para a criação de um alarme associado. Um aumento do período de base levaria a um maior desfasamento entre a potência máxima e mínima na figura abaixo.

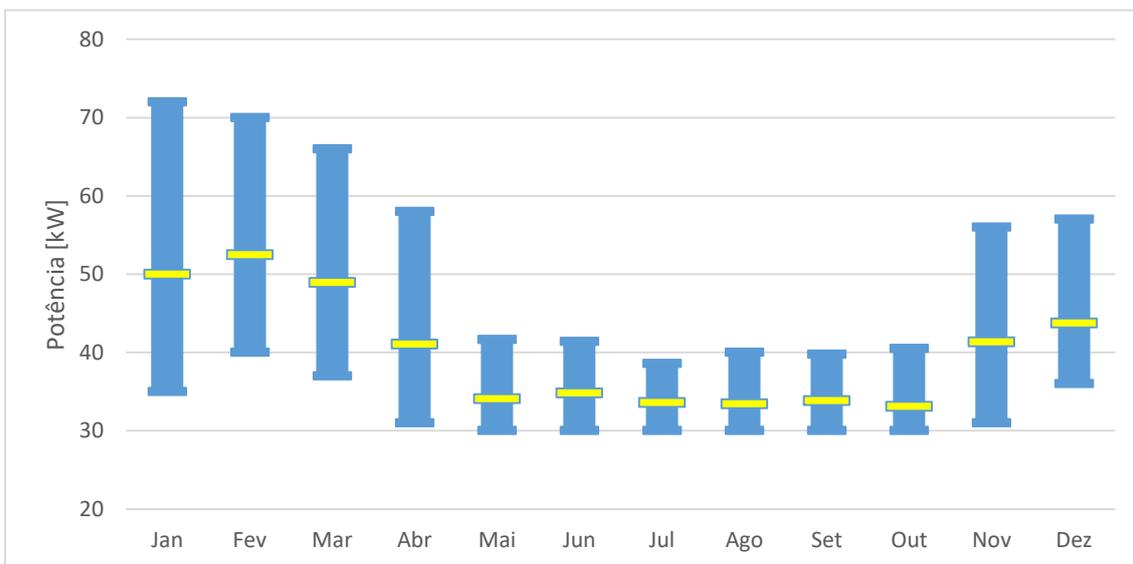


Figura 5.20 – Valores máximas, mínimas e médias mensais da potência média diária do período de base de 2018.

5.3.3 – Alarmes

Para a criação de alarmes temos de definir os valores padrão que funcionam como parâmetros que definem os limites para os indicadores. Para este exemplo vamos continuar a configuração do período de base iniciado anteriormente. Vamos assim definir um alarme para quando a potência média de base de um determinado dia ultrapassar os 60 kW. Como foi referido anteriormente, este valor não deve ser definido para o ano inteiro, o gestor deve ir ajustando o mesmo conforme as necessidades do edifício ao longo do ano.

Podemos observar na Figura 5.21 que nos dias 1 e 22 de fevereiro este valor foi superior ao estabelecido. Uma notificação seria então enviada ao gestor para cada um desses dias, alertando-o para o sucedido. Nos dias 21 e 22 foi quando ocorreu o evento ‘BotOlympics19’ estando assim muita gente no departamento durante o período de base. O gestor resolveria o alarme adicionando no campo do comentário o evento como o motivo para o disparo do alarme, ficando então gravado no sistema para mais tarde ele ou outra pessoa saber o motivo do sucedido.

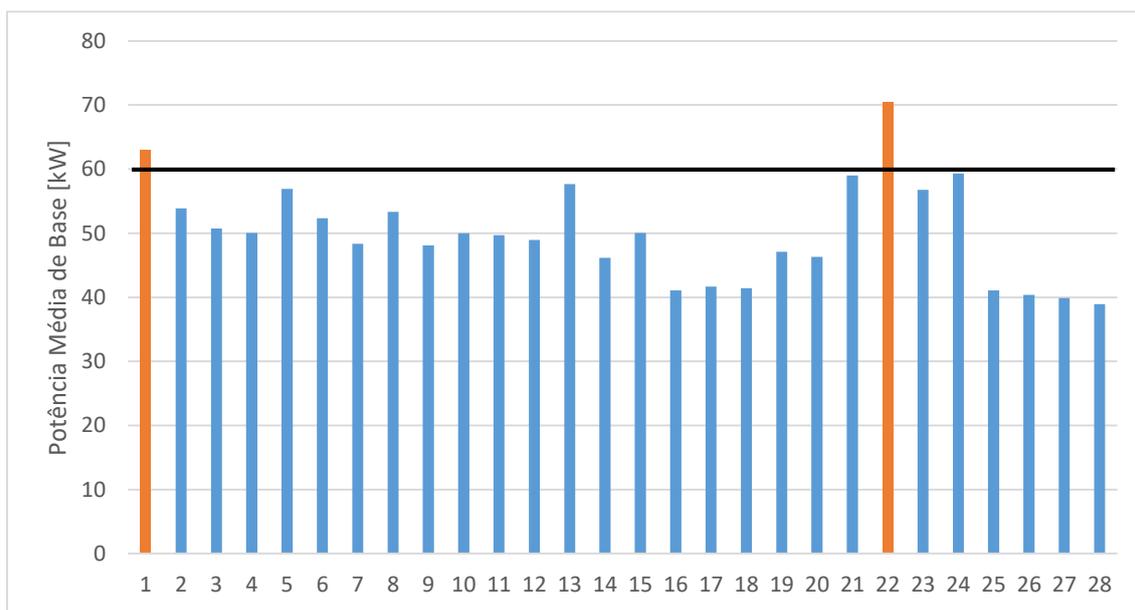


Figura 5.21 - Potência média diária de base no mês de fevereiro de 2019.

5.3.4 – Perfis Semanais

O perfil semanal a ser criado vai corresponder ao mês de abril de 2019, como neste mês ocorreu um feriado este foi considerado como um domingo como foi definido nas especificações.

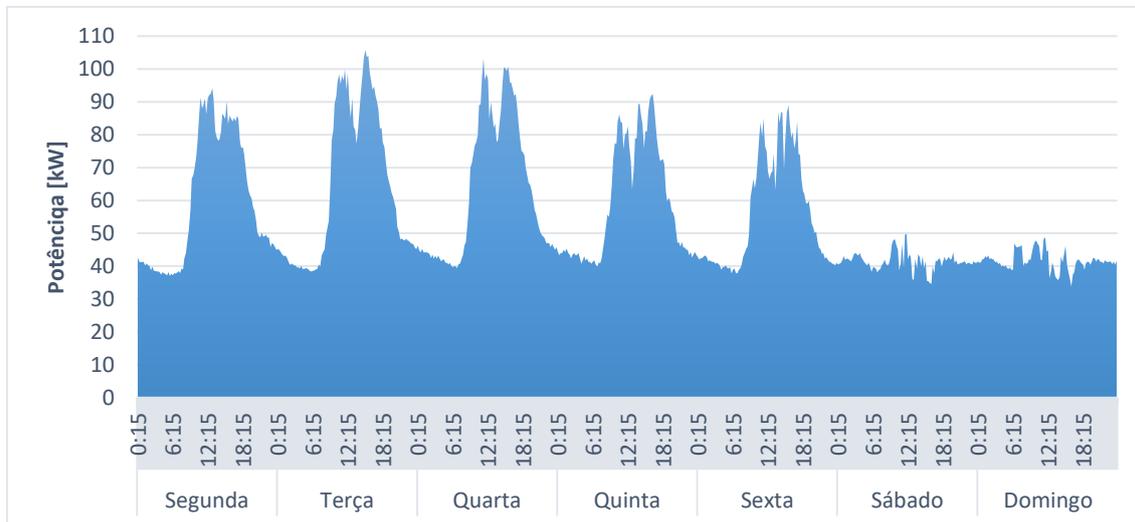


Figura 5.22 - Diagrama semanal de consumo global do DEEC no mês de abril de 2019.

A Figura 5.22 representa o perfil semanal de consumo global do DEEC no mês de abril de 2019. Como este é um edifício de serviços está fechado ao fim-de-semana, o que resulta num diagrama mais horizontal nestes dias. Com a Figura 5.23 temos o perfil anterior com as diferentes potências desagregadas em potência produzida, potência proveniente da rede e a potência de consumo global do edifício, a soma das duas anteriores. Com a informação desagregada é possível observar que no sábado e domingo a maior parte da energia consumida provem dos painéis fotovoltaicos existentes.

