



Instituto Superior de Engenharia

Politécnico de Coimbra

DEPARTAMENTO DE / DEPARTMENT OF
ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

Eficiência energética num edifício de serviços: estudo de medidas de melhoria do SACE

Trabalho de Projeto para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Eletrotécnica

Especialização em Automação e Comunicações em Sistemas de
Energia

Autor

Ricardo Filipe Martins Saleiro

Orientador

Professora Doutora Rita Manuela da Fonseca Monteiro Pereira

Co-Orientador

Professor Doutor Hermano Joaquim dos Santos Bernardo

Supervisor na empresa INESC TEC

Engenheiro Filipe Tadeu Soares Oliveira



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, março de 2026

RESUMO

O presente documento descreve as atividades desenvolvidas no Projeto final de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica (MEE), no ramo de especialização em Automação e Comunicações em Sistemas de Energia, ministrado pelo Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC). Este projeto foi desenvolvido na sede do Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Tecnologia e Ciência (INESC TEC), no Porto.

Numa primeira abordagem, é analisada a importância do setor dos edifícios no consumo energético e nas emissões de gases com efeito de estufa. Destaca-se a importância da melhoria da eficiência energética neste setor, tendo em consideração os progressos que ocorreram nos últimos anos. É referenciada a existência de objetivos climáticos ambiciosos, dos quais se destacam os presentes no Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050), no Plano Nacional Energia e Clima 2030 (PNEC 2030) e na Estratégia de Longo Prazo para a Renovação de Edifícios (ELPRE). Faz-se ainda uma abordagem geral à nova diretiva relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios (EPBD), revelando algumas das adaptações previstas.

Depois de definidos os objetivos a atingir, é feita uma apresentação da estrutura do documento. Começa-se por fazer uma pesquisa e análise de informação relacionada com os sistemas de monitorização, automação e controlo de edifícios, dando destaque à legislação mais recente nessa matéria, com destaque para a EPBD de 24 de Abril de 2024. Com uma visão geral, apresenta-se um contexto passado e presente, sendo de seguida apresentado um contexto futuro, onde se destacam datas e metas relevantes a considerar.

Posteriormente, é feita uma caracterização geral do caso de estudo, seguida por duas caracterizações detalhadas dos Edifícios A e B, e dos sistemas técnicos que os integram. Logo depois é feita uma explicação minuciosa acerca do SRI, desde o seu aparecimento até aos detalhes da sua metodologia de cálculo.

De seguida, procede-se à aplicação do conhecimento adquirido, sendo realizada a avaliação do Indicador de Aptidão para as Tecnologias Inteligentes (SRI) dos dois edifícios contíguos da sede do INESC TEC. Realiza-se uma análise do estado atual e de um cenário futuro, através do estudo de medidas de melhoria.

Como epílogo, são apresentadas algumas reflexões e conclusões gerais do trabalho. São ainda indicadas perspetivas de desenvolvimento futuros, como forma de continuidade ao trabalho realizado.

Palavras-Chave: Eficiência Energética, Monitorização e Controlo, Sistemas de Automação e Controlo de Edifícios, Smart Readiness Indicator.

ABSTRACT

This document describes the activities carried out in the final Master's Project in Electrical Engineering (MEE), with a specialization in Automation and Communications in Energy Systems, offered by the Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC). This project was conducted at the headquarters of Institute for Systems and Computer Engineering, Technology and Science (INESC TEC), in Porto.

At first, the role of the building sector in energy consumption and greenhouse gas emissions is examined. The importance of improving energy efficiency in this sector is highlighted, with due consideration for the progress made in recent years. Reference is made to the existence of ambitious climate goals, particularly those outlined in the Roadmap for Carbon Neutrality 2050 (RNC 2050), the National Energy and Climate Plan 2030 (PNEC 2030), and the Long-Term Building Renovation Strategy (ELPRE). A general overview of the new Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) is also provided, highlighting some of the planned adaptations.

After defining the objectives to be achieved, the structure of the document is presented. The work begins with research and analysis of information related to building monitoring, automation, and control systems, with emphasis on the most recent legislation in this area, particularly the EPBD of 24 April 2024. Providing an overall perspective, a past and present context is outlined, followed by a future context highlighting relevant dates and targets to be considered.

Subsequently, a general characterization of the case study is presented, followed by two detailed characterizations of Buildings A and B, and the technical systems they incorporate. This is followed by a thorough explanation of the Smart Readiness Indicator (SRI), from its emergence to the details of its calculation methodology.

Next, the acquired knowledge is applied by carrying out the assessment of the Smart Readiness Indicator (SRI) for the two adjacent buildings at the INESC TEC headquarters. An analysis of the current state and a future scenario is conducted through the study of improvement measures.

As an epilogue, some reflections and general conclusions of the work are presented. Future development perspectives are also indicated, as a means of continuing the work undertaken.

Keywords: Energy Efficiency, Monitoring and Control, Building Automation and Control Systems, Smart Readiness Indicator.

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais
Natália e Sérgio*

Às estrelas que estão no céu.

“Patience and perseverance have a magical effect before which difficulties disappear and obstacles vanish.”

John Quincy Adams

Este trabalho foi cofinanciado pela Componente 5 – Capitalização e Inovação Empresarial, integrada na Dimensão da Resiliência do Plano de Recuperação e Resiliência, no âmbito do Mecanismo de Recuperação e Resiliência (MRR) da União Europeia (UE), enquadrado no *Next Generation EU*, para o período de 2021 - 2026, no âmbito do projeto ATE, com a referência 56.

AGRADECIMENTO

O processo de redação e de concretização deste projeto constituiu um verdadeiro período heurístico, marcado por descobertas e aprendizagem contínua. Durante este trajeto emergiram obstáculos, por vezes tidos como intransponíveis, cuja superação exigiu perseverança. A conclusão deste trabalho tornou-se possível graças à determinação pessoal e, sobretudo, ao apoio firme e generoso de todos aqueles que me acompanharam.

Expresso a minha profunda gratidão ao Professor Hermano Bernardo e ao Professor Filipe Oliveira, do INESC TEC, cuja orientação, supervisão e presença revelaram-se indiscutivelmente decisivas para a conceção e concretização deste trabalho.

Quero agradecer à Professora Rita Pereira por ter sido presença constante no meu percurso enquanto estudante do ISEC, e por ter sempre uma palavra amiga e paciência para me receber.

A experiência, quiçá uma verdadeira sinestesia de ideias e emoções, foi simultaneamente enriquecedora e paradoxal, pois nos momentos de desafios exacerbados encontrei a serenidade do vosso apoio. A vossa disponibilidade e ubiquidade, aliadas à forma sempre eloquente com que me trataram e à celeridade das respostas, deram-me o tempo e a inspiração necessários para ganhar arcaboço intelectual e, assim, singrar-me Mestre em Engenharia Eletrotécnica.

Agradeço a toda a minha família, especialmente aos meus pais, por todo o apoio e confiança que sempre me proporcionaram ao longo da vida académica.

Agradeço a todos os meus amigos e colegas, pela troca de experiências e ajuda ao longo de toda esta experiência única e enriquecedora, que nunca irei esquecer.

Agradeço ainda ao ISEC, em especial ao Departamento de Engenharia Eletrotécnica, corpo docente e discente, pelas condições e apoio prestados ao longo do meu percurso académico.

A todos, o meu sincero obrigado.

ÍNDICE

Resumo	i
Abstract	ii
Dedicatória	iii
Agradecimento	v
Índice de Figuras.....	ix
Índice de Tabelas.....	xiv
Lista de Abreviaturas.....	xv
Lista de Símbolos.....	xvii
1 Introdução	1
1.1 Objetivos	4
1.2 Organização.....	4
2 Sistemas de monitorização, automação e controlo de edifícios.....	5
2.1 Visão Geral	5
2.1.1 Passado e Presente	5
2.1.2 Perspetiva Futura	10
3 <i>Smart Readiness Indicator</i> (SRI).....	13
3.1 Evolução do SRI	14
3.2 Fases de Teste do SRI em Curso	17
3.3 Metodologia SRI.....	19
3.3.1 Definição e Objetivos.....	21
3.3.2 Estrutura do Processo de Avaliação.....	23
3.3.3 Catálogo de Serviços aptos para as Tecnologias Inteligentes	25
3.3.3.1 Domínios Técnicos.....	26
3.3.3.2 Métodos	28
3.3.3.3 Níveis de Funcionalidade	29
3.3.3.4 Critérios de Impacto	30
3.3.4 Cálculo das Pontuações de Aptidão para as Tecnologias Inteligentes	31
3.4 Análise SWOT.....	40
4 Caracterização do Caso de Estudo.....	41
4.1 Edifício A.....	42
4.1.1 Identificação do Edifício A	42
4.1.2 Levantamento Dimensional	42
4.1.3 Caracterização dos Sistemas de Climatização.....	42
4.1.3.1 Subsistema de Produção e Transporte de Energia Térmica	42

4.1.3.2	Subsistema de Distribuição de Energia Térmica	53
4.1.4	Preparação de Água Quente Sanitária (AQS)	57
4.1.5	Sistemas de Iluminação.....	57
4.1.6	Sistemas de Automatização e Controlo Instalados no Edifício	59
4.1.6.1	Sistema de Gestão Técnica do AVAC	59
4.1.6.2	Sistema de Gestão Técnica da Iluminação	60
4.1.7	Sistema de Carregamento de Veículos Elétricos	61
4.1.7.1	Parque de Estacionamento – Fachada Sul	61
4.1.7.2	Parque de Estacionamento – Fachada Norte	63
4.1.8	Sistemas de Aproveitamento de Energias Renováveis	64
4.1.8.1	Energia Solar Fotovoltaica	64
4.1.8.2	Energia Eólica	66
4.2	Edifício B.....	67
4.2.1	Identificação do Edifício B	67
4.2.2	Levantamento Dimensional	67
4.2.3	Caracterização dos Sistemas de Climatização.....	67
4.2.3.1	Subsistema de Produção e Transporte de Energia Térmica	67
4.2.3.2	Subsistema de Distribuição de Energia Térmica	76
4.2.4	Preparação de Água Quente Sanitária (AQS)	79
4.2.5	Sistemas de Iluminação.....	79
4.2.6	Sistemas de Automatização e Controlo Instalados no Edifício	81
4.2.6.1	Sistema de Gestão Técnica do AVAC	81
4.2.6.2	Sistema de Gestão Técnica da Iluminação	83
4.2.7	Sistema de Carregamento de Veículos Elétricos	84
4.2.7.1	Parque de Estacionamento – Fachada Sul	84
4.2.7.2	Parque de Estacionamento – Fachada Norte	84
4.2.8	Sistemas de Aproveitamento de Energias Renováveis	86
4.2.8.1	Energia Solar Fotovoltaica	86
5	Avaliação do SRI.....	87
5.1	Edifício A.....	87
5.1.1	Avaliação do estado atual do edifício	87
5.1.2	Determinação de medidas de melhoria e nova avaliação do edifício, considerando essas mesmas medidas	112
5.1.3	Considerações gerais acerca da avaliação SRI ao Edifício A	136
5.2	Edifício B.....	138
5.2.1	Avaliação do estado atual do edifício	138

5.2.2	Determinação de medidas de melhoria e nova avaliação do edifício, considerando essas mesmas medidas	157
5.2.3	Considerações gerais acerca da avaliação SRI ao Edifício B	171
6	Considerações Finais e Trabalho Futuro	173
6.1	Conclusões	173
6.2	Perspetivas de desenvolvimentos futuros	175
	Referências Bibliográficas	176
	ANEXO I – Caracterização da Iluminação do INESC A	184
	ANEXO II – Caracterização da Iluminação do INESC B	191
	ANEXO III – Avaliação SRI ao INESC A	196
	ANEXO IV – Avaliação SRI ao INESC B	211