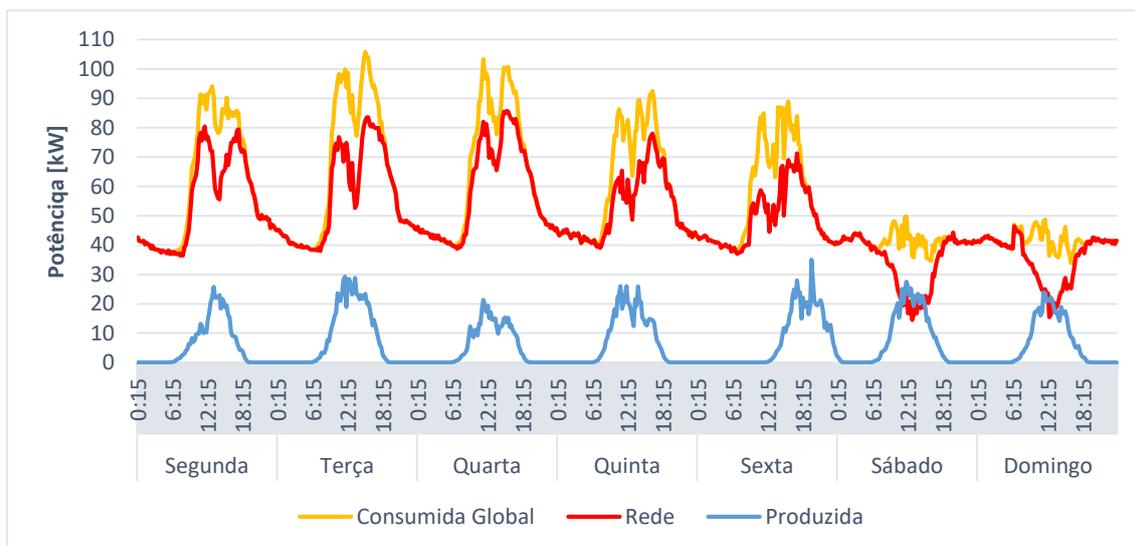


Figura 5.23 - Diagrama semanal dos consumos desagregados por origem no mês de abril de 2019.

Também tem interesse observar o diagrama médio diário dividido em dias laborais e não laborais como está representado Figura 5.24.

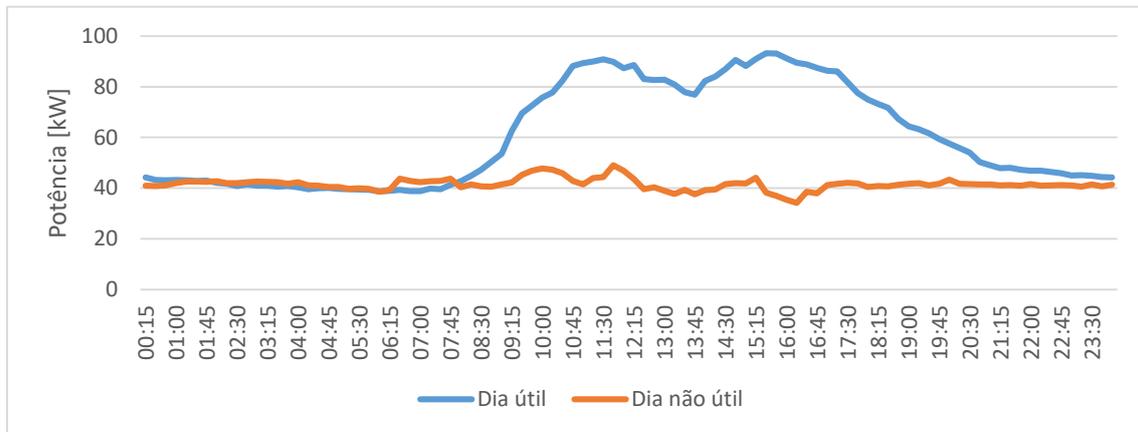


Figura 5.24 - Diagrama médio diário dos dias úteis e não úteis para o mês de abril de 2019.

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO E TRABALHO FUTURO

6.1 – Conclusão

No decorrer deste trabalho foram definidos diversos indicadores para um sistema de monitorização de energia eléctrica, de água e de gás natural. Foram também efetuadas especificações de funcionalidades que devem ser implementadas num sistema de monitorização de consumos.

Um ponto essencial num SMC são os indicadores e uma correta parametrização da instalação onde é implementado. Sem informação útil e relevante o gestor terá mais dificuldade em tomar decisões ou chegar a alguma conclusão acerca do estado de funcionamento de uma instalação. A capacidade de processar os dados de consumos de electricidade, de água e gás natural é uma mais valia, gerando informação útil e de fácil leitura para a gestão da instalação.

A criação de alarmes e de relatórios são ferramentas importantes para uma melhor monitorização e feedback mais rápido acerca de situações anómalas ou indesejadas, assim como para a obtenção do estado geral das instalações. Estas e as outras funcionalidades especificadas neste trabalho tornam o sistema mais flexível e adaptável aos diversos tipos de instalações.

Dado o elevado volume de informação gerado é necessário estabelecer normas que permitam uma boa gestão da mesma. Foi feita a distinção entre a gestão de dados referentes a energia eléctrica e fluidos (água e gás natural) de forma a dar ao gestor responsável flexibilidade sobre a importância dos mesmos na instalação.

Finalmente, com recurso à análise do caso de estudo do DEEC foi possível demonstrar a utilidade da criação dos indicadores e das funcionalidades para um SMC. Um SMC tem de se adaptar às necessidades da instalação, sendo a flexibilidade implementada na parametrização um fator fundamental para o efeito.

6.2 – Trabalho Futuro

Como trabalho futuro pode ser a definição de novos indicadores e parâmetros bem como a elaboração de novas funcionalidades para o sistema. O passo seguinte a esta dissertação seria o desenvolvimento e implementação do sistema descrito na mesma.

REFERÊNCIAS

- [1] R. B. Bertolasi. United States Patente 3998093, 1976.
- [2] S. R. C. T. A. Christina J. Hogan, “Monitoring Architecture and Practice,” em *The Practice of Cloud System Administration (Vol.2)*, United States, Addison-Wesley, 2015, pp. 345-364.
- [3] J. A. Bickel, “The Basics of Power Monitoring Systems,” 2017. [Online]. Available: <https://www.ecmweb.com/metering-amp-monitoring/basics-power-monitoring-systems>. [Acedido em 30 12 2019].
- [4] ISO, “Win the energy challenge with ISO 50001,” 2011. [Online]. Available: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/09/f18/iso_50001_energy.pdf. [Acedido em 25 2 2020].
- [5] DGEG, “Sistema de Gestão Consumos Intensivos de Energia - SGCIE,” 2016. [Online]. Available: <http://www.dgeg.gov.pt/default.aspx?cn=6363644888348835AAAAAAAAA>. [Acedido em 26 2 2020].
- [6] Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto, “Diário da República n.º 159/2013, Série I de 2013-08-20,” *Ministério da Economia e do Emprego*, pp. 4988 - 5005, 20 8 2013.
- [7] G. Gallopin, “Indicators and their use: information for decision making,” em *Sustainability Indicators. A Report on the Project on Indicators of Sustainable Development*, B. a. S. B. Moldan, Ed., Chichester, Willey, 1997, pp. 13-27.
- [8] EPISCOPE, “Energy Performance Indicators,” EPISCOPE Project Team, Damstadt, Alemanha, 2014.
- [9] P. K. a. K. M. Gladys Lopez-Acevedo, “Building Better Policies : The Nuts and Bolts of Monitoring and Evaluation Systems,” 13 4 2012. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10986/6015>. [Acedido em 15 1 2020].
- [10] J. Coelho, “Curso Prático : Introdução à Base de Dados,” 2011. [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/61424005.pdf>. [Acedido em 5 3 2020].
- [11] A. Cunha e M. Caldeira, “Concepção e Implementação de Bases de Dados,” 3 2006. [Online]. Available: <https://www.iseg.ulisboa.pt/aquila/getFile.do?fileId=20004&method=getFile>. [Acedido em 5 3 2020].
- [12] OPC Foundation, “What is OPC?,” [Online]. Available: <https://opcfoundation.org/about/what-is-opc/>. [Acedido em 6 3 2020].
- [13] Associação Industrial do Distrito de Aveiro, “Sistema de Gestão Energética - Guia Prático,” 2014. [Online]. Available: <http://sustentabilidade.aida.pt/wp-content/uploads/2015/06/GuiaSGE2.pdf>. [Acedido em 26 2 2020].
- [14] LEM, “Wi-Lem. Energy Management Software,” [Online]. Available: <https://www.lem.com/en/wilem>. [Acedido em 15 1 2020].
- [15] Rockwell Automation, “Emonitor Condition Monitoring Software,” [Online]. Available: <https://ab.rockwellautomation.com/Condition-Monitoring/9309-Emonitor-Software>. [Acedido em 12 1 2020].

- [16] OPTIMAL MONITORING, “Features of the Optimal Energy Monitoring Software,” [Online]. Available: <http://www.optimalmonitoring.com>. [Acedido em 10 1 2020].
- [17] D. Loureiro, A. Álvares e S. T. Coelho, “Aplicação de Sistemas de Telemetria Domiciliária em Sistemas de Distribuição de Água,” em *I Conferência INSSAA – Modelação de Sistemas de Abastecimento de Água*, Barcelos, 2007.

APÊNDICE A – DESCRIÇÃO DOS INDICADORES

Este apêndice contém as definições e descrições dos indicadores que foram definidos no Capítulo 3.

Existem quatro valores de energia elétrica recolhidos. Esses valores são: energia proveniente da rede (E_R), energia proveniente de fontes de produção local (E_{PV}) e energia injetada na rede (E_{out}). Assim a energia consumida na instalação (E) é definida como:

$$E = E_R + E_{PV} - E_{out}$$

Como os contadores são lidos a cada 15 minutos e a diferença entre cada leitura dá a energia consumida ou produzida num quarto de hora. Passar estes valores para potência, para a representação de diagramas de cargas, basta multiplicar por 4 cada um dos valores.

A.1 – Indicadores Primários

A.1.1 – Indicadores de Energia

Energia diária

Valor da energia consumida/produzida em kWh registada no dia d. Este valor é atualizado a cada 15 minutos. Associado a este indicador de energia diário existem 4 indicadores que desagregam o consumo/produção diário por posto horário.

$$E_{diária} = \sum_{i=1}^{96} E_i \quad (A. 1)$$

Energia diária durante o período de Super Vazio

Valor da energia consumida/produzida em kWh registada no período de super vazio para o dia d.

$$E_{diária_{SV}} = \sum_{i=1}^{SV} E_i \quad (A. 2)$$

Energia diária durante o período de Vazio

Valor da energia consumida/produzida em kWh registada no período de vazio para o dia d.

$$E_{diária_v} = \sum_{i=1}^V E_i \quad (A. 3)$$

Energia diária durante o período de Cheia

Valor da energia consumida/produzida em kWh registada no período de cheia para o dia d.

$$E_{diária_c} = \sum_{i=1}^C E_i \quad (A. 4)$$

Energia diária durante o período de Ponta

Valor da energia consumida/produzida em kWh registada no período de ponta para o dia d.

$$E_{diária_p} = \sum_{i=1}^P E_i \quad (A. 5)$$

Energia diária reativa indutiva fora de vazio

Valor da energia reativa indutiva consumida num dia na instalação em kvarh nos períodos fora de vazio, ou seja, nas cheias e nas pontas. O número de valores a ser recolhido é N_{FV} que corresponde aos períodos fora de vazio nesse dia.

$$ER_{diária_{ind_{FV}}} = \sum_{i=1}^{N_{FV}} Q_{L_i} \quad (A. 6)$$

Energia diária reativa capacitiva em vazio

Valor da energia reativa capacitiva fornecida num dia na instalação em kvarh nos períodos de vazio, ou seja, vazio e super vazio. O número de valores a ser recolhido é N_V que corresponde aos períodos de fora de vazio nesse dia.

$$ER_{diária_{cap_{DV}}} = \sum_{i=1}^{N_V} Q_{C_i} \quad (A. 7)$$

Energia diária reativa indutiva faturada

Valor da energia reativa indutiva faturada durante um dia. É faturada o valor da energia reativa indutiva que supera 30% da energia ativa consumida no período de integração de um dia e fora das horas de vazio. Existem três trechos de acordo com o fator de potência, como podemos observar na Tabela A.1. No cálculo do custo da energia

reativa indutiva, a energia em cada trecho vai ser multiplicada por um fator multiplicativo para além da tarifa. A $tg \varphi$ vai variar a cada dia, visto que o período de integração é de um dia.

Tabela A.1 - Escalões da energia reativa indutiva.

Trechos	Descrição	Fator multiplicativo	Equivalências
Trecho 1	$0,3 \leq tg \varphi < 0,4$	0,33	$\cos(\varphi) = 0,96 \rightarrow 30\%$
Trecho 2	$0,4 \leq tg \varphi < 0,5$	1	$\cos(\varphi) = 0,93 \rightarrow 40\%$
Trecho 3	$tg \varphi \geq 0,5$	3	$\cos(\varphi) = 0,89 \rightarrow 50\%$

Em que:

$$tg \varphi = \frac{ER_{diária_{ind_{FV}}}}{E_{diária_C} + E_{diária_P}} \quad (A. 8)$$

A energia reativa total a ser faturada vai ser dividida por cada trecho, de acordo com a tabela anterior. A percentagem de energia reativa indutiva que esteja entre 30 e 40% da energia ativa fora de vazio fica no trecho 1, entre 40 e 50% no trecho 2 e 50% ou mais fica no trecho 3. Assim a energia reativa indutiva total a ser faturada é:

$$ER_{diária_{faturada}} = ER_{TR1} + ER_{TR2} + ER_{TR3} \quad (A. 9)$$

Só são admitidos valores positivos pelo que se o valor calculado em cada expressão seguinte for negativo, este deve contar como zero. A energia em cada trecho calcula-se da seguinte forma:

$$ER_{TR3} = ER_{diária_{ind_{FV}}} - 50\% * (E_{diária_C} + E_{diária_P}) \quad (A. 10)$$

$$ER_{TR2} = ER_{diária_{ind_{FV}}} - 40\% * (E_{diária_C} + E_{diária_P}) - ER_{TR3} \quad (A. 11)$$

$$ER_{TR1} = ER_{diária_{ind_{FV}}} - 30\% * (E_{diária_C} + E_{diária_P}) - ER_{TR2} - ER_{TR3} \quad (A. 12)$$

Energia mensal

Valor da energia consumida/produzida em kWh no mês pretendido. Este é obtido através da soma dos consumos de energia diários durante o mês. Associado a este indicador de energia mensal existem 4 indicadores que desagregam o consumo mensal por posto horário.

$$E_{mensal} = \sum_{i=1}^{N_{dias}} E_{diária_i} \quad (A.13)$$

Energia mensal durante o período de Super Vazio

Valor da energia consumida/produzida em kWh no mês pretendido durante o período de Super Vazio. Este é obtido através da soma dos consumos de energia diários no período de Super Vazio durante o mês.

$$E_{mensal_{sv}} = \sum_{i=1}^{N_{dias}} E_{diária_{sv_i}} \quad (A.14)$$

Energia mensal durante o período de Vazio

Valor da energia consumida/produzida em kWh no mês pretendido durante o período de Vazio. Este é obtido através da soma dos consumos de energia diários no período de Vazio durante o mês.

$$E_{mensal_v} = \sum_{i=1}^{N_{dias}} E_{diária_v_i} \quad (A.15)$$

Energia mensal durante o período de Cheia

Valor da energia consumida/produzida em kWh no mês pretendido durante o período de Cheia. Este é obtido através da soma dos consumos de energia diários no período de Cheia durante o mês.

$$E_{mensal_c} = \sum_{i=1}^{N_{dias}} E_{diária_c_i} \quad (A.16)$$

Energia mensal durante o período de Ponta

Valor da energia consumida/produzida em kWh no mês pretendido durante o período de Ponta. Este é obtido através da soma dos consumos de energia diários no período de Ponta durante o mês.

$$E_{mensal_p} = \sum_{i=1}^{N_{dias}} E_{diária_p_i} \quad (A.17)$$

Energia anual

Expressa a energia consumida/produzida num ano em kWh e é obtida através da soma dos consumos mensais do ano. Associado a este indicador de energia anual existem 4 indicadores que desagregam o consumo anual por posto horário.

$$E_{ano} = \sum_{i=1}^{12} E_{mensal_i} \quad (A. 18)$$

Energia anual durante o período de Super Vazio

Valor da energia consumida/produzida em kWh no ano pretendido durante o período de Super Vazio. Este é obtido através da soma dos consumos de energia mensais no período de Super Vazio durante o ano.

$$E_{ano_{SV}} = \sum_{i=1}^{12} E_{mensal_{SV_i}} \quad (A. 19)$$

Energia anual durante o período de Vazio

Valor da energia consumida/produzida em kWh no ano pretendido durante o período de Vazio. Este é obtido através da soma dos consumos de energia mensais no período de Vazio durante o ano.

$$E_{ano_V} = \sum_{i=1}^{12} E_{mensal_{V_i}} \quad (A. 20)$$

Energia anual durante o período de Cheia

Valor da energia consumida/produzida em kWh no ano pretendido durante o período de Cheia. Este é obtido através da soma dos consumos de energia mensais no período de Cheia durante o ano.

$$E_{ano_C} = \sum_{i=1}^{12} E_{mensal_{C_i}} \quad (A. 21)$$

Energia anual durante o período de Ponta

Valor da energia consumida/produzida em kWh no ano pretendido durante o período de Ponta. Este é obtido através da soma dos consumos de energia mensais no período de Ponta durante o ano.