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução do SRI ao longo dos anos [46]	14
Figura 2 – Percorso feito e previsto do SRI [20], [24].....	16
Figura 3 – Estrutura da Metodologia de Avaliação do SRI [46].....	20
Figura 4 – Áreas de foco da EPBD 2024 [11]	22
Figura 5 – Objetivos principais do SRI [11], [80]	22
Figura 6 – Estrutura da Auditoria SRI [52].....	25
Figura 7 – Ilustração dos Domínios Técnicos [46]	26
Figura 8 – Aplicação dos níveis de funcionalidade para o serviço de “Controlo da dissipação de calor” [46]	29
Figura 9 – Agregação dos 7 critérios de impacto nas 3 principais funcionalidades do SRI [46]	30
Figura 10 – Cálculo da pontuação de impacto agregada [46].....	32
Figura 11 – Cálculo das pontuações de aptidão para as tecnologias inteligentes dos diferentes domínios técnicos, para cada critério de impacto $SRI_{d, ic}$ [46].....	33
Figura 12 – Continuação do cálculo das pontuações de aptidão para as tecnologias inteligentes dos diferentes domínios técnicos, para cada critério de impacto $SRI_{d, ic}$ [46]	33
Figura 13 – Cálculo da pontuação da aptidão para as tecnologias inteligentes, para cada um dos critérios de impacto $SRic$ [46]	34
Figura 14 – Continuação do cálculo da pontuação da aptidão para as tecnologias inteligentes, para cada um dos critérios de impacto $SRic$ [46]	34
Figura 15 – Exemplificação da abordagem normalizada para atribuição dos fatores de ponderação [46]	35
Figura 16 – Exemplificação da determinação das pontuações de aptidão para as tecnologias inteligentes, ao longo das 3 funcionalidades principais [46].....	36
Figura 17 – Valores predefinidos para os fatores de ponderação dos 7 critérios de impacto e das 3 funcionalidades principais [46].....	37
Figura 18 – Distinção entre a apresentação de uma pontuação geral do SRI e pontuações desagregadas, expressas pelas 3 principais funcionalidades da aptidão para as tecnologias inteligentes [46]	37
Figura 19 – Apresentação exemplo de pontuações por domínio e por critério de impacto [46].....	38
Figura 20 – Localização do edifício sede do INESC TEC [71]	41
Figura 21 – Exterior do edifício sede do INESC TEC [72].....	41
Figura 22 – Esquema simplificado de funcionamento da instalação de calor no INESC A.....	43
Figura 23 – Bomba de Calor Daikin EBBX16DF6V.....	44

Figura 24 – Depósito de Inércia SICC Tech 218EXTRA1000	46
Figura 25 – Caldeira EuroWarm PREX-E200	46
Figura 26 – Grupos de bombagem de água aquecida – Wilo IPn40/250-1,5/4	48
Figura 27 – Esquema simplificado de funcionamento da instalação de frio no INESC A.....	48
Figura 28 – <i>Chiller</i> RC Group UNICO A STD 142 F2.....	49
Figura 29 – Bancos de Gelo CALMAC 1190.....	51
Figura 30 – Permutador de calor ALFA LAVAL M6-FG.....	51
Figura 31 – Grupo de bombagem do circuito de produção de frio (primário) – Wilo IPn65/250-4/4.....	52
Figura 32 – Grupos de bombagem de água refrigerada (secundário) – Wilo IPn65/250-4/4 e IPn40/250-1,5/4	53
Figura 33 – UTAN do auditório AR.7.....	53
Figura 34 – Unidade <i>Split</i> , existente no laboratório AC.4.....	55
Figura 35 – Unidade <i>Multi-Split</i> , existente na sala A3.7	55
Figura 36 – Exemplares de ventiladores de extração, no INESC A	56
Figura 37 – Local de extração do ar, dos vários pisos	56
Figura 38 – Termoacumulador Belmiro Mesquita	57
Figura 39 – Iluminação do <i>Open Space</i> do Piso 1 do INESC A.....	58
Figura 40 – Iluminação de uma sala de reuniões do Piso 1 do INESC A.....	58
Figura 41 – Esquema básico do funcionamento de atuações no sistema de gestão técnica do AVAC do INESC A.....	59
Figura 42 – <i>Layout</i> do funcionamento da central térmica de produção de calor do INESC A.....	60
Figura 43 – Controlo da iluminação no Piso 0 (R/C) do INESC A.....	61
Figura 44 – Exemplares de postos de carregamento na Fachada Sul do INESC TEC	62
Figura 45 – Esquema simplificado do Sistema de Carregamento de Veículos Elétricos, em frente à fachada Sul do INESC TEC	63
Figura 46 – Exemplares de postos de carregamento na Fachada Norte do INESC A	63
Figura 47 – Esquema simplificado do Sistema de Carregamento de Veículos Elétricos, em frente à fachada Norte do INESC A	64
Figura 48 – Instalação solar fotovoltaica no INESC TEC	65
Figura 49 – Esquema simplificado do Sistema Solar Fotovoltaico instalado no INESC TEC.....	66
Figura 50 – Aerogerador de eixo vertical - desativado	66

Figura 51 – Esquema simplificado de funcionamento da instalação de calor no INESC B.....	68
Figura 52 – Caldeira BaxiRoca CPA70	69
Figura 53 – Bomba circuladora do circuito primário da caldeira – Wilo Typ IPL25/80-0,12/2	70
Figura 54 – Grupos de bombagem do circuito de aquecimento da UTAN (dir.) e do circuito de aquecimento dos VC's (esq.) – Wilo Typ DP-E32/100-0,55/2 e Typ DP R32/180-1,1/2	71
Figura 55 – Esquema simplificado de funcionamento da instalação de frio no INESC B.....	71
Figura 56 – <i>Chiller</i> CLIMAVENETA NECS 0452 B	72
Figura 57 – Banco de Gelo CALMAC 1190.....	74
Figura 58 – Grupos de bombagem do circuito primário <i>Chiller</i> -Permutador de Calor (esq.) e do circuito secundário <i>Chiller</i> -Permutador de Calor (dir.) – Wilo CronoLine-IL 32/170-4/2 e Stratos PICO 25/1-6.....	75
Figura 59 – Grupos de bombagem do circuito de arrefecimento da UTAN (dir.) e do circuito de arrefecimento dos VC's (esq.) – Wilo CronoBloc-BL 32/160-0,55/4 e Typ DP E40/130-2,2/2.....	75
Figura 60 – Ventiloinvector EVAC VC 34	76
Figura 61 – Ventiloinvector e tubagens, do laboratório, no Piso -1	77
Figura 62 – Unidades exteriores dos sistemas de expansão direta, do INESC B....	77
Figura 63 – Visão geral sobre os ventiladores de extração e de insuflação, do INESC B.....	78
Figura 64 – Sistema de AQS Daikin Altherma 3 H HT W ETBH-E6V/E9W.....	79
Figura 65 – Iluminação do átrio dos elevadores do Piso 2 do INESC B.....	80
Figura 66 – Iluminação do átrio da fotocopiadora do Piso 2 do INESC B	81
Figura 67 – Esquema básico do funcionamento de atuações no sistema de gestão técnica do AVAC do INESC B.....	82
Figura 68 – <i>Layout</i> do funcionamento da central térmica de produção de calor do INESC B.....	83
Figura 69 – Controlo da iluminação no Piso 0 (R/C) do INESC B.....	84
Figura 70 – Exemplar de posto de carregamento na fachada Norte do INESC B....	85
Figura 71 – Esquema simplificado do Sistema de Carregamento de Veículos Elétricos, em frente à fachada Norte do INESC B	86
Figura 72 – Informações do Projeto – Dados Gerais	87
Figura 73 – Informações do Projeto – Informações do Perito	88
Figura 74 – Informações do Projeto – Características Gerais do Edifício	88
Figura 75 – Informações do Projeto – Seleção da Metodologia – Identificação dos domínios técnicos a avaliar	88

Figura 76 – Sensor de temperatura, instalado na cobertura do edifício	91
Figura 77 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio do aquecimento, através da plataforma de cálculo	93
Figura 78 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio do arrefecimento, através da plataforma de cálculo	96
Figura 79 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio da AQS, através da plataforma de cálculo	98
Figura 80 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio da ventilação, através da plataforma de cálculo	99
Figura 81 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio da iluminação, através da plataforma de cálculo	100
Figura 82 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio da envolvente dinâmica do edifício, através da plataforma de cálculo	102
Figura 83 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio da eletricidade, através da plataforma de cálculo	104
Figura 84 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio do carregamento de veículos elétricos, através da plataforma de cálculo	105
Figura 85 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio da monitorização e controlo, através da plataforma de cálculo	107
Figura 86 – Resultados globais da avaliação – Pontuação total do SRI e Pontuações desagregadas pelas 3 funcionalidades principais	108
Figura 87 – Pontuações detalhadas, pelos diferentes critérios de impacto, e pelos diferentes domínios técnicos	109
Figura 88 – Gráfico de Impacto	110
Figura 89 – Esquema do Sistema de controlo combinado previsto – Sistema de Iluminação – Sistema de AVAC – Dispositivos de Oclusão (adaptado de [46])	125
Figura 90 – Esquema do Sistema de controlo previsto de janela aberta/ fechada, combinado com o Sistema de AVAC (adaptado de [46])	127
Figura 91 – Esquema do Sistema Solar Fotovoltaico previsto	129
Figura 92 – Resultados globais da avaliação, pós medidas – Pontuação total do SRI e Pontuações desagregadas pelas 3 funcionalidades principais	134
Figura 93 – Pontuações detalhadas, pós medidas, pelos diferentes critérios de impacto, e pelos diferentes domínios técnicos	135
Figura 94 – Gráfico de Impacto, pós medidas	135
Figura 95 – Comparação gráfica resumida, entre o estado atual do edifício e o estado previsto do edifício, com as medidas de melhoria	137
Figura 96 – Informações do Projeto – Dados Gerais	138
Figura 97 – Informações do Projeto – Informações do Perito	138
Figura 98 – Informações do Projeto – Características Gerais do Edifício	139

Figura 99 – Informações do Projeto – Seleção da Metodologia – Identificação dos domínios técnicos a avaliar	139
Figura 100 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio do aquecimento, através da plataforma de cálculo	142
Figura 101 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio do arrefecimento, através da plataforma de cálculo	145
Figura 102 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio da AQS, através da plataforma de cálculo	146
Figura 103 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio da ventilação, através da plataforma de cálculo	148
Figura 104 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio da iluminação, através da plataforma de cálculo	149
Figura 105 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio da envolvente dinâmica do edifício, através da plataforma de cálculo	150
Figura 106 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio da eletricidade, através da plataforma de cálculo	151
Figura 107 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio do carregamento de veículos elétricos, através da plataforma de cálculo	152
Figura 108 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio da monitorização e controlo, através da plataforma de cálculo.....	154
Figura 109 – Resultados globais da avaliação – Pontuação total do SRI e Pontuações desagregadas pelas 3 funcionalidades principais	155
Figura 110 – Pontuações detalhadas, pelos diferentes critérios de impacto, e pelos diferentes domínios técnicos.....	156
Figura 111 – Gráfico de Impacto.....	157
Figura 112 – Resultados globais da avaliação, pós medidas – Pontuação total do SRI e Pontuações desagregadas pelas 3 funcionalidades principais	169
Figura 113 – Pontuações detalhadas, pós medidas, pelos diferentes critérios de impacto, e pelos diferentes domínios técnicos.....	170
Figura 114 – Gráfico de Impacto, pós medidas.....	170
Figura 115 – Comparação gráfica resumida, entre o estado atual do edifício e o estado previsto do edifício, com as medidas de melhoria.....	172

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Investimento estimado de 2020 até 2050, por medidas de melhoria e por setor [20], [24]	6
Tabela 2 – Tipos de SACE e suas características [22], [31], [35]	8
Tabela 3 – Evolução do cumprimento da Norma EN 15232/ ISO 52120-1 [20], [24] .	9
Tabela 4 – Análise SWOT à metodologia de avaliação do SRI [44]	40
Tabela 5 – Características da bomba de calor Daikin EBBX16DF6V	45
Tabela 6 – Características da Caldeira EuroWarm PREX-E200	47
Tabela 7 – Características do <i>Chiller</i> RC Group UNICO A STD 142 F2	50
Tabela 8 – Características da Caldeira BaxiRoca CPA70.....	69
Tabela 9 – Características do <i>Chiller</i> CLIMAVENETA NECS 0452 B	73
Tabela 10 – Caracterização da iluminação do INESC A, pelos diferentes espaços	184
Tabela 11 – Caracterização da iluminação do INESC B, pelos diferentes espaços	191
Tabela 12 – Avaliação do estado atual do INESC A	196
Tabela 13 – Avaliação do estado do INESC A com a aplicação das medidas de melhoria	201
Tabela 14 – Avaliação do estado atual do INESC B	211
Tabela 15 – Avaliação do estado do INESC B com a aplicação das medidas de melhoria	216

LISTA DE ABREVIATURAS

ADENE	Agência para a Energia
AIE	Agência Internacional de Energia
AQS	Água Quente Sanitária
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BMS	<i>Battery Management System</i>
CE	Comissão Europeia
CEN	Comité Europeu de Normalização
CENELEC	Comité Europeu de Normalização Eletrotécnica
CER	Comunidade de Energia Renovável
COP	<i>Coefficient of Performance</i>
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
DALI	<i>Digital Addressable Lighting Interface</i>
DCV	<i>Demand Controlled Ventilation</i>
DE	<i>Dynamic Building Envelope</i>
DEE	Desempenho Energético do Edifício
DHW	<i>Domestic Hot Water</i>
DiiA	<i>Digital Illumination Interface Alliance</i>
DGEG	Direção-Geral da Energia e Geologia
DSM	<i>Demand-Side Management</i>
E	<i>Electricity</i>
EER	<i>Energy Efficiency Ratio</i>
ELPRE	Estratégia de Longo Prazo para a Renovação dos Edifícios
EPBD	<i>Energy Performance of Buildings Directive</i>
EVC	<i>Electric Vehicle Charging</i>
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
GEE	Gases com Efeito de Estufa
GTC	Gestão Técnica Centralizada
H	<i>Heating</i>
IA	Inteligência Artificial
INESC TEC	Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Tecnologia e Ciência
ISEC	Instituto Superior de Engenharia de Coimbra
ISO	Organização Internacional de Normalização
KPI's	<i>Key Performance Indicators</i>
L	<i>Lighting</i>
LIFE	<i>L'Instrument Financier pour l'Environnement</i>
MC	<i>Monitoring and Control</i>
nZEB	<i>nearly Zero Energy Buildings</i>
OCP	<i>Open Charge Point Protocol</i>
ONPE-PT	Observatório Nacional da Pobreza Energética
ONU	Organização das Nações Unidas
PME	Pequenas e Médias Empresas
PNEC 2030	Plano Nacional Energia e Clima 2030
P.T.	Posto de Transformação
QAI	Qualidade do Ar Interior
Q.G.B.T.	Quadro Geral de Baixa Tensão
RNC 2050	Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050

SACE	Sistemas de Automatização e Controlo de Edifícios
SARC	Sistemas Autónomos de Regulação e Controlo
SCE	Sistema de Certificação Energética dos Edifícios
SCOP	<i>Seasonal Coefficient of Performance</i>
SEER	<i>Seasonal Energy Efficiency Ratio</i>
SGEVL	<i>SmartGrids and Electric Vehicles Laboratory</i>
SGI	Sistema de Gestão de Infraestruturas
SGT	Sistemas de Gestão Técnica
SGTC	Sistemas de Gestão Técnica Centralizada
SOC	<i>State of Charge</i>
SRI	<i>Smart Readiness Indicator</i>
TABS	<i>Thermally Activated Building Systems</i>
TES	<i>Thermal Energy Storage</i>
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
UE	União Europeia
UTAN's	Unidades de Tratamento de Ar Novo
V	<i>Ventilation</i>
VAV	Volume de Ar Variável
VC's	Ventiloconvectores
VE's	Ventiladores de Extração de ar
VFD	<i>Variable Frequency Drive</i>
VI's	Ventiladores de Insuflação de ar
VEV	Variador Eletrónico de Velocidade
VMC	Ventilação Mecânica Controlada
V2B	<i>Vehicle-to-Building</i>
V2G	<i>Vehicle-to-Grid</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

CO_2	Dióxido de carbono
d	Número do domínio técnico, em análise
$FL(S_{i,d})$	Nível de funcionalidade do serviço $S_{i,d}$ disponível no edifício, ou na fração autónoma
$FL_{max}(S_{i,d})$	Nível de funcionalidade mais elevado que serviço $S_{i,d}$ poderia alcançar, de acordo com o catálogo de serviços aptos para as tecnologias inteligentes
ic	Número do critério de impacto, em análise
$I(d,ic)$	Pontuação atribuída ao domínio com o número d , para o critério de impacto com o número ic
$I_{ic}(FL(S_{i,d}))$	Pontuação atribuída ao serviço $S_{i,d}$, no que diz respeito ao critério de impacto com o número ic , de acordo com o nível de funcionalidade do serviço
$I_{ic}(FL_{max}(S_{i,d}))$	Pontuação atribuída ao nível mais elevado do serviço $S_{i,d}$, ou seja, a pontuação máxima atribuível ao serviço $S_{i,d}$, que diz respeito ao critério de impacto com o número ic
$I_{max}(d,ic)$	Pontuação máxima atribuível ao domínio com o número d , para o critério de impacto com o número ic
M	Total dos critérios de impacto
N	Total dos domínios técnicos
N_d	Total de serviços abrangidos pelo domínio técnico d
$S_{i,d}$	Serviço i do domínio técnico d
SR_f	Pontuação atribuída à aptidão para as tecnologias inteligentes, da funcionalidade principal f
SRI_c	Pontuação atribuída à aptidão para as tecnologias inteligentes do critério de impacto com o número ic
$W_{d,ic}$	Fator de ponderação, expresso em percentagem, do domínio técnico com o número d , para o critério de impacto com o número ic
W_f	Peso da funcionalidade principal f , no cálculo das pontuações globais atribuídas à aptidão para as tecnologias inteligentes, notando-se que $\sum W_f = 1$
$W_f(ic)$	Fator de ponderação, expresso em percentagem, do critério de impacto com o número ic , para a funcionalidade principal f

1 INTRODUÇÃO

O setor dos edifícios continua a representar uma parte relevante do consumo energético e das emissões de gases com efeito de estufa (GEE). Na União Europeia, estima-se que os edifícios sejam responsáveis por cerca de 40% do consumo final de energia e por aproximadamente 36% das emissões de gases com efeito de estufa associadas à energia [1], [2], [3].

Em Portugal, no relatório “Energia em Números 2025”, assinala-se que o Consumo de Energia Primária caiu para 20,6 Mtep em 2023, o valor mais baixo das últimas duas décadas [4]. O Consumo de Energia Final situou-se em 16,8 Mtep no mesmo ano, com aumentos em alguns setores como transportes e serviços [4].

Ainda assim, há progressos: entre 2018 e 2023, os edifícios residenciais e não residenciais em Portugal conseguiram uma redução de 45,7% das emissões de CO₂. O consumo de energia primária no parque de edifícios residenciais diminuiu cerca de 3%, enquanto no setor não residencial a baixa foi de aproximadamente 10,1%. No entanto, a taxa de renovação dos edifícios ainda está muito abaixo das metas: Portugal renovou apenas 3,9% dos edifícios (residenciais e não residenciais) desde 2018, tendo como objetivo atingir 49% até 2030 [5].

Seguindo os objetivos climáticos da União Europeia (UE), Portugal comprometeu-se a alcançar a neutralidade carbónica até ao ano de 2050, conforme a aprovação de 2019, do Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050). De forma a atingir os objetivos relativos à descarbonização e à transição económica, social e energética, elaborou-se e aprovou-se o Plano Nacional Energia e Clima 2030 (PNEC 2030), em 2020, em coordenação com o RNC 2050 [6].

O PNEC 2030 define metas e objetivos, e dá efetividade às políticas e medidas para 2030. No que diz respeito ao setor dos edifícios, o PNEC 2030 define diretrizes específicas para reduzir a respetiva intensidade carbónica, promover a renovação energética do parque imobiliário nacional, com especial atenção ao objetivo de implementação do conceito de *nearly Zero Energy Buildings* (nZEB) na transformação dos edifícios já existentes e na construção de novos edifícios [6].

A outubro de 2020, a Comissão Europeia publicou a “Onda de Renovação para a Europa”, na qual o setor da construção aparece como um dos maiores consumidores de energia da Europa, muito devido à ineficiência energética existente, que rondava os 75%. Essa ineficiência energética também foi a responsável por um terço das emissões de GEE na UE. Posto isto, nota-se que, para obter um sistema energético limpo e descarbonizado, tem de existir um parque imobiliário remodelado e melhorado [6].

O Pacto Ecológico Europeu, também designado por *Green Deal*, é uma iniciativa de dezembro de 2019, da Comissão Europeia, que serve como um fio condutor de todas as iniciativas e atividades “verdes” na Europa, sendo um documento composto por 50 medidas ambiciosas, que pretendem levar a União Europeia a um patamar de neutralidade climática até 2050, tornando-a líder na terceira revolução industrial. Este pacto foca-se ainda na despoluição do sistema energético, na renovação dos edifícios para edifícios mais sustentáveis, no impulsionamento da ação climática e na proteção

do planeta e da saúde humana [7], [8], [9]. Resumindo, os principais objetivos do Pacto Ecológico Europeu para 2050 são, atingir a neutralidade climática, uma economia circular, uma indústria limpa, um ambiente mais saudável, uma agricultura mais sustentável e mais justiça e equidade climáticas [10].

Em julho de 2021, surgiu o pacote *FIT-FOR-55*, uma revisão legislativa ao nível europeu, para atingir a meta de redução de emissões em 55% até 2030 [11].

O Pacto Ecológico Europeu e o Plano de Recuperação Europeu estabeleceram como prioritária a Onda de Renovação, também designada por *Renovation Wave*. Esta iniciativa pretende melhorar a eficiência energética, impulsionar a economia e disponibilizar melhores padrões de vida para os cidadãos europeus, visando renovar-se 35 milhões de edifícios até 2030, sendo espetável atingir pelo menos o dobro da taxa anual de renovações energéticas na UE [12].

Esta vaga de renovação foca-se na intervenção do edificado existente, mais concretamente no aumento da taxa e da qualidade da renovação dos edifícios existentes. Para além disso, foca-se ainda na descarbonização dos edifícios europeus, pelo que, em cumprimento com o artigo 2.º-A da Diretiva relativa ao desempenho energético dos edifícios, surge então a Estratégia de Longo Prazo para a Renovação de Edifícios (ELPRE) [9], [13].