$$E_{ano_P} = \sum_{i=1}^{12} E_{mensal_{P_i}} \quad (A. 22)$$

A.1.2 – Indicadores de Potência

Potência máxima diária

Valor da potência máxima registada na instalação num dia á escolha pelo utilizador em kW. O cálculo é efetuado pelo valor máximo de potência registado dos valores recolhidos referentes ao dia em questão.

$$P_{max_{diária}} = \max(4 * E_i), i = 1,2, \dots, 96 \quad (A. 23)$$

Potência máxima mensal

Valor da potência máxima registada na instalação num mês á escolha pelo utilizador em kW. O cálculo é efetuado pelo máximo dos valores máximos de potências registados por dia no mês em questão.

$$P_{max_{mensal}} = \max(P_{max_{diária_j}), j = 1,2, \dots, N_{dias} \quad (A. 24)$$

Potência máxima anual

Valor da potência máxima registada na instalação num ano á escolha pelo utilizador em kW. O cálculo é efetuado pelo máximo dos valores máximos de potências registados por mês no ano em questão.

$$P_{max_{anual_a}} = \max(P_{max_{mensal_k}), k = 1,2, \dots, 12 \quad (A. 25)$$

Potência máxima diária produzida

Valor da potência máxima produzida registada na instalação num dia á escolha pelo utilizador em kW. O cálculo é efetuado pelo máximo dos valores máximos de potências produzidas registados no dia em questão.

$$P_{max_{diária_{PVON}}} = \max(4 * E_{PV_i}), i = 1,2, \dots, 96 \quad (A. 26)$$

Potência máxima mensal produzida

Valor da potência máxima produzida registada na instalação num ano á escolha pelo utilizador em kW. O cálculo é efetuado pelo máximo dos valores máximos de potências produzidas registados no mês em questão.

$$P_{max_{mensal_{PVON}}} = \max(4 * E_{PV_{i,j}), i = 1,2, \dots, 96 \text{ e } j = 1,2, \dots, N_{dias} \quad (A. 27)$$

Potência máxima anual produzida

Valor da potência máxima produzida registrada na instalação num ano á escolha pelo utilizador em kW. O cálculo é efetuado pelo máximo dos valores máximos de potências produzidas registados no ano em questão.

$$P_{max_{ano_{PV_{ON}}}} = \max(4 * E_{PV_{i,j}}), i = 1,2, \dots, 96 \text{ e } j = 1,2, \dots, 12 \quad (\text{A. 28})$$

Potência mínima diária

Valor da potência mínima registrada na instalação num dia á escolha pelo utilizador em kW. O cálculo é efetuado pelo valor mínimo de potência registrado dos valores recolhidos referentes ao dia em questão. Valores iguais a zero dependendo do ponto de medição podem ser considerados como uma falha na leitura.

$$P_{min_{diária}} = \min(4 * E_i), i = 1,2, \dots, 96 \quad (\text{A. 29})$$

Potência mínima mensal

Valor da potência mínima registrada na instalação num mês á escolha pelo utilizador em kW. O cálculo é efetuado pelo mínimo dos valores mínimo de potências registados por dia no mês em questão.

$$P_{min_{mensal}} = \min(P_{min_{diária_j}}), j = 1,2, \dots, N_{dias} \quad (\text{A. 30})$$

Potência mínima anual

Valor da potência mínima registrada na instalação num ano á escolha pelo utilizador em kW. O cálculo é efetuado pelo mínimo dos valores mínimos de potências registados por mês no ano em questão.

$$P_{min_{anual}} = \min(P_{min_{mensal_k}}), k = 1,2, \dots, 12 \quad (\text{A. 31})$$

Potência média diária de base (período sem atividade)

Valor da potência média do dia á escolha do utilizador no período sem atividade nas instalações em kWh. Este período é definido pelo utilizador nos parâmetros caracterizadores do edifício.

$$P_{diária_{base}} = \text{med}(4 * E_i), i = 1,2, \dots, N_{T_{base}} \quad (\text{A. 32})$$

Potência média mensal de base (período sem atividade)

Valor da potência média do mês á escolha do utilizador no período sem atividade nas instalações em kWh. Este período é definido pelo utilizador nos parâmetros caracterizadores do edifício.

$$P_{mensal_{base}} = \text{med}(4 * E_{PV_{i,j}}), i = 1,2, \dots, N_{T_{base}} \text{ e } j = 1,2, \dots, N_{dias} \quad (\text{A. 33})$$

Potência média anual de base (período sem atividade)

Valor da potência média do ano á escolha do utilizador no período sem atividade nas instalações em kWh. Este período é definido pelo utilizador nos parâmetros caracterizadores do edifício.

$$P_{anual_{base}} = med\left(4 * E_{PV_{i,j}}\right), i = 1,2,\dots,N_{T_{base}} \text{ e } j = 1,2,\dots,365 \quad (\text{A. 34})$$

A.1.3 - Indicadores de Fluido

Consumo de água diário do dia d

Indica o volume de água consumido no dia á escolha do gestor. O cálculo é efetuado através do somatório do volume lido durante um dia.

$$Agua_{diário} = \sum_{i=1}^{96} A_i \quad (\text{A. 35})$$

Consumo de água mensal do mês m

Indica o volume de água consumido no mês á escolha do gestor. O cálculo é efetuado através do somatório do volume lido durante um mês.

$$Agua_{mensal} = \sum_{i=1}^{N_{dias}} Agua_{diário_i} \quad (\text{A. 36})$$

Consumo de água anual do ano a

Indica o volume de água consumido no ano á escolha do gestor. O cálculo é efetuado através do somatório do volume lido durante um ano.

$$Agua_{ano} = \sum_{i=1}^{12} Agua_{mensal_i} \quad (\text{A. 37})$$

Taxa de consumo de água diário no período de base

Indica a taxa de consumo de água no dia á escolha do gestor durante o período de base. O cálculo é efetuado através da divisão do somatório do volume lido durante um dia nesse período sobre o período de base, tem unidades de litros/hora.

$$Agua_{diário_{base}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{T_{base}}} A_i}{T_{base}} \quad (\text{A. 38})$$

Consumo de gás natural diário do dia d

Indica o volume de gás natural consumido no dia á escolha do gestor. O cálculo é efetuado através do somatório do volume lido durante um dia.

$$GN_{diário} = \sum_{i=1}^{96} G_i \quad (A. 39)$$

Consumo de gás natural mensal do mês m

Indica o volume de gás natural consumido no mês á escolha do gestor. O cálculo é efetuado através do somatório do volume lido durante um mês.

$$GN_{mensal} = \sum_{i=1}^{N_{dias}} GN_{diário_i} \quad (A. 40)$$

Consumo de gás natural anual do ano a

Indica o volume de gás natural consumido no ano á escolha do gestor. O cálculo é efetuado através do somatório do volume lido durante um ano.

$$GN_{ano} = \sum_{i=1}^{12} GN_{mensal_i} \quad (A. 41)$$

Taxa de consumo de gás natural diário no período de base

Indica a taxa de consumo de gás natural no dia á escolha do gestor durante o período de base. O cálculo é efetuado através da divisão do somatório do volume lido durante um dia nesse período sobre o período de base, tem unidades de litros/hora.

$$GN_{diário_{base}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{T_{base}}} G_i}{T_{base}} \quad (A. 42)$$

A.2 – Indicadores Secundários

A.2.1 – Indicadores de Custos

Custo diário da energia reativa indutiva

O custo diário da energia reativa depende da energia em cada trecho. Cada um dos trechos a serem faturados vão ser multiplicados pelo fator multiplicativo correspondente. Assim o custo diário da energia reativa indutiva em euros é dado por:

$$\epsilon_{diário_{ind}} = (ER_{TR1} * 0,3 + ER_{TR2} * 1 + ER_{TR3} * 3) * CER_{ind} \quad (A. 43)$$

Custo diário da energia reativa capacitiva

Apresenta o custo diário da energia reativa capacitiva em euros. No caso da energia reativa capacitiva é contabilizada toda de forma igual durante os períodos de vazio.

$$\epsilon_{diário_{cap}} = ER_{diária_{cap_{DV}}} * CER_{cap} \quad (A.44)$$

Custo diário de energia no dia d do mês m do ano a (aaaa,mm,dd)

Apresenta o valor do custo de energia diário registado no dia á escolha pelo utilizador em euros. O cálculo de cada parcela do custo diário é semelhante ao custo mensal, sendo que aqui a energia utilizada é a diária e o número de dias é só um. No cálculo do custo diário da potência média em horas de ponta a única alteração é na energia que aqui é a energia diária, o número de dias e de horas de ponta são os valores do mês mantendo-se iguais tanto no custo diário como no mensal.