A ELPRE foi aprovada pela Resolução de Conselho de Ministros n.º 8-A/2021, de 3 de fevereiro, visando ir em busca de alcançar os objetivos, nacionais e europeus, para atingir a neutralidade carbónica e dar-se a transição energética, lutando por reduzir a população em situação de pobreza energética [13], [14].

A ELPRE estrutura-se com base em 4 eixos estratégicos, sendo eles [15]:

- Promover a sustentabilidade ambiental e energética na habitação;
- Garantir o acesso total a serviços energéticos essenciais;
- Promover a ação territorial integrada;
- Promover o conhecimento fundamentado e a ação informada.

Para tal ser possível, com indicadores bem definidos de forma a avaliar o seu grau de cumprimento face às metas definidas para 2030, 2040 e 2050, definiram-se políticas e ações, ancoradas em 7 eixos, sendo eles a Renovação de Edifícios, Edifícios Inteligentes, Certificação Energética, Formação e Qualificação, Combate à Pobreza Energética, Informação e Consciencialização e, por fim, a Monitorização [13], [14].

Para além desta estratégia, foi também criado um Observatório Nacional da Pobreza Energética (ONPE-PT), de forma a ser monitorizada a evolução da pobreza energética em Portugal, e ainda o desenvolvimento de estruturas de carácter local de apoio ao cidadão [16]. O ONPE-PT é composto por uma Unidade de Gestão, uma Comissão Estratégica e uma Comissão Consultiva, tendo como funções primordiais a monitorização dos níveis nacionais de pobreza energética, a melhoria da informação territorial e a contribuição para o desenho, concretização e avaliação das políticas públicas [15].

A nova Diretiva relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios (EPBD) [17] trouxe novidades e uma visão diferentes acerca do setor da construção e dos materiais, sendo que estes passam a ter um papel central na área da energia [18].

Durante anos, os aspetos construtivos e as soluções passivas permaneceram em segundo plano, sem a devida valorização. O foco recaía sobretudo na operação, na classificação energética e nos equipamentos, considerados suficientes para resolver a questão, em especial nos edifícios de serviços e de grande dimensão. No segmento habitacional, a evolução ocorreu de forma mais gradual [18].

Com a aplicação da nova EPBD e a sua transposição para a legislação nacional, o cenário muda por completo. Todos os fatores passam a ser contabilizados para avaliar o desempenho energético dos edifícios, tendo como elemento central as emissões de CO₂ - quer provenientes da operação, quer dos equipamentos ou dos próprios materiais, pelo que a energia neles incorporada terá de ser considerada já na fase de projeto, exigindo colaboração direta entre arquitetos e engenheiros [18].

Em seguida, espera-se uma entrada marcante do setor da construção, já que o futuro da sustentabilidade energética e ambiental dependerá fortemente desta área. Não basta analisar apenas um aspeto da sustentabilidade dos edifícios, dado que, fatores como a utilização, a eficiência energética ou a produção de energia renovável são essenciais, mas é necessário ir mais além: é fundamental considerar toda a cadeia, desde a extração e fabrico dos materiais e componentes até ao ciclo de vida completo do edifício [18].

Conceitos como energia renovável, a circularidade, os edifícios com emissões nulas e eficiência energética marcam esta nova perspetiva. Depois de compreendida a visão e a meta da diretiva, importa analisar outros pontos: qual é o verdadeiro impacto dela nos diferentes setores, como serão definidas as metodologias e se existe preparação suficiente para as mudanças [18].

Para o setor da construção estar em condições para responder a estas exigências, terá de investir, adaptar-se e modernizar-se. O maior desafio recairá sobre as pequenas e médias empresas (PME), que correm o risco de ficar para trás, enquanto a indústria em geral demonstra já estar alinhada, podendo a diferenciação ser particularmente dura para os fabricantes de menor dimensão [18].

Esta é apenas uma parte do desafio para atingir um novo patamar para a inteligência, com foco na conectividade e integração [19]. A outra parte envolve a estratégia a seguir na engenharia, na arquitetura e na forma de partilhar informação. É fundamental definir como serão feitos os cálculos, quais as metodologias a aplicar, de que modo se vão articular os diferentes elementos, que tipo de fiscalização existirá e como toda a informação será organizada para sustentar estes processos. Dois pontos frágeis relacionados com a implementação da nova EPBD são a necessidade de financiamento e as metas ambiciosas que foram definidas [18].

1.1 Objetivos

Os objetivos determinados para este projeto final de mestrado foram os seguintes:

- Fazer uma caracterização detalhada dos dois edifícios contíguos da sede do INESC TEC, com base em levantamentos minuciosos;
- Realizar a caracterização dos Sistemas de Automatização e Controlo de Edifícios (SACE) atualmente instalados nos dois edifícios em questão;
- Estudar soluções que permitam fazer o *upgrade* dos SACE existentes nos dois edifícios em questão;
- Proceder a uma avaliação do *Smart Readiness Indicator* (SRI) dos dois edifícios em questão, no seu estado atual, e outra avaliação considerando um cenário futuro, através do estudo de medidas de melhoria;
- Analisar os resultados obtidos nas avaliações SRI e extrair as respetivas ilações.

1.2 Organização

De modo a evidenciar os objetivos anteriormente referidos, tornou-se necessário definir uma estrutura para o presente documento, que se dividiu em 6 capítulos:

Capítulo 1 - Neste capítulo aborda-se a importância do setor dos edifícios no que diz respeito à eficiência energética global. É iniciado aqui o tema de análise do projeto, de uma forma globalizada, sustentando a motivação que conduziu à escolha do tema, são ainda apresentados os objetivos propostos.

Capítulo 2 - Neste capítulo é realizada uma pesquisa e análise de informação relacionada com os sistemas de monitorização, automação e controlo de edifícios.

Capítulo 3 - Neste capítulo são abordados diversos tópicos relevantes acerca do *Smart Readiness Indicator* (SRI) como: a sua evolução, as fases de teste em curso, a sua definição, objetivos, estrutura, todas as etapas do processo de avaliação, é explicado o método de cálculo, entre outros pontos importantes, como é o caso de uma análise SWOT ao indicador.

Capítulo 4 - Neste capítulo é feita uma caracterização do edifício em estudo e dos sistemas técnicos que o integram, nomeadamente dos dois edifícios contíguos da sede do INESC TEC – Edifício A e Edifício B.

Capítulo 5 - Neste capítulo é aplicado o conhecimento adquirido, sendo realizadas avaliações SRI aos dois edifícios contíguos da sede do INESC TEC: do seu estado atual e de um estado futuro, através da determinação de medidas de melhoria.

Capítulo 6 - Por fim, neste capítulo são apresentadas algumas considerações gerais relativas ao trabalho desenvolvido e são indicadas perspetivas de desenvolvimentos futuros, como continuidade ao trabalho realizado.

2 SISTEMAS DE MONITORIZAÇÃO, AUTOMAÇÃO E CONTROLO DE EDIFÍCIOS

A mudança para uma economia circular no setor da construção é um fator chave para o desenvolvimento sustentável, com impacto ambiental e económico. Para acelerar este percurso, é necessário, entre outros pontos, criar e implementar políticas específicas e eficazes, bem como realizar análises de custo-benefício que integrem as visões dos diversos intervenientes [20].

A Diretiva 2024/1275, de 24 de Abril de 2024, relativa ao desempenho energético dos edifícios (doravante designada por EPBD de 2024 – *Energy Performance of Buildings Directive*) [17], surge precisamente neste contexto, como resposta ao Pacto Ecológico Europeu (*European Green Deal*), que estabelece como meta atingir a neutralidade carbónica até 2050 [20], [21].

Para alcançar a neutralidade carbónica até essa data, meta definida pelos Acordos de Paris, é crucial intensificar e tornar mais rigorosas as medidas destinadas a reforçar de forma significativa a eficiência energética dos edifícios, com especial atenção ao parque habitacional, além dos imóveis de comércio e serviços [20].

Neste enquadramento, a revisão da nova Diretiva Europeia para o Desempenho Energético dos Edifícios, incorpora várias disposições, incluindo requisitos atualizados e novos instrumentos. Portugal, como Estado-Membro, depara-se com desafios consideráveis na aplicação das medidas propostas, mas simultaneamente dispõe de amplas oportunidades para aumentar a eficiência energética, reduzir emissões e impulsionar a inovação no setor da construção e reabilitação de edifícios [21].

2.1 Visão Geral

2.1.1 Passado e Presente

Nas últimas décadas, a legislação europeia e nacional concentrou-se sobretudo em edifícios novos ou em grandes obras de reabilitação, aplicando a maior parte das exigências técnicas às novas construções. Perante este contexto, a Diretiva 2018/844 de Eficiência Energética dos Edifícios, de Maio de 2018 [23], já sublinhava a importância de os Estados-Membros adotarem políticas que promovessem a renovação do parque edificado existente, estabelecendo como meta uma taxa anual de renovações profundas de 3% [20].

Em resposta a esta obrigação, Portugal aprovou, em Fevereiro de 2021, a Estratégia de Longo Prazo para a Renovação dos Edifícios (ELPRE), onde fica patente o significativo investimento financeiro necessário para alcançar a neutralidade carbónica do setor até 2050, conforme indicado na Tabela 1 [20].

Segundo a ELPRE, serão necessários cerca de 143 mil milhões de euros para reabilitar energeticamente todo o parque edificado existente, como se verifica pela Tabela 1, desde edifícios residenciais, não residenciais, públicos e privados, de 2020 até 2050 [18].

Destaca-se ainda que a EPBD de 2018 atribuía aos Estados-Membros a opção de obrigar a instalação de sistemas de monitorização e controlo nos edifícios residenciais, bem como de implementar o Indicador de Aptidão dos Edifícios para as Tecnologias Inteligentes (SRI – *Smart Readiness Indicator*). Como se confirma, nenhuma destas medidas opcionais foi incorporada na legislação portuguesa [20].

Tabela 1 – Investimento estimado de 2020 até 2050, por medidas de melhoria e por setor [20], [24]

Setor	Envolvente Passiva	Iluminação	Sistemas Eficientes	Solar Térmico	Solar Fotovoltaico + Armazenamento	Aumento do Conforto	Total
Residencial [M€ ₂₀₂₀]	40 373	354	14 588	11 960	18 861	23 943	113 579
Não residencial [M€ ₂₀₂₀]	–	1 033	6 003	8 847	13 309	4 222	33 414
Total [M€ ₂₀₂₀]	40 373	1 387	20 591	20 807	32 170	28 165	143 493

Paralelamente, na ELPRE, foi ainda definida uma verba adicional de 1 500 M€ para implementação de SACE em edifícios residenciais, e de 4 000 M€ para implantação de SACE em edifícios não residenciais [22].

Contudo, nem a diretiva, nem a sua transposição para a legislação nacional estabeleceram metas obrigatórias específicas para promover essas renovações, o que levou a que o investimento e o avanço tecnológico se concentrassem continuamente nos novos edifícios, em vez de se direcionarem para renovações profundas da envolvente e dos sistemas técnicos dos edifícios já existentes, sobretudo no setor residencial [20].

As únicas exceções a este foco nos novos edifícios, foram os SACE, uma vez que a publicação da Diretiva 2018/844 determinou que todos os Estados-Membros assegurassem a instalação destes sistemas em todos os edifícios não residenciais (todos os edifícios de comércio e de serviços), novos ou existentes, que disponham de sistemas aquecimento e/ou arrefecimento ou de sistemas combinados de aquecimento e/ou arrefecimento e ventilação, com uma potência nominal global igual ou superior a 290 kW, até 2025 [17], [20], [25].

Assim sendo, os edifícios de comércio e de serviços, com potência nominal global da climatização, igual ou superior a 290 kW, até ao final de 2025, terão de instalar um SACE. De forma que esta obrigação fique cumprida, deverá ser instalada uma Gestão Técnica Centralizada (GTC), com uma classe A, de eficiência energética. Destaca-se que, caso a instalação deste sistema seja economicamente inviável, o edifício fica isento desta obrigatoriedade [26].

Essa imposição está em conformidade com o Artigo 13.º do Decreto-Lei n.º 101-D/2020 de 7 de dezembro [27], procedendo-se à transposição para a legislação nacional da EPBD de 2018. Ao incorporar esta obrigação na legislação nacional, através da Portaria n.º 138-I/2021, de 1 de julho [28], o legislador estabeleceu como prazo final para a instalação dos SACE nestes edifícios, o dia 31 de dezembro de 2025 e definiu igualmente os requisitos técnicos mínimos a que estes sistemas devem obedecer, nomeadamente, nos termos da alínea c) do ponto 6.2 da referida portaria: [20], [28], [29]:

- Monitorização, registo e análise contínua do consumo energético, com possibilidade de ajuste;
- Avaliação comparativa da eficiência energética do edifício e identificação de eventuais quebras de eficiência dos respetivos sistemas técnicos;
- Integração dos sistemas técnicos e de outros equipamentos existentes no edifício, sempre que utilizem protocolos normalizados (conhecidos como protocolos *standard*).

Ora, pode-se afirmar que se está perante um verdadeiro desafio, uma situação de forte urgência, com a data-limite cada vez mais próxima [29].

Com a proximidade do prazo final para a instalação dos SACE em edifícios existentes, e tendo em conta os rigorosos requisitos técnicos definidos na norma EN 15232 (a atual ISO 52120), a publicação desta Portaria reforçou a relevância destes sistemas nos edifícios de utilização não residencial [25]. Esta obrigatoriedade imposta pela Portaria anteriormente referida, abrange tanto os edifícios não residenciais novos, como os existentes, mas tem um impacto mais significativo nos edifícios que tenham licenciamento anterior a 2 de dezembro de 2013 [25], [29].

A partir dessa data tornou-se obrigatório o projeto e a implementação de Sistemas de Gestão Técnica Centralizada (SGTC) em edifícios, de comércio e de serviços, novos ou sujeitos a grandes renovações, com potência nominal total igual ou superior a 290 kW, integrando estes sistemas a maioria das funcionalidades que agora são exigidas a todos os edifícios [25], [29].

Os SACE são, de forma geral, sistemas que integram produtos, *softwares* e serviços de engenharia, capazes de assegurar o funcionamento económico, seguro e energeticamente eficiente do sistema técnico do edifício, através de controlos automáticos e de uma gestão manual simplificada [30], [31].

A otimização e a eficiência dos sistemas, permitem reduzir o consumo e o desperdício de energia nos edifícios, garantindo simultaneamente melhores condições ambientais interiores e menores custos nas faturas de energia. Para alcançar estes resultados, é indispensável integrar sensores, controladores, *software* e interfaces de utilizador, que funcionem de forma coordenada, possibilitando a monitorização contínua e a gestão eficaz dos recursos. Este conjunto de tecnologias e conhecimentos é designado por SACE. Com os SACE, operações antes realizadas manualmente, como o controlo da temperatura e da iluminação, passam a ser executadas de forma automática [32].

Portanto, SACE é um sistema que integra monitorização, medição, controlo, comando e automação dos sistemas técnicos de um edifício (climatização, ventilação, AQS, iluminação, etc.), visando melhorar o desempenho energético reduzindo consumos, aumentar o conforto e ter a capacidade de operação otimizada, com integração de funções como a regulação, supervisão, gestão de alarmes, eventos e históricos de funcionamento [20], [31], [33], [34].

Os três tipos de SACE que existem são [30], [31]:

- Sistemas Autónomos de Regulação e Controlo (SARC);
- Sistemas de Gestão Técnica (SGT);
- Sistemas de Gestão Técnica Centralizada (SGTC).

Os tipos de SACE a adotar em função da potência nominal global, assim como as suas características, ficam explícitos na Tabela 2.

Tabela 2 – Tipos de SACE e suas características [22], [31], [35]

Potência nominal global	Tipo de SACE	Descrição Resumida
$100 \text{ kW} < P_c$	SARC	Controlo dos sistemas técnicos de forma isolada. Cada equipamento tem o seu controlo e esse controlo tem de obedecer aos requisitos que estão definidos na Portaria n.º 138-I/2021. Não existe comunicação entre equipamentos, nem centralização, nem supervisão integrada.
$100 \text{ kW} \leq P_c < 290 \text{ kW}$	SGT	Sistema que combina monitorização, comando, controlo, registo histórico de variáveis, supervisão e interface homem-máquina. Existência de sistemas integrados, ou seja, cada sistema técnico tem um único sistema de controlo. Por exemplo: O sistema de iluminação tem de ter um único sistema de controlo; o sistema de aquecimento tem de ter um único sistema de controlo, etc. Note-se que os diferentes sistemas de controlo não têm de comunicar entre si, mas não podem existir “ilhas de controlo” num edifício, ou seja, por sistema técnico terá de existir um SGT.
$290 \text{ kW} \leq P_c$	SGTC	É a versão mais avançada do SGT. Inclui todas as funções de um SGT, mas com requisitos adicionais de centralização, como sinóticos dinâmicos, gestão de alarmes, eventos, otimização técnica de operação em função de variáveis externas e internas, integração de protocolos normalizados, interface única para operação e supervisão de todo o edifício ou instalação. Obrigatoriedade de ser da Classe A, a partir de 1 de janeiro de 2025. Todos os sistemas técnicos tem de estar integrados num único sistema de automação e controlo, ou seja, todos os sistemas técnicos têm de comunicar entre si, de acordo com a legislação e com protocolos <i>Standard</i> .

Segundo os requisitos mínimos de eficiência energética dos sistemas GTC, segundo a Norma EN 15232, caso exista um SGTC, determinado pelo Decreto-Lei anteriormente referido, a partir de 1 de janeiro de 2025, esse SGTC tem de ser da Classe A, enquanto, na entrada em vigor da presente portaria, bastava um SGTC da Classe B [22], [35].

Com isto, verifica-se um aumento da exigência técnica, notando-se que a diferença entre um SGTC da Classe A e outro da Classe B, baseia-se mais em implementação de algoritmos, e não tanto em *hardware* [22].

A obrigação de cumprir uma norma europeia, neste caso a EN 15232, surgiu pela primeira vez na legislação de 2013, que exigia a instalação de SGTC de Classe C. Desde então, a exigência tem sido progressivamente elevada: a Classe B tornou-se obrigatória a 30 de janeiro de 2019 e a Classe A tornou-se exigida a partir de 1 de janeiro de 2025, conforme indicado na Tabela 3 [20], [29].

Assim sendo, desde 1 de janeiro de 2025 que, todos os edifícios de uso não residencial (serviços e comércio), novos ou sujeitos a renovações profundas, com mais de 290 kW de potência nominal global, deverão possuir um SGTC, que cumpra com a Classe A, da Norma ISO 52120 [25].

Tabela 3 – Evolução do cumprimento da Norma EN 15232/ ISO 52120-1 [20], [24]

Legislação	Data	Classe da norma EN 15232	Potência nominal global
Portaria nº 349-D/2013	02/12/2013	Classe C	> 290 kW
Portaria nº 42/2019	30/01/2019	Classe B	>250 kW
Portaria nº 138-I/2021	01/07/2021	Classe B até 31/12/2024 e Classe A a partir de 01/01/2025	> 290 kW

Note-se que a referida EN 15232, foi substituída a 15 de dezembro de 2023, no Despacho nº 12935-B/2023, pela norma ISO 52120 [36].

A exigência de assegurar, pelo menos, a Classe B, de acordo com a atual ISO 52120, tem implicações importantes na conceção e na entrada em funcionamento não só dos SGTC, mas também das demais instalações técnicas [20].

É relevante salientar que, desde finais de 2013, a legislação já exigia, para os edifícios com sistemas GTC, a recolha de contagens de energia e de dados históricos dessas mesmas contagens, incluindo temperaturas de cada um dos espaços climatizados, com um arquivo mínimo de seis anos para todos os edifícios de comércio e serviços, licenciados após 2 de dezembro de 2013 [25]. Contudo, na prática, muitos destes arquivos são inexistentes ou incompletos, o que dificulta significativamente a realização de auditorias energéticas [20].

Face ao cenário enunciado, torna-se imprescindível compreender as diferenças mais marcantes entre a Classe B e a Classe A, sendo que a última é a que terá, na atualidade, de ser projetada e implementada [25].

Ao examinar a tabela de funções da norma ISO 52120, constata-se que, das 45 funções identificadas, 25 asseguram simultaneamente as Classes B e A. As restantes 20 relacionam-se sobretudo com a determinação das necessidades reais dos espaços e a respetiva adaptação da produção e distribuição de água e ar. Na maioria das situações, essa identificação exige a adição de alguns sensores, contudo, a principal diferença reside nos algoritmos de controlo, ou seja, no desenvolvimento de engenharia associado ao sistema [25], [36].

Destaca-se, em particular, a função de controlo do caudal de ar novo conforme as necessidades reais, que na Classe B é escalonada e na Classe A passa a ser variável. Esta alteração requer a instalação de sensores de qualidade do ar - como CO₂ (dióxido de carbono), COV (Compostos Orgânicos Voláteis), e partículas (PM - *Particulate Matter*) - ou de dispositivos capazes de contabilizar o número de ocupantes (multisensores), bem como registos de regulação do caudal de ar novo com atuadores modulantes e controladores capazes de ler e atuar sobre esses equipamentos de campo [25].

Este poderá ser o maior desafio para o cumprimento obrigatório da Classe A da ISO 52120, envolvendo não apenas projetistas e instaladores de sistemas GTC, mas também os responsáveis pelo projeto e pelas instalações de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) [25].

Torna-se importante explicar que a Norma ISO 52120-1:2021 [36], encontra-se diretamente ligada à eficiência energética em edifícios. Esta norma estabelece os requisitos para os SACE e SGT de edifícios, com ênfase na sua influência sobre o desempenho energético [37], [38].

Esta norma define uma classificação funcional e requisitos de desempenho para estes sistemas, sendo aplicável para edifícios novos e existentes, permitindo a avaliação do seu impacto na eficiência energética, alinhando com o que se encontra preconizado na EPBD de 2024 [36], [39].

A norma ISO 52120 define quatro classes de sistemas de automação de edifícios, conforme a sua capacidade de monitorizar, controlar e otimizar o consumo energético. As classes definidas são as seguintes [36], [38]: Classe A, Classe B, Classe C e Classe D.

Esta abordagem permite uma avaliação objetiva do contributo dos SACE para a redução do consumo energético e das emissões associadas, promovendo ainda a interoperabilidade entre dispositivos e sistemas técnicos. Para além do referido, esta norma promove a integração de funcionalidades que contribuem para reduções significativas no consumo energético, especialmente visíveis em edifícios com sistemas técnicos subaproveitados ou mal calibrados [37], [38], [39].

Sendo os SACE “o principal veículo para a descarbonização dos edifícios” [32], dado o seu impacto significativo na redução dos consumos energéticos, esta norma internacional avalia os SACE, focando-se na eficiência energética, apontando ainda para a metodologia como pode ser medida a sua contribuição na redução dos consumos energéticos. Assim sendo, os SACE passaram a ser essenciais para assegurar a máxima eficiência energética e o desempenho económico dos edifícios [32].