$$\begin{aligned} \epsilon_{diária} = & \epsilon_{diário_{SV}} + \epsilon_{diário_V} + \epsilon_{diário_C} + \epsilon_{diário_P} + \epsilon_{diário_{HP}} + \\ & \epsilon_{diário_{PC}} + \epsilon_{diário_{ind}} + \epsilon_{diário_{cap}} \end{aligned} \quad (A.45)$$

Custo mensal durante o período de Super Vazio

Apresenta o valor do custo de energia mensal registado durante o período de Super Vazio em euros. Só a energia consumida que provem da rede é que é contabilizada.

$$\epsilon_{mensal_{SV}} = E_{mensal_{R_{SV}}} * (C_{SV} + AR_{SV}) \quad (A.46)$$

Custo mensal de energia durante o período de Vazio

Apresenta o valor do custo de energia mensal registado durante o período de Vazio em euros. Só a energia consumida que provem da rede é que é contabilizada.

$$\epsilon_{mensal_V} = E_{mensal_{R_V}} * (C_V + AR_V) \quad (A.47)$$

Custo mensal de energia durante o período de Cheias

Apresenta o valor do custo de energia mensal registado durante o período de Cheias em euros. Só a energia consumida que provem da rede é que é contabilizada.

$$\epsilon_{mensal_C} = E_{mensal_{R_C}} * (C_C + AR_C) \quad (A.48)$$

Custo mensal de energia durante o período de Ponta

Apresenta o valor do custo de energia mensal registado durante o período de Ponta em euros. Só a energia consumida que provem da rede é que é contabilizada.

$$\epsilon_{mensal_P} = E_{mensal_{R_P}} * (C_P + AR_P) \quad (A.49)$$

Custo mensal da potência média em horas de ponta

Apresenta o custo da potência fornecida no período horário de pontas, tem em conta o número total de horas de ponta do mês e o número de dias desse mês. Só a energia consumida que provem da rede é que é contabilizada.

$$\epsilon_{mensal_{HP}} = E_{mensal_{RP}} * \frac{N_{dias}}{Horas_{ponta}} * CPHP \quad (A.50)$$

Custo mensal da potência contratada

Apresenta o custo mensal relativo ao valor da potência contratada. Este depende do valor da potência contratada e do número de dias do mês correspondente.

$$\epsilon_{mensal_{PC}} = P_{contratada} * CPC * N_{dias} \quad (A.51)$$

Custo mensal da energia reativa indutiva.

Apresenta o custo mensal da energia reativa indutiva em euros. Como em cada dia o FM pode ser diferente, o custo é dado pela soma dos custos diários.

$$\epsilon_{mensal_{ind}} = \sum_{i=1}^{N_{dias}} \epsilon_{diário_{ind_i}} \quad (A.52)$$

Custo mensal da energia reativa capacitiva

Apresenta o custo mensal da energia reativa capacitiva em euros.

$$\epsilon_{mensal_{cap}} = \sum_{i=1}^{N_{dias}} \epsilon_{diário_{cap_i}} \quad (A.53)$$

Custo mensal de energia no mês m do ano a (aaaa,mm)

Apresenta o valor do custo de energia mensal registado no mês á escolha do utilizador.

$$\begin{aligned} \epsilon_{mensal} = & \epsilon_{mensal_{SY}} + \epsilon_{mensal_V} + \epsilon_{mensal_C} + \epsilon_{mensal_P} + \epsilon_{mensal_{HP}} \\ & + \epsilon_{mensal_{PC}} + \epsilon_{mensal_{ind}} + \epsilon_{mensal_{cap}} \end{aligned} \quad (A.54)$$

Custo médio por kWh no mês m do ano a

Apresenta o valor do custo médio de um kWh no mês á escolha pelo utilizador em euros/kWh. O custo da parcela da potência contratada e da energia reativa não são contabilizados de forma a poder haver comparação com os custos médios de produção.

$$\epsilon_{mediomensal/kWh} = \frac{\epsilon_{mensal_{SY}} + \epsilon_{mensal_V} + \epsilon_{mensal_C} + \epsilon_{mensal_P} + \epsilon_{mensal_{HP}}}{E_{mensal}} \quad (A.55)$$

Custo anual de energia no ano a

Apresenta o valor do custo de energia anual registado no ano á escolha pelo utilizador em euros. Para obter os custos discriminados é só somar os custos correspondentes nos 12 meses.

$$\epsilon_{anual} = \sum_{i=1}^{12} \epsilon_{mensal_i} \quad (A. 56)$$

Custo médio por kWh no ano a

Apresenta o valor do custo médio de um kWh no ano á escolha pelo utilizador em euros/kWh. O custo da parcela da potência contratada e da energia reativa não são contabilizados de forma a poder haver comparação com os custos médios de produção.

$$\epsilon_{medio_{ano}/kWh} = \frac{\epsilon_{ano_{SV}} + \epsilon_{ano_V} + \epsilon_{ano_C} + \epsilon_{ano_P} + \epsilon_{ano_{HP}}}{E_{ano}} \quad (A. 57)$$

Custo diário de gás natural no dia d

Apresenta o custo diário do consumo de gás natural na instalação em euros.

$$\epsilon_{diário_{Gás}} = \frac{GN_{diário}}{1000 * FCGN} * TEGN + 1 * (TFAGN) \quad (A. 58)$$

Custo mensal de gás natural do mês m

Apresenta o custo mensal do consumo de gás natural na instalação em euros.

$$\epsilon_{mensal_{Gás}} = \frac{GN_{mensal}}{1000 * FCGN} * TEGN + N_{dias} * (TFAGN) \quad (A. 59)$$

Custo anual de gás natural do ano a

Apresenta o custo anual do consumo de gás natural na instalação em euros.

$$\epsilon_{ano_{Gás}} = \sum_{i=1}^{12} \epsilon_{mensal_{Gás_i}} \quad (A. 60)$$

Custo diário de água no dia d

Apresenta o custo diário do consumo de água na instalação no dia à escolha do gestor em euros. As unidades da água no sistema estão em litros e têm de ser convertidas para m³, sendo este valor arredondado às unidades.

$$\epsilon_{diário_{Água}} = Agua_{diário_{m^3}} * TVA + 1 * TDSA \quad (A. 61)$$

Custo mensal de água do mês m

Apresenta o custo mensal do consumo de água na instalação em euros. As unidades da água no sistema estão em litros e têm de ser convertidas para m³, sendo este valor arredondado às unidades. De notar que o consumo tem de ser repartido pelos diversos escalões e tem de ser multiplicado pela tarifa correspondente.

$$\epsilon_{\text{mensal}_{\text{Água}}} = \text{Água}_{\text{mensal}_{\text{m}^3}} * \text{TVA} + N_{\text{dias}} * \text{TDSA} \quad (\text{A. 62})$$

Custo anual de água do ano a

Apresenta o custo anual do consumo de água na instalação em euros.

$$\epsilon_{\text{ano}_{\text{Água}}} = \sum_{i=1}^{12} \epsilon_{\text{mensal}_{\text{Água}_i}} \quad (\text{A. 63})$$

A.2.2 – Indicadores do Sistema de Produção

Utilização diária da potência instalada de produção

Indica a percentagem de energia produzida localmente relativamente á energia máxima que poderia ter sido produzida à potência máxima de produção durante o dia.

$$UPM_{\text{diária}}(\%) = \frac{E_{\text{diária}_{\text{produzida}}}}{P_{\text{PV}_{\text{pico}}} * 24} * 100 \quad (\text{A. 64})$$

Este valor pode ser convertido em horas, indicando quantas horas seriam necessárias à potência máxima produzir a energia produzida no dia.

$$UPM_{\text{diária}}(h) = UPM_{\text{diária}}(\%) * 24 \quad (\text{A. 65})$$

Autossuficiência da instalação no mês m

Indica o valor em percentagem da energia produzida e consumida localmente na instalação referente á energia consumida num mês á escolha do utilizador. Mostra a percentagem de energia consumida que provem das fontes de produção local.

$$AS_{\text{mensal}} = \frac{E_{\text{mensal}_{\text{produzida}}} - E_{\text{mensal}_{\text{exportada}}}}{E_{\text{mensal}}} * 100 \quad (\text{A. 66})$$

Utilização mensal da potência instalada de produção no mês m

Indica a percentagem de energia produzida localmente relativamente á energia máxima que poderia ter sido produzida à potência máxima durante um mês.

$$UPM_{mensual}(\%) = \frac{E_{mensual_{produzida}}}{P_{PV_{pico}} * 24 * N_{dias}} * 100 \quad (A. 67)$$

Este valor pode ser convertido em horas, indicando quantas horas seriam necessárias à potência máxima produzir a energia produzida no mês.

$$UPM_{mensual}(h) = UPM_{mensual}(\%) * 24 * N_{dias} \quad (A. 68)$$

Autossuficiência da instalação no ano a

Indica o valor em percentagem da energia produzida e consumida localmente na instalação referente á energia consumida num ano á escolha do utilizador. Mostra a percentagem de energia consumida que provem das fontes de produção local.

$$AS_{ano} = \frac{E_{ano_{produzida}} - E_{ano_{exportada}}}{E_{ano}} * 100 \quad (A. 69)$$

Utilização anual da potência instalada de produção no ano a

Indica a percentagem de energia produzida localmente relativamente á energia máxima que poderia ter sido produzida à potência máxima durante um ano.

$$UPM_{ano}(\%) = \frac{E_{ano_{produzida}}}{P_{PV_{pico}} * 24 * 365} * 100 \quad (A. 70)$$

Este valor pode ser convertido em horas, indicando quantas horas seriam necessárias à potência máxima produzir a energia produzida no ano.

$$UPM_{ano}(h) = UPM_{ano}(\%) * 24 * 365 \quad (A. 71)$$

A.2.3 – Indicadores Associados a Dados Meteorológicos

Graus dias de aquecimento mensal

Diferença entre a temperatura base de inverno e a temperatura média diária no exterior durante um mês, este valor é expresso em °dia. Só são considerados valores positivos pois só neste caso é que é necessário aquecimento. Assim para valores negativos o indicador deve ser considerado como zero.

$$GD_{AQ_{mês}} = (Temp_{BaseI} - Temp_{out}) * N_{dias} \quad (A.72)$$

Graus dias de aquecimento anual

Diferença entre a temperatura base de inverno e a temperatura média diária no exterior durante um ano, este valor é expresso em °dia. Só são considerados valores positivos pois só neste caso é que é necessário aquecimento. Assim para valores negativos o indicador deve ser considerado como zero.

$$GD_{AQ_{ano}} = (Temp_{BaseI} - Temp_{out}) * 365 \quad (A.73)$$

Graus dias de arrefecimento mensal

Diferença entre a temperatura média diária no exterior e a temperatura base de verão durante um mês, este valor é expresso em °dia. Só são considerados valores positivos pois só neste caso é que é necessário arrefecimento. Assim para valores negativos o indicador deve ser considerado como zero.

$$GD_{AR_{mês}} = (Temp_{out} - Temp_{BaseV}) * N_{dias} \quad (A.74)$$

Graus dias de arrefecimento anual

Diferença entre a temperatura média diária no exterior e a temperatura base de verão durante um ano, este valor é expresso em °dia. Só são considerados valores positivos pois só neste caso é que é necessário arrefecimento. Assim para valores negativos o indicador deve ser considerado como zero.

$$GD_{AR_{ano}} = (Temp_{out} - Temp_{BaseV}) * 365 \quad (A.75)$$

APÊNDICE B – TABELAS REFERENTES À ANÁLISE DE DADOS

Tabela B.1 - Energia mensal proveniente da rede nos diferentes postos horários em 2018.

Consumo Rede 2018 (kWh)	HSV	HV	HC	HP	Total
Janeiro	6498	10305	26041	10834	53679
Fevereiro	5998	9210	23439	9992	48638
Março	6151	9435	24143	9205	48933
Abril	5007	7880	19576	4698	37161
Maio	4293	5776	15076	3467	28611
Junho	4256	6604	14090	3364	28315
Julho	4179	6442	14293	3378	28291
Agosto	4165	5764	12890	2382	25200
Setembro	4103	6283	13452	2891	26729
Outubro	4148	6026	16257	4237	30668
Novembro	5103	8173	20643	9493	43411
Dezembro	5679	9939	20714	8885	45216
Total Anual	59578	91836	220613	72825	444851

Tabela B.2 - Energia mensal produzida localmente no DEEC nos diferentes postos horários em 2018.

Produção 2018 [kWh]	HSV	HV	HC	HP	Total
Janeiro	0	777	2188	1067	4031
Fevereiro	0	1361	3076	1299	5737
Março	0	1240	3780	1205	6225
Abril	0	1476	3949	1872	7298
Maio	6	1353	3754	1676	6789
Junho	5	1024	3035	1020	5084
Julho	2	1064	2401	812	4279
Agosto	0	1087	3093	1308	5487
Setembro	0	1548	3799	1696	7042
Outubro	0	889	2867	1458	5214
Novembro	0	245	1407	1007	2658
Dezembro	0	690	1241	807	2738
Total Anual	13	12754	34589	15227	62583

Tabela B.3 - Energia mensal global consumida no DEEC nos diferentes postos horários em 2018.

Consumo Global 2018 [kWh]	HSV	HV	HC	HP	Total
Janeiro	6498	11082	28229	11901	57710
Fevereiro	5998	10571	26515	11290	54374
Março	6151	10675	27923	10410	55158
Abril	5007	9356	23525	6570	44459
Maio	4299	7129	18829	5143	35400
Junho	4260	7628	17125	4385	33399
Julho	4181	7506	16694	4190	32571
Agosto	4165	6850	15982	3690	30687
Setembro	4103	7830	17250	4587	33771
Outubro	4148	6916	19124	5694	35881
Novembro	5103	8418	22050	10500	46069
Dezembro	5679	10629	21954	9692	47955
Total Anual	59591	104590	255201	88052	507434

Tabela B.4 - Energia mensal proveniente da rede nos diferentes postos horários em 2019.

Consumo Rede 2019 (kWh)	HSV	HV	HC	HP	Total
Janeiro	6698	10291	27511	11364	55864
Fevereiro	5735	8918	20619	8814	44086
Março	5394	8759	16253	6777	37183
Abril	4865	7293	18384	4331	34874
Maio	4605	5935	14218	3075	27832
Junho	4296	6267	11601	2272	24435
Julho	4375	5587	12390	2603	24956
Agosto	4319	5940	9413	1434	21105
Setembro	4321	6444	12270	2278	25313
Outubro	4696	6467	15960	4007	31129
Novembro	5712	9500	20896	8617	44723
Dezembro	6302	10042	20523	8604	45470
Total Anual	61318	91441	200036	64174	416969

Tabela B.5 - Energia mensal produzida localmente no DEEC nos diferentes postos horários em 2019.

Produção 2019 [kWh]	HSV	HV	HC	HP	Total
Janeiro	0	786	1653	1052	3491
Fevereiro	0	938	2418	1350	4706
Março	1	1245	2838	1325	5409
Abril	0	806	2672	1110	4588
Maio	7	1738	4733	2013	8492
Junho	12	2075	4202	1452	7741
Julho	6	1805	5399	2043	9252
Agosto	0	1636	5520	2247	9403
Setembro	0	1790	4600	2283	8673
Outubro	0	1067	3186	1705	5958
Novembro	0	548	1433	924	2905
Dezembro	0	543	1519	1071	3134
Total Anual	27	14977	40174	18575	73752

Tabela B.6 - Energia mensal global consumida no DEEC nos diferentes postos horários em 2019.

Consumo Global 2019 [kWh]	HSV	HV	HC	HP	Total
Janeiro	6698	11078	29164	12416	59355
Fevereiro	5735	9856	23037	10165	48792
Março	5395	10003	19091	8102	42592
Abril	4865	8099	21056	5441	39462
Maio	4612	7673	18951	5087	36324
Junho	4308	8342	15803	3723	32176
Julho	4381	7392	17788	4646	34208
Agosto	4319	7575	14933	3680	30507
Setembro	4321	8233	16870	4561	33985
Outubro	4696	7534	19145	5712	37087
Novembro	5712	10048	22329	9540	47628
Dezembro	6302	10585	22042	9675	48604
Total Anual	61345	106417	240210	82748	490721

Tabela B.7 - Energia reativa indutiva faturada mensalmente no DEEC nos diferentes trechos em 2018.

Energia Reativa Indutiva 2018 [kvarh]	Faturada Total	Faturada TR1	Faturada TR2	Faturada TR3	Custo [euros]
Janeiro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00 €
Fevereiro	63,5	63,5	0,0	0,0	0,58 €
Março	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00 €
Abril	335,3	292,9	42,4	0,0	3,87 €
Maio	880,6	874,8	5,8	0,0	8,19 €
Junho	788,1	757,8	30,3	0,0	7,79 €
Julho	556,7	556,4	0,3	0,0	5,11 €
Agosto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00 €
Setembro	317,2	317,2	0,0	0,0	2,91 €
Outubro	457,1	457,1	0,0	0,0	4,19 €
Novembro	37,9	37,9	0,0	0,0	0,35 €
Dezembro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00 €
Total Anual	3436,4	3357,5	78,8	0,0	32,99 €

Tabela B.8 - Energia reativa indutiva faturada mensalmente no DEEC nos diferentes trechos em 2019.