Em suma, a norma ISO 52120-1:2021 representa um marco normativo crucial para a integração sistemática da eficiência energética no setor dos edifícios, através da normalização dos SACE. A sua aplicação permite elevar o desempenho energético dos edifícios, garantir conformidade com os requisitos legais europeus e contribuir para os objetivos de descarbonização e sustentabilidade ambiental, a nível nacional e internacional [37], [38], [39].

2.1.2 Perspetiva Futura

Numa análise geral da EPBD de 2024, observa-se que se mantém o aumento do nível de exigência para os novos edifícios, que deverão ser neutros em emissões de dióxido de carbono (CO₂) em 2028, no caso dos edifícios públicos, e em 2030, para os restantes, sejam residenciais ou não. A principal novidade reside na definição de metas quantitativas para a renovação dos edifícios existentes, garantindo reduções de consumo energético mensuráveis [40]. Para os edifícios existentes não residenciais, o consumo deverá situar-se abaixo de 16% dos edifícios com pior desempenho até 2030 e abaixo de 26% até 2033, tomando como referência o parque imobiliário de 2020. Nos edifícios residenciais, a meta exige uma redução de 16% do consumo médio até 2030 e de 20-22% até 2035, também em relação ao parque habitacional de 2020 [17], [20].

Depois da análise à nova EPBD (EU/2024/1275), verifica-se que o foco será atuar na descarbonização do setor da construção (aquecimento e refrigeração), duplicar a taxa

de renovação dos edifícios existentes, melhorar a comunicação do desempenho dos edifícios e aumentar a substituição de caldeiras, idealmente por sistemas bomba de calor [17].

Relativamente aos requisitos preconizados, destacam-se os edifícios com emissões nulas (NZEB), os padrões mínimos de desempenho energético, a promoção da utilização de energia solar fotovoltaica, o potencial de aquecimento global (PAG) ao longo do ciclo de vida e a eliminação da utilização de combustíveis fósseis para aquecimento e arrefecimento [17].

Relativamente aos SACE, os requisitos técnicos obrigatórios mantêm-se praticamente inalterados, exceto pela nova obrigação de incluírem a monitorização da “qualidade do ambiente interior” até 29 de maio de 2026. Por outro lado, o limiar de potência para a instalação obrigatória de SACE em todos os edifícios de comércio e serviços, novos ou existentes, foi significativamente reduzido, passando de 290 kW para 70 kW, com a data-limite para cumprimento fixada para o final do ano de 2029 [17], [20], [32].

Outra mudança relevante consiste na obrigação de os Estados-Membros garantirem que, a partir de 29 de maio de 2026, os edifícios residenciais novos ou sujeitos a grandes renovações disponham de monitorização eletrónica contínua, capaz de avaliar a eficiência dos sistemas e alertar os proprietários ou gestores em caso de variações significativas ou necessidade de manutenção; controlo eficaz para otimizar a produção, distribuição, armazenamento e consumo de energia e, quando aplicável, o equilíbrio hidrónico; capacidade de reagir a sinais externos, ajustando automaticamente o consumo energético [17], [20].

Por último, será também obrigatório implementar o SRI, segundo um calendário previamente definido, com previsão de entrada em vigor nos diferentes Estados-Membros em 2027. A nova diretiva entrou em vigor em 29 de maio e, como aconteceu com as anteriores EPBD, terá um prazo para transposição para a legislação nacional de cada Estado-Membro, fixado até 29 de maio de 2026. Inicia-se assim um processo de transposição, no qual é adequado que o legislador comece imediatamente a ouvir e recolher contributos de todos os intervenientes do setor, incluindo representantes académicos, associativos, empresariais e políticos [17], [20].

No que se refere aos SACE, dever-se-á manter a norma ISO 52120 como referência para a definição dos requisitos técnicos destes sistemas, tanto nos novos edifícios de comércio e serviços, como nos residenciais. A análise da última década, demonstra que a aplicação desta norma foi decisiva para elevar a qualidade e a eficiência dos SACE. Dever-se-á aumentar o nível de pormenor dos requisitos técnicos dos SACE a instalar nos edifícios existentes. Com a redução do patamar de potência que torna a instalação obrigatória, torna-se essencial clarificar e especificar as características técnicas e funcionais mínimas destes sistemas, ultrapassando a mera transposição do texto da EPBD de 2024 [20].

Em resumo, para os edifícios não residenciais, a EPBD de 2024 não deverá aumentar significativamente o nível de exigência dos requisitos técnicos dos SACE, mas a redução do patamar de potência para 70 kW, tornando obrigatória a instalação destes sistemas em todos os edifícios, representará um grande desafio para o mercado - não do ponto de vista tecnológico, onde os fabricantes e integradores estão alinhados com as normas, mas devido à escassez de profissionais qualificados. Já nos edifícios

residenciais, a EPBD de 2024 introduz efetivamente novos desafios tecnológicos, exigindo que as instalações, atualmente centradas quase exclusivamente no conforto dos ocupantes, passem a incluir funcionalidades de monitorização e controlo muito mais sofisticadas [17], [20].

No que diz respeito aos edifícios de emissões nulas (ZEB, do inglês *Zero Emission Building*), estes são caracterizados por apresentar uma pegada de carbono nula ou extremamente reduzida, aliada a um desempenho energético elevado, estabelecendo um limite máximo de necessidades energéticas pelo menos 10% inferior ao consumo de energia primária de um edifício nZEB em 28 de maio de 2024.

A EPBD de 2024 melhorou os requisitos de desempenho energético para novos edifícios, exigindo que todos os novos edifícios, residenciais e não residenciais, sejam edifícios com emissão zero [41]. Este novo padrão, destinado a substituir progressivamente os atuais nZEB, será aplicado de forma faseada: a partir de 1 de janeiro de 2028 para edifícios novos de organismos públicos e, a partir de 1 de janeiro de 2030, para todos os edifícios novos [41]. Na nova escala de desempenho energético dos certificados, os ZEB serão classificados como Classe A, estabelecendo um marco de excelência em eficiência e sustentabilidade no setor da construção [21].

Segundo a transposição nacional da EPBD de 2024 (Fase I dos trabalhos de transposição) , os SACE devem incorporar capacidades de monitorização, registo, análise e regulação contínuas e o cálculo da eficiência energética [42].

No que respeita à isenção de inspeções físicas por SACE, quando se justificar e for enquadrável, deverá ser permitido que, mesmo que o SACE existente no edifício não cumpra a 100% com o que é exigido, que seja aceite essa mesma isenção para aquelas variáveis, monitorizações e medições que, sejam realmente já executadas, ficando os elementos em falta estabelecidos como medidas de melhoria, para a inspeção que se siga [42].

O papel da energia solar na transição energética torna-se cada vez mais central, exigindo que os edifícios explorem ao máximo a sua capacidade de produção solar. A implementação destes sistemas seguirá um calendário progressivo até ao final de 2030, ajustando-se ao ciclo de vida, à tipologia e à área de cada edifício [21].

Neste contexto, os edifícios novos devem ser concebidos para integrar, de forma eficiente, sistemas fotovoltaicos ou solares térmicos, tornando-se “*solar ready*” - preparados para acolher instalações solares nas suas coberturas. Esta abordagem estende-se também aos edifícios públicos e não residenciais já existentes, assim como aos novos parques de estacionamento cobertos adjacentes aos edificadas, contribuindo para a redução da dependência de combustíveis fósseis e acelerando a descarbonização [21].

O potencial de aquecimento global dos edifícios (PAG) surge como uma ferramenta fundamental para orientar o setor da construção rumo à sustentabilidade, ao considerar de forma abrangente as emissões de GEE ao longo de todo o ciclo de vida dos edifícios. Esta abordagem permite tomar decisões mais conscientes e eficazes, promovendo construções que não apenas consomem menos energia, mas também contribuem de forma significativa para a redução da pegada ambiental [21].

3 SMART READINESS INDICATOR (SRI)

A UE reconhece a verdadeira importância de melhorar a sustentabilidade e a eficiência energética dos edifícios, como uma parte dos seus objetivos mais gerais, aos níveis ambientais e climáticos. Deste modo, a UE tem como objetivo impulsionar a transição dos edifícios atuais para edifícios cada vez mais sustentáveis e inteligentes, promovendo a adoção de práticas e tecnologias inteligentes, levando à redução da dependência dos combustíveis fósseis, numa tentativa de mitigação das alterações climáticas, oferecendo credibilidade e reconhecimento ao nível europeu [43], [44].

Assim sendo, o SRI serve como uma metodologia padronizada e voluntária, disposta a conseguir avaliar a aptidão dos edifícios para as tecnologias inteligentes. Desta forma, torna-se possível que os proprietários dos edifícios, os seus ocupantes e até os formuladores de políticas tomem decisões informadas, priorizando medidas energéticas eficientes e apoiando o desenvolvimento de construções mais conscientes, do ponto de vista energético e do ponto de vista ambiental. O SRI impulsiona assim a adoção de tecnologias e soluções inovadoras, promovendo o crescimento económico e a criação de empregos, existindo uma flexibilidade para os países adaptarem a metodologia ao seu contexto e aos requisitos locais específicos [43], [44].

A “inteligência” de um edifício, ou o nível de utilização de tecnologias inteligentes num edifício, refere-se à capacidade do mesmo detetar, interpretar, comunicar e responder, de forma ativa e perspicaz às alterações nas condições de operação dos sistemas técnicos existentes, nas condições do ambiente exterior (incluindo a rede elétrica) e às exigências dos utilizadores do edifício [45], [46].

O projeto *SRI2MARKET* é um projeto cofinanciado pela Comissão Europeia, no âmbito do programa *LIFE (L'Instrument Financier pour l'Environnement)*, que visa preparar um trajeto para a adoção do SRI, atuando na sua regulamentação, como na sua introdução nos mercados nacionais. Assim sendo, esta iniciativa apoia os Estados-Membros no planeamento e numa eficaz implementação do SRI, promovendo uma ferramenta de cálculo SRI desenvolvida pelo mesmo, para serem feitas avaliações de forma adequada [43]. Este projeto envolveu testes, formação e recolha de dados, para integrar o SRI no sistema nacional de certificação energética.

O SRI é desenvolvido e promovido principalmente pela UE, mas, mesmo que este indicador não seja especificamente reconhecido por organizações internacionais, tanto ao nível de capacidade formal, como a nível oficial, os seus objetivos e princípios alinham-se com iniciativas globais amplamente focadas na eficiência energética, como a sustentabilidade e como a integração gradual de tecnologias cada vez mais inteligentes, no setor dos edifícios [44].

Por exemplo, organizações internacionais como a Organização Internacional de Normalização (ISO), a Organização das Nações Unidas (ONU) e a Agência Internacional de Energia (AIE) são organizações que possuem as suas próprias estruturas, programas e diretrizes relacionadas com a sustentabilidade e a eficiência energética nos edifícios [44].

3.1 Evolução do SRI

A revisão de 2018 da Diretiva Europeia sobre o Desempenho Energético dos Edifícios, ou em inglês, *Energy Performance of Buildings Directive* (EPBD) [23], realçou o potencial das tecnologias inteligentes no setor dos edifícios, de forma a melhorar o bem-estar das pessoas e a eficiência energética. A EPBD introduziu desta forma o conceito de SRI como sendo um regime comum da UE para classificar a aptidão dos edifícios para as tecnologias inteligentes [46], [47].