Energia Reativa Indutiva 2019 [kvarh]	Faturada Total	Faturada TR1	Faturada TR2	Faturada TR3	Custo [euros]
Janeiro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00 €
Fevereiro	155,9	155,9	0,0	0,0	1,28 €
Março	479,3	472,0	7,3	0,0	4,04 €
Abril	107,0	107,0	0,0	0,0	0,88 €
Maio	670,0	670,0	0,0	0,0	5,48 €
Junho	226,9	186,3	40,6	0,0	2,53 €
Julho	23,5	23,5	0,0	0,0	0,19 €
Agosto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00 €
Setembro	29,3	29,3	0,0	0,0	0,24 €
Outubro	52,3	52,3	0,0	0,0	0,43 €
Novembro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00 €
Dezembro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00 €
Total Anual	1744,1	1696,2	47,9	0,0	15,07 €

Tabela B.9 - Energia reativa capacitiva faturada mensalmente no DEEC em 2018.

Energia Reativa Capacitiva 2018 [kvarh]	Mensal	Faturada	Custo [euros]
Janeiro	139	103	2,15 €
Fevereiro	191	175	3,65 €
Março	198	158	3,29 €
Abril	254	219	4,57 €
Maio	0	0	0,00 €
Junho	90	66	1,38 €
Julho	603	392	8,19 €
Agosto	117	89	1,86 €
Setembro	259	229	4,79 €
Outubro	190	159	3,32 €
Novembro	25	16	0,34 €
Dezembro	133	86	1,80 €
Total Anual	2199	1691	35,33 €

Tabela B.10 - Energia reativa capacitiva faturada mensalmente no DEEC em 2019.

Energia Reativa Capacitiva 2019 [kvarh]	Mensal	Faturada	Custo [euros]
Janeiro	18	15	0,29 €
Fevereiro	73	56	1,04 €
Março	47	35	0,65 €
Abril	139	101	1,89 €
Maio	3048	1237	23,13 €
Junho	165	140	2,61 €
Julho	603	479	8,96 €
Agosto	815	637	11,91 €
Setembro	488	432	8,07 €
Outubro	664	550	10,29 €
Novembro	629	508	9,49 €
Dezembro	1321	890	16,64 €
Total Anual	8009	5079	94,97 €

Tabela B.11 - Potências máximas e médias mensais provenientes da rede e da produção local registadas no DEEC em 2018.

Potências 2018 [kW]	Máxima Rede	Média Rede	Máxima Produzida	Média Produzida
Janeiro	177,00	72,15	41,98	5,42
Fevereiro	183,00	72,38	55,65	8,54
Março	179,00	65,77	62,19	8,37
Abril	184,00	51,61	61,42	10,14
Maio	104,00	38,46	49,63	9,12
Junho	83,00	39,33	44,48	7,06
Julho	75,00	38,03	36,71	5,75
Agosto	64,00	33,87	40,53	7,37
Setembro	86,00	37,12	41,56	9,78
Outubro	110,00	41,22	39,88	7,01
Novembro	156,00	60,29	37,28	3,69
Dezembro	163,00	60,77	27,52	3,68
Anual	184,00	50,78	62,19	7,14

Tabela B.12 - Potências de consumo global registadas mensalmente no DEEC em 2018.

Potências Globais 2018 [kW]	Máxima	Média	Mínima	Máxima Base	Média Base	Mínima Base
Janeiro	178,82	77,57	33,01	72,00	49,99	35,00
Fevereiro	187,81	80,91	40,00	70,00	52,51	40,00
Março	184,53	74,14	4,92	66,00	48,92	36,97
Abril	211,37	61,75	7,40	58,00	41,07	31,00
Maio	133,45	47,58	9,86	41,66	34,11	30,00
Junho	108,86	46,39	12,65	41,40	34,82	30,00
Julho	89,16	43,78	15,33	38,57	33,60	30,00
Agosto	88,22	41,25	21,32	40,00	33,45	30,00
Setembro	111,51	46,90	13,91	39,76	33,85	30,00
Outubro	121,48	48,23	12,71	40,51	33,10	30,00
Novembro	159,44	63,99	16,36	56,00	41,37	31,00
Dezembro	163,00	64,46	19,25	57,00	43,76	36,02
Anual	211,37	57,93	4,92	72,00	39,97	30,00

Tabela B.13 - Potências máximas e médias mensais provenientes da rede e da produção local registadas no DEEC em 2019.

Potências 2019 [kW]	Máxima Rede	Média Rede	Máxima Produzida	Média Produzida
Janeiro	180,00	75,09	31,64	4,69
Fevereiro	174,00	65,60	40,45	7,00
Março	132,00	49,98	31,94	7,27
Abril	122,00	48,44	37,33	6,37
Maio	86,00	37,41	59,20	11,41
Junho	89,00	33,94	59,27	10,75
Julho	82,00	33,54	59,90	12,44
Agosto	60,00	28,37	57,48	12,64
Setembro	82,00	35,16	53,86	12,05
Outubro	111,00	41,84	49,15	8,01
Novembro	159,00	62,12	42,67	4,03
Dezembro	176,00	61,12	33,58	4,21
Anual	180,00	47,60	59,90	8,42

Tabela B.14 - Potências de consumo global registadas mensalmente no DEEC em 2019.

Potências Globais 2019 [kW]	Máxima	Média	Mínima	Máxima Base	Média Base	Mínima Base
Janeiro	184,15	79,78	27,50	68,00	51,40	36,00
Fevereiro	174,04	72,61	25,56	80,00	50,09	37,00
Março	139,30	57,25	12,28	66,00	42,02	36,00
Abril	148,83	54,81	10,02	75,08	39,79	30,00
Maio	109,56	48,82	15,61	43,44	36,41	32,00
Junho	104,62	44,69	10,38	43,00	35,21	30,00
Julho	108,04	45,98	10,94	41,39	35,18	31,00
Agosto	93,49	41,00	10,30	41,11	34,93	31,00
Setembro	106,06	47,20	3,99	40,00	35,77	32,00
Outubro	114,55	49,85	12,49	43,82	35,80	31,00
Novembro	159,00	66,15	16,84	63,00	45,92	36,00
Dezembro	176,00	65,33	2,82	67,00	48,62	33,00
Anual	184,15	56,02	2,82	80,00	40,87	30,00

Tabela B.15 - Nível de autossuficiência mensal obtida no DEEC nos anos 2018 e 2019.

Autossuficiência [%]	2018	2019
Janeiro	6,99	5,88
Fevereiro	10,55	9,65
Março	11,29	12,70
Abril	16,41	11,63
Maiο	19,18	23,38
Junho	15,22	24,06
Julho	13,14	27,05
Agosto	17,88	30,82
Setembro	20,85	25,52
Outubro	14,53	16,06
Novembro	5,77	6,10
Dezembro	5,71	6,45
Anual	12,33	15,03

Tabela B.16 - Utilização da potência máxima de produção registrada em cada mês nos anos de 2018 e 2019.

Utilização da Potência Máxima de Produção	2018		2019	
	Porcentagem [%]	Horas	Porcentagem [%]	Horas
Janeiro	6,87%	51,13	5,95%	44,28
Fevereiro	10,83%	72,77	8,88%	59,69
Março	10,61%	78,96	9,22%	68,61
Abril	12,86%	92,56	8,08%	58,20
Maiο	11,57%	86,11	14,48%	107,71
Junho	8,96%	64,49	13,64%	98,18
Julho	7,30%	54,28	15,77%	117,36
Agosto	9,35%	69,60	16,03%	119,26
Setembro	12,41%	89,33	15,28%	110,01
Outubro	8,89%	66,13	10,16%	75,57
Novembro	4,68%	33,72	5,12%	36,85
Dezembro	4,67%	34,73	5,34%	39,75
Anual	9,06%	793,80	10,68%	935,46

Na Tabela B.17 e na Tabela B.18 está incluído no custo total o custo da energia reativa indutiva e capacitiva descritos nas tabelas correspondentes.

Tabela B.17 - Custo mensal da compra de energia nas diferentes parcelas em 2018.

Custo 2018 (euros)	HSV	HV	HC	HP	PHP	PC	Total
Janeiro	515,18 €	889,42 €	2 934,04 €	1 370,10 €	627,04 €	316,94 €	6 654,87 €
Fevereiro	475,50 €	794,87 €	2 640,84 €	1 263,53 €	600,65 €	286,27 €	6 065,89 €
Março	487,63 €	814,33 €	2 720,16 €	1 164,00 €	612,62 €	316,94 €	6 118,99 €
Abril	397,46 €	679,36 €	2 199,76 €	592,67 €	480,29 €	306,72 €	4 664,67 €
Maiο	340,78 €	497,91 €	1 694,03 €	437,43 €	334,45 €	316,94 €	3 629,73 €
Junho	337,82 €	569,35 €	1 583,32 €	424,43 €	343,95 €	306,72 €	3 574,78 €
Julho	331,69 €	555,36 €	1 606,13 €	426,11 €	340,60 €	316,94 €	3 590,13 €
Agosto	330,64 €	496,87 €	1 448,39 €	300,51 €	229,77 €	316,94 €	3 124,98 €
Setembro	325,70 €	541,61 €	1 511,57 €	364,76 €	310,38 €	306,72 €	3 368,43 €
Outubro	328,83 €	520,13 €	1 831,70 €	535,75 €	375,96 €	316,94 €	3 916,82 €
Novembro	404,53 €	705,39 €	2 325,85 €	1 200,48 €	555,86 €	306,72 €	5 499,51 €
Dezembro	450,21 €	857,86 €	2 333,79 €	1 123,57 €	563,18 €	316,94 €	5 647,35 €
Total Anual	4 725,96 €	7 922,47 €	24 829,60 €	9 203,33 €	5 374,75 €	3 731,74 €	55 856,18 €

Tabela B.18 - Custo mensal da compra de energia nas diferentes parcelas em 2019.

Custo 2019 (euros)	HSV	HV	HC	HP	PHP	PC	Total
Janeiro	478,77 €	813,22 €	3 028,14 €	1 449,40 €	597,03 €	294,24 €	6 661,09 €
Fevereiro	409,96 €	704,67 €	2 269,51 €	1 124,22 €	481,01 €	265,76 €	5 257,44 €
Março	385,56 €	692,11 €	1 788,97 €	864,41 €	389,98 €	294,24 €	4 419,95 €
Abril	348,24 €	575,59 €	2 018,04 €	551,10 €	383,69 €	284,75 €	4 164,17 €
Maiο	329,61 €	468,38 €	1 560,74 €	391,22 €	269,21 €	294,24 €	3 342,01 €
Junho	307,49 €	494,60 €	1 273,44 €	289,04 €	221,36 €	284,75 €	2 875,82 €
Julho	313,18 €	440,95 €	1 360,02 €	331,25 €	227,95 €	294,24 €	2 976,75 €
Agosto	309,15 €	468,75 €	1 033,21 €	182,44 €	131,25 €	294,24 €	2 430,96 €
Setembro	309,32 €	508,55 €	1 346,82 €	289,87 €	211,42 €	284,75 €	2 959,03 €
Outubro	335,69 €	511,03 €	1 756,66 €	511,01 €	314,37 €	294,24 €	3 733,72 €
Novembro	408,28 €	750,66 €	2 299,97 €	1 099,00 €	479,82 €	284,75 €	5 331,96 €
Dezembro	450,47 €	793,49 €	2 258,97 €	1 097,34 €	472,56 €	294,24 €	5 383,70 €
Total Anual	4 385,71 €	7 221,99 €	21 994,48 €	8 180,31 €	4 179,65 €	3 464,43 €	49 536,60 €

Tabela B.19 - Valor da poupança obtida com a energia produzida no DEEC nas diferentes parcelas em 2018.

Poupança Produção 2018	HSV	HV	HC	HP	PHP	Total
Janeiro	0,00 €	67,06 €	246,48 €	134,91 €	56,05 €	504,50 €
Fevereiro	0,00 €	117,50 €	346,62 €	164,27 €	70,89 €	699,28 €
Março	0,00 €	107,00 €	425,93 €	152,40 €	80,21 €	765,53 €
Abril	0,02 €	127,27 €	443,80 €	236,16 €	191,38 €	998,62 €
Mai	0,46 €	116,66 €	421,81 €	211,43 €	161,66 €	912,02 €
Junho	0,36 €	88,29 €	341,06 €	128,74 €	104,33 €	662,77 €
Julho	0,16 €	91,72 €	269,82 €	102,48 €	81,92 €	546,10 €
Agosto	0,01 €	93,68 €	347,51 €	164,97 €	126,13 €	732,29 €
Setembro	0,00 €	133,42 €	426,85 €	213,99 €	182,09 €	956,35 €
Outubro	0,00 €	76,77 €	322,97 €	184,35 €	129,37 €	713,45 €
Novembro	0,00 €	21,13 €	158,48 €	127,31 €	58,95 €	365,87 €
Dezembro	0,00 €	59,57 €	139,82 €	102,11 €	51,18 €	352,67 €
Total Anual	1,01 €	1 100,06 €	3 891,13 €	1 923,12 €	1 294,14 €	8 209,46 €

Tabela B.20 - Valor da poupança obtida com a energia produzida no DEEC nas diferentes parcelas em 2019.

Poupança Produção 2019	HSV	HV	HC	HP	PHP	Total
Janeiro	0,00 €	62,14 €	181,96 €	134,17 €	55,27 €	433,53 €
Fevereiro	0,00 €	74,12 €	266,13 €	172,24 €	73,69 €	586,18 €
Março	0,10 €	98,34 €	312,42 €	168,98 €	76,24 €	656,08 €
Abril	0,01 €	63,62 €	293,33 €	141,19 €	98,30 €	596,45 €
Mai	0,53 €	137,18 €	519,57 €	256,14 €	176,26 €	1 089,67 €
Junho	0,86 €	163,78 €	461,22 €	184,72 €	141,47 €	952,05 €
Julho	0,44 €	142,42 €	592,61 €	259,95 €	178,89 €	1 174,31 €
Agosto	0,02 €	129,09 €	605,93 €	285,89 €	205,67 €	1 226,61 €
Setembro	0,00 €	141,24 €	504,95 €	290,55 €	211,92 €	1 148,65 €
Outubro	0,00 €	84,31 €	350,65 €	217,49 €	133,80 €	786,24 €
Novembro	0,00 €	43,31 €	157,76 €	117,81 €	51,44 €	370,32 €
Dezembro	0,00 €	42,93 €	167,24 €	136,63 €	58,84 €	405,64 €
Total Anual	1,95 €	1 182,48 €	4 413,77 €	2 365,76 €	1 461,77 €	9 425,73 €

ANEXO

Ciclo semanal para todos os fornecimentos em Portugal Continental			
Período de hora legal de Inverno		Período de hora legal de Verão	
De segunda-feira a sexta-feira		De segunda-feira a sexta-feira	
Ponta:	09.30/12.00 h 18.30/21.00 h	Ponta:	09.15/12.15 h
Cheias:	07.00/09.30 h 12.00/18.30 h 21.00/24.00 h	Cheias:	07.00/09.15 h 12.15/24.00 h
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/07.00 h	Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/07.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h
Sábado		Sábado	
Cheias:	09.30/13.00 h 18.30/22.00 h	Cheias:	09.00/14.00 h 20.00/22.00 h
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/09.30 h 13.00/18.30 h 22.00/24.00 h	Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/09.00 h 14.00/20.00 h 22.00/24.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h
Domingo		Domingo	
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/24.00 h	Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/24.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h

Figura 0.1 - Períodos horários definidos pela ERSE

TARIFA DE ACESSO ÀS REDES EM MT		PREÇOS	
Potência		(EUR/kW.mês)	(EUR/kW.dia) *
	Horas de ponta	5,928	0,1949
	Contratada	0,984	0,0324
Energia ativa		(EUR/kWh)	
Períodos I, IV	Horas de ponta	0,0499	
	Horas cheias	0,0387	
	Horas de vazio normal	0,0143	
	Horas de super vazio	0,0136	
Períodos II, III	Horas de ponta	0,0496	
	Horas cheias	0,0384	
	Horas de vazio normal	0,0142	
	Horas de super vazio	0,0137	
Energia reativa		(EUR/kvarh)	
	Indutiva	0,0248	
	Capacitiva	0,0187	

* RRC art. 119.º, n.º 6

Figura 0.2 - Tarifas de acesso às redes em média tensão para 2018.

TARIFA DE ACESSO ÀS REDES EM MT		PREÇOS	
Potência		(EUR/kW.mês)	(EUR/kW.dia) *
	Horas de ponta	6,531	0,2147
	Contratada	1,063	0,0349
Energia ativa		(EUR/kWh)	
Períodos I, IV	Horas de ponta	0,0490	
	Horas cheias	0,0413	
	Horas de vazio normal	0,0221	
	Horas de super vazio	0,0214	
Períodos II, III	Horas de ponta	0,0487	
	Horas cheias	0,0410	
	Horas de vazio normal	0,0220	
	Horas de super vazio	0,0215	
Energia reativa		(EUR/kvarh)	
	Indutiva	0,0278	
	Capacitiva	0,0209	

* RRC art. 119.º, n.º 6

Figura 0.3 - Tarifas de acesso às redes em média tensão para 2019

Tarifa do Comercializador		PREÇOS
Energia ativa		(EUR/kWh)
	Horas de ponta	0,077646
	Horas cheias	0,07137
	Horas de vazio normal	0,064721
	Horas de super vazio	0,05788

Figura 0.4 - Tarifa do comercializador nos anos 2018 e 2019.