Deste modo, o conceito de SRI foi desenvolvido com base na cooperação dos Estados-Membros com as partes interessadas relevantes da cadeia de valor dos edifícios, notando-se que os Estados-Membros são, na atualidade, oficialmente convidados a aplicar o SRI, de forma voluntária, existindo uma fase de testes preliminar. Esta evolução do SRI fica explícita na Figura 1 [46].



Figura 1 – Evolução do SRI ao longo dos anos [46]

Ora, analisando então a Figura 1, observa-se que entre 2017 e 2018 foi realizado o primeiro estudo técnico, de forma a ser estabelecida uma definição de SRI e um projeto da metodologia a ser aplicada, com consulta intensiva das partes interessadas. No ano de 2018 foi realizada a introdução do SRI na revisão desse mesmo ano da EPBD, como um regime voluntário. Entre 2019 e 2020 foi realizado o segundo estudo técnico, onde foram aperfeiçoadas a definição de SRI e a metodologia de cálculo associada [46].

Em outubro de 2020, foram acolhidos o Regulamento Delegado da Comissão [48], que contemplava a definição e a metodologia de cálculo do SRI, e o Regulamento de Execução da Comissão [49], que contemplava os termos técnicos para uma aplicação eficaz [47]. Em 2021 foi criada uma equipa de apoio ao SRI, de forma a ser possível prestar assistência técnica para testes e para a implementação do SRI. Entre 2022 e 2023 foram lançadas as fases de teste para países voluntários, tendo presente que a decisão do lançamento de uma fase de testes, ou da aplicação do SRI, fica à plena responsabilidade dos Estados-Membros [46].

Para além do espetro apresentado na Figura 1, em abril de 2024, foi lançada a EPBD 2024/1275, que realçou aspetos importantes acerca do SRI, tais como o seguinte conteúdo preconizado [1], [17], [20], [50]:

- A diretiva entrou em vigor a 28 de maio de 2024 e deve ser transposta até 29 de maio de 2026;
- A nova diretiva caracteriza o SRI como um “esquema comum” da UE, para a classificação da “ aptidão para inteligência” dos edifícios;
- Até junho de 2026, os Estados-Membros devem apresentar um relatório sobre os testes e a implementação do SRI, com base em fases de teste nacionais e outros projetos relevantes;
- A EPBD obriga a que os Estados-Membros venham a utilizar o SRI como parte do quadro de desempenho energético dos edifícios, embora nem sempre de forma obrigatória para todos os edifícios;
- Em particular, até 30 de junho de 2027, dever-se-á adotar um ato delegado da Comissão, que exija a aplicação do SRI a edifícios não residenciais, com uma potência nominal efetiva superior a 290 kW para sistemas de AVAC – desde sistemas de aquecimento, sistemas de ar condicionado, sistemas combinados de aquecimento e ventilação, ou sistemas combinados de ar condicionado e ventilação - previsível aplicação em 2029 nos Estados Membros [11];
- Indicação da presença do SRI no CE – indicação de Sim/Não + valor SRI (Se aplicável) [11];
- Inclusão, na metodologia, da capacidade de melhorar a eficiência e o desempenho através da utilização de tecnologias de poupança de energia. Opcionalmente, é apresentada a interoperabilidade entre sistemas e a existência de infraestruturas locais para débitos elevados [11];
- O Certificado SRI deverá ser emitido somente por peritos qualificados ou acreditados, e os Estados-Membros devem estabelecer um sistema de controlo independente, de forma a garantir credibilidade e comparabilidade.

Em relação ao último ponto destacado, torna-se interessante analisar quem será elegível para emitir um certificado oficial SRI, segundo o Artigo 3º do Regulamento de Execução da Comissão. Segundo esse artigo, os Estados-Membros podem decidir que os peritos acreditados ou qualificados para emitir certificados de desempenho energético (CDE), realizar inspeções de sistemas de AVAC ou efetuar auditorias energéticas, são também competentes para emitir certificados do SRI. Os Estados-Membros poderão ainda definir requisitos adicionais para estes peritos [49].

Tenha-se presente que, a metodologia do SRI irá evoluir. O *feedback* e as lições aprendidas durante as fases de teste oficiais irão informar o processo de transposição nacional e determinar futuras atualizações. O SRI continua a ser voluntário em toda a UE, no entanto, como já se verificou, este estatuto deverá mudar em breve para categorias específicas de edifícios.

Mais recentemente, a 19 de março de 2025, foi publicada a primeira norma do Comité Europeu de Normalização (CEN) para auditorias SRI em edifícios inteligentes. Este é caracterizado como o primeiro documento oficial de normalização do CEN sobre auditorias do SRI, sendo um apoio para as auditorias SRI presenciais padronizadas [51].

O documento CWA 18193:2025 [52] define uma base de referência para avaliar edifícios inteligentes na Europa, garantindo maior transparência e uniformização nos procedimentos de auditoria. Criado no contexto de um workshop do CEN-CENELEC

(Comité Europeu de Normalização Eletrotécnica), este documento estabelece uma estrutura de referência para avaliar as funcionalidades inteligentes em edifícios. Fornece orientações a auditores, profissionais da construção e responsáveis políticos, contribuindo para a uniformização das avaliações de edifícios inteligentes [46], [51].

Através de uma abordagem abrangente, este documento normativo apresenta métodos para analisar sistemas de automação de edifícios, estratégias de eficiência energética e a interação com a rede elétrica, favorecendo a integração eficaz de sistemas inteligentes para otimizar o desempenho energético e impulsionar a transição digital [51].

Esta norma caracteriza-se como um contributo para a política europeia, de forma a atingir as metas de sustentabilidade, acompanhando a atualização da EPBD [17], reforçando a importância do SRI nas auditorias energéticas e na estratégia da UE para a descarbonização [51].

Este guia para auditorias SRI, define diretrizes e metodologias claras para os auditores conseguirem avaliar, da forma mais correta possível, a aptidão inteligente de um edifício, garantindo que o processo de auditoria é fiável, coeso e transparente. Assegura ainda a sua articulação com as auditorias energéticas da EN 16247 [53]. Paralelamente, introduz requisitos formais de qualificação para os auditores SRI, englobando critérios de formação e de elaboração de relatórios, de modo a garantir análises consistentes, rigorosas e fiáveis [51].

Resumindo, o quadro jurídico do SRI é definido pela revisão de 2018 da EPBD, o Regulamento Delegado, o Regulamento da Comissão (e respetivos anexos) e pela revisão de 2024 da EPBD. Este quadro jurídico é que define a estrutura e os princípios da metodologia de cálculo do SRI [45].

Por outro lado, as autoridades nacionais devem disponibilizar o quadro técnico do SRI, definindo um catálogo de serviços inteligentes, níveis de funcionalidade e todos os parâmetros para gerar a pontuação final [45].

Para se ter uma perspetiva mais visual acerca da progressão tomada pelo SRI nos últimos anos, e do percurso previsto, segue-se a Figura 2.



Figura 2 – Percurso feito e previsto do SRI [20], [24]

3.2 Fases de Teste do SRI em Curso

O SRI está a ser testado, de forma gradual, pelos países da UE, com o apoio do programa *LIFE*, visando uma aplicação numa escala alargada. Enquanto os Estados-Membros procuram adotar SRI para orientar a modernização do parque edificado, as disparidades regionais em matéria de legislação e de mercado, constituem um entrave à execução e agravam as diferenças existentes [54].

Ora, este programa divide-se em 4 subprogramas, sendo que, no âmbito em que é referido neste capítulo, o subprograma “Transição para Energia Limpas” surge para apoiar os países da UE na implantação do SRI [55], [56].

O projeto *SRI2MARKET* baseia-se nas práticas e conhecimentos adquiridos pelos países que já avançaram significativamente na implementação do SRI, com o objetivo de apoiar e motivar aqueles que ainda estão em fases iniciais [54]. Os objetivos do projeto são os seguintes [54]:

- Apoiar os Estados-Membros da UE selecionados (Áustria, Chipre, Croácia, Espanha, França, Grécia e Portugal) a introduzir o SRI na sua regulamentação e mercado nacional [43], [57];
- Advogar esquemas de financiamento público, de forma a servirem de apoio às medidas de melhoria do SRI nos edifícios;
- Criar instrumentos que auxiliem os avaliadores SRI a tornarem mais eficientes as inspeções e avaliações aos edifícios;
- Ministrando formação a avaliadores de Certificado de Desempenho Energético (CDE), relativamente ao SRI e à metodologia de cálculo;
- Desenvolver projetos-piloto do SRI em âmbito nacional, com o objetivo de identificar boas práticas de avaliação;
- Disponibilizar orientações a proprietários e gestores de edifícios acerca de melhorias no SRI que sejam economicamente vantajosas.

Entrarão em desenvolvimento 1200 projetos-piloto em colaboração com as autoridades e organizações competentes a nível nacional na Áustria, Croácia, Chipre, França, Portugal e Espanha. Estes projetos-piloto do *SRI2MARKET* visam três objetivos principais [54]:

- Avaliar a aplicação prática do processo de SRI em cenários reais;
- Verificar a eficácia do material de *e-learning* no suporte às avaliações SRI e recolher dados sobre as necessidades concretas dos avaliadores;
- Promover o interesse e o envolvimento dos agentes do mercado nacional no uso do SRI.

Os projetos *LIFE*, de um modo geral, contribuem para alcançar os objetivos climáticos, energéticos e também ambientais do Pacto Ecológico Europeu, incluindo o objetivo da UE de atingir a neutralidade climática até ao ano de 2050, lutando por travar e inverter a perda de biodiversidade até ao ano de 2030, garantindo simultaneamente a prosperidade da Europa a longo prazo [58].

O SRI atualmente está, formalmente, em fases de teste em 15 países da UE, sendo eles a Alemanha, a Áustria, a Bélgica (região de Flandres), a Bulgária, o Chipre, a

Croácia, a Dinamarca, a Eslovénia, a Espanha, a Finlândia, a França, a Grécia, a Polónia, Portugal e a República Checa. Note-se que, outros Estados-Membros são incentivados para aderir à iniciativa e para testar o SRI nos seus territórios [57].

Ora, em cada um dos 15 países candidatos, a administração nacional conta com o suporte de um, ou de vários parceiros técnicos locais e ainda da equipa de apoio do SRI. Tem-se ainda presente que os comentários das fases nacionais de ensaio, permitirão ajustar as modalidades e metodologias de aplicação do regime [57].

Para além disto, existem ainda projetos financiados no âmbito do programa *LIFE* [57]. Este surge como um instrumento financeiro europeu, que foi criado com o objetivo de contribuir para a execução, atualização e desenvolvimento de políticas e estratégias europeias, relacionadas com o meio ambiente e com auxílio de cofinanciamento de projetos com valor acrescentado europeu [59]. Assim, é um programa voltado para o ambiente e para a ação climática, que foi estabelecido pelo Regulamento (UE) 2021/783 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de abril de 2021, para o período de 2021 até 2027, com o objetivo de contribuir para a biodiversidade e conservação da natureza, bem como para a transição para uma economia circular, sustentável, resiliente e neutra para o clima [60].

Relativamente à fase de testes em Portugal, esta está a ser conduzida pela ADENE (Agência para a Energia), representando a Divisão de Eficiência Energética da Direção-Geral da Energia e Geologia (DGEG). A fase de testes iniciou a novembro de 2024 e terminou a outubro de 2025, sendo desenvolvida em estreita coordenação com o grupo de trabalho de transposição da EPBD, que também é liderado pela DGEG e pela ADENE. Esta fase de testes surge no contexto do projeto europeu *SRI2MARKET*, cofinanciado pelo programa *LIFE* da UE, no qual a ADENE é parceira e faz uso da versão portuguesa do curso de e-learning *SRI2MARKET PORTUGAL* e ainda da ferramenta de avaliação do SRI associada [56], [57], [61].

Todas as tipologias de edifícios e zonas climáticas portuguesas são consideradas e, todos os aspetos do quadro técnico para o cálculo do SRI serão testados. Poderão ser ainda consideradas algumas adaptações específicas para o contexto português, como os fatores de ponderação, a definição dos domínios obrigatórios a avaliar em cada tipologia de edifícios, mantendo a coerência com o padrão dos SACE, conforme descrito na legislação nacional do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) [57], [61].

A ADENE revela que as suas principais atividades, relativas a este projeto foram [43]:

- A criação e dinamização de um grupo nacional de especialistas;
- A avaliação de diversas opções para a emissão do certificado SRI e a integração no Sistema de Certificação Energética Nacional;
- A adaptação da metodologia padrão de cálculo do SRI para as especificidades nacionais e o teste da plataforma para o cálculo do indicador;
- A adaptação, tradução e disseminação do módulo de formação SRI, disponibilizado na plataforma *SRI2MARKET*;
- O desenvolvimento da campanha piloto em Portugal, incluindo a avaliação dos testes realizados.

3.3 Metodologia SRI

O SRI é um sistema de avaliação dos edifícios, comum para toda a UE que, já incluído na EPBD, avalia o nível de “inteligência” dos edifícios com base na sua aptidão para responder a 3 funcionalidades fundamentais, sendo elas [43], [45], [46]:

- Otimizar o desempenho energético e o funcionamento;
- Adaptar o seu funcionamento às reais necessidades dos ocupantes;
- Adaptar o seu funcionamento, tendo em consideração os sinais da rede de distribuição de eletricidade, ou seja, existir a capacidade do edifício ou da fração autónoma de permitir a participação na resposta à procura, de forma a promover mecanismos de flexibilidade energética.

Quando são agregados os resultados, após a implementação da metodologia numa amostra significativa de edifícios, são disponibilizados aos decisores políticos os conhecimentos necessários para implementar roteiros para melhorar gradualmente a integração de tecnologias inteligentes nos edifícios, com a finalidade de estes ficarem prontos para um cenário de transição energética. Neste tipo de cenário, uma forte contribuição de fontes renováveis intermitentes para o mercado da eletricidade, implica a necessidade de existência de um parque imobiliário energeticamente mais flexível, que seja capaz de contribuir para o equilíbrio do sistema energético [46].

Para os técnicos, o SRI pode revelar-se uma ferramenta bastante valiosa para fazer recomendações de medidas de melhoria em relação aos SACE, que podem fornecer soluções de elevada rentabilidade, de forma a melhorar a eficiência energética, e ainda, preparar os edifícios existentes para um cenário futuro de transição energética, elevando simultaneamente o bem-estar e o conforto dos ocupantes do edifício, capacitando assim os utilizadores finais (proprietários, inquilinos, ocupantes do edifício, possíveis compradores), fornecendo-lhes informações importantes acerca dos seus edifícios [46].

Este processo de transição para edifícios cada vez mais inteligentes reflete-se diretamente num aumento do conforto e do bem-estar para os ocupantes, poupanças energéticas para os consumidores e ainda uma procura energética mais flexível, que se traduz num sistema energético munido de elevada flexibilidade e estabilidade.

Uma avaliação minuciosa e exaustiva do parque edificado torna-se essencial para suportar a elaboração de planos e também a definição de prioridades de intervenção, no que diz respeito à aptidão inteligente, levando a uma aceleração significativa para a transição do sistema energético atual para um sistema energético mais eficiente. Os objetivos definidos pretendem ser atingidos, assegurando-se que existe uma capacitação de auditores e peritos qualificados no SRI e também na metodologia de cálculo do mesmo, de forma a identificar as melhores práticas e adaptar assim o indicador [43].

A metodologia de cálculo do SRI fundamenta-se na metodologia de avaliação multicritério, disponibilizada no Regulamento Delegado (UE) 2020/2155 da Comissão Europeia (CE) [48], estando prevista na ELPRE [43]. O núcleo da metodologia encontra-se estruturado em nove domínios técnicos e em sete critérios de impacto [45]. Todos esses elementos, que se encontram no interior do círculo azul-escuro da Figura 3, são de aplicação obrigatória para todos os Estados-Membros, caso o regime seja adotado, estando definidos no Regulamento acima referenciado. Mesmo assim,

existem alguns aspetos que podem ser adaptados ao nível de cada Estado-Membro pela sua autoridade nacional, definindo-se como potenciais adaptações contextuais, como os que se encontram na Figura 3, dentro da coroa circular, a azul-claro, como o catálogo de serviços e os fatores de ponderação necessários para as avaliações quantitativas [46].

Resumindo, o Regulamento acima mencionado, especifica os termos técnicos de aplicação efetiva do regime facultativo da UE, para classificar a aptidão dos edifícios para as tecnologias inteligentes, no entanto, não obriga os Estados-Membros a aplicarem o catálogo “*smart-ready*” fornecido pelo estudo SRI, para o cálculo das pontuações. Como já foi realçado, os Estados-Membros têm a flexibilidade de adaptar a aplicação do SRI às suas especificidades nacionais, incluindo o catálogo de serviços e os fatores de ponderação, desde que respeitem os princípios gerais estabelecidos no Regulamento Delegado (UE) 2020/2155 [48].

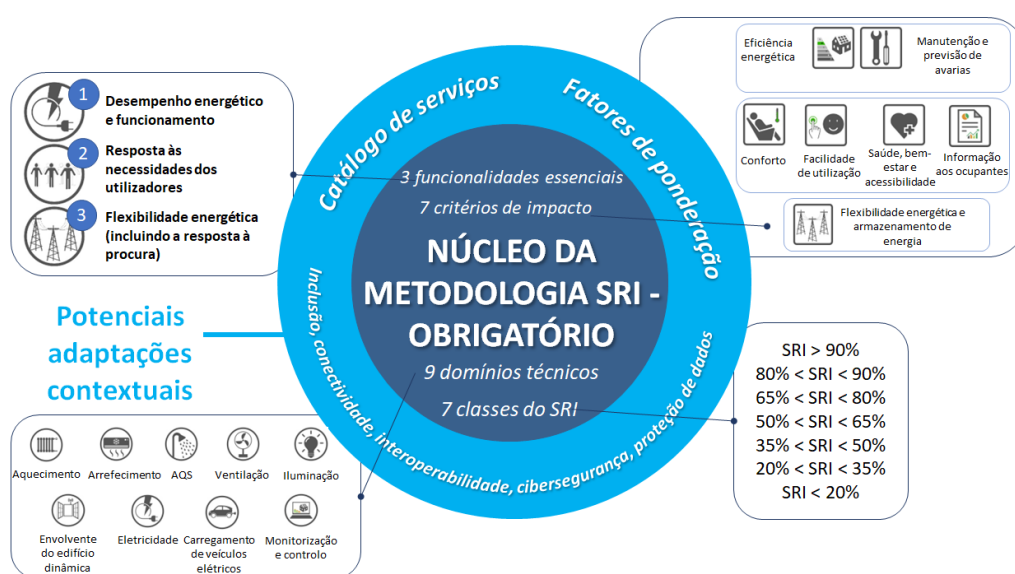


Figura 3 – Estrutura da Metodologia de Avaliação do SRI [46]

O SRI é aplicável a edifícios em diferentes zonas climáticas, tendo presente que a avaliação tem em conta as características e os desafios específicos de cada zona, considerando diversos fatores, como as necessidades de aquecimento e de arrefecimento, os requisitos de isolamento e os sistemas de gestão de energia, adaptados às condições climáticas locais [44].

O SRI foi projetado de forma a se adaptar a mudanças e evoluções na tecnologia, a novos padrões e a melhores práticas. Assim, a estrutura do SRI pode ser revista e atualizada, de forma a conseguir incorporar todos os avanços que forem sucedendo, ao nível das tecnologias de construções inteligentes, mas também relativamente ao desenvolvimento da indústria. Esta faceta de fácil adaptação, garante que o SRI consiga permanecer como um indicador e uma metodologia de extrema relevância e eficácia na avaliação da aptidão dos edifícios para as tecnologias inteligentes, conseguindo agregar as novas tendências de mercado e permitindo uma melhoria contínua do conforto dos ocupantes, da eficiência energética e da sustentabilidade [44].

A interseção entre o SRI e a IA (Inteligência Artificial), poderá resultar numa combinação fulcral no que diz respeito aos edifícios inteligentes. A utilização da IA poderá revelar-se um “boom” determinante nas operações nos edifícios, para serem alcançados os graus desejados de conforto e de eficiências energética e económica [32]. Esta junção pode melhorar a eficiência e as funcionalidades das tecnologias inteligentes dentro dos edifícios, melhorando simultaneamente a sua aptidão para essas mesmas tecnologias. Os algoritmos de IA são capazes de otimizar os sistemas de gestão de energia, automatizar determinados processos e analisar os dados, de forma a melhorar a eficiência energética e o conforto dos ocupantes [44].

Através da combinação de diversas capacidades, esta tecnologia torna-se competente para efetuar o processamento de novas informações e interpretar todos os dados recolhidos. Alguns exemplos de dados sensoriais são a ocupação, o movimento, a temperatura e a humidade. Este tipo de dados, depois de tratados e analisados, podem gerar *insights*, de forma a serem determinados padrões, fazer previsões e fazer recomendações ou tomada de decisões/ ações [32], [44].

Poderá utilizar-se a IA como ajuda para criar sistemas com a capacidade de produzir automaticamente a lógica de controlo, simulando o desempenho energético do edifício, através de gémeos digitais (*digital twins*). Isto permite que sejam feitas previsões minuciosas, permitindo a tomada de decisões mais informadas, desde a fase preliminar do projeto, melhorando decisões de investimento [32].

Para além do que já foi referido, a IA pode ainda permitir uma manutenção preditiva, sendo esta uma estratégia de manutenção que visa prever possíveis falhas ou problemas em equipamentos antes que ocorram, com base na análise de dados e na monitorização contínua. Deste modo, torna-se possível acompanhar o desempenho e as condições de determinado equipamento ou sistema, permitindo agir antes que haja uma falha, otimizando assim os custos e aumentando a vida útil dos ativos [44].

3.3.1 Definição e Objetivos

O SRI é um regime comum europeu, podendo ser classificado como uma ferramenta, como um indicador e também como uma metodologia, que serve para avaliar o nível de aptidão dos edifícios para as tecnologias inteligentes, tendo em consideração diversos parâmetros relacionados com a eficiência energética, com o conforto dos ocupantes e também com os sistemas técnicos [44], [46].

O SRI existe sobretudo como um veículo de [11], [62]:

- Sensibilização - de forma a sensibilizar as várias entidades para os benefícios das tecnologias inteligentes e das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) nos edifícios;
- Motivação - de forma a motivar os consumidores a acelerar os investimentos em tecnologias inteligentes;
- Aceleração - de forma a apoiar a aceleração da inovação tecnológica no setor dos edifícios.

Este indicador serve de complemento a outros instrumentos no âmbito da EPBD, de 2024 [11], [17].

Reiterando o que já foi abordado sobre a EPBD de 2024, de forma a evidenciar a complementaridade entre essa Diretiva e o SRI, segue-se a Figura 4, que expõe de forma criteriosa as áreas de foco da Diretiva, destacando o indicador em estudo [11].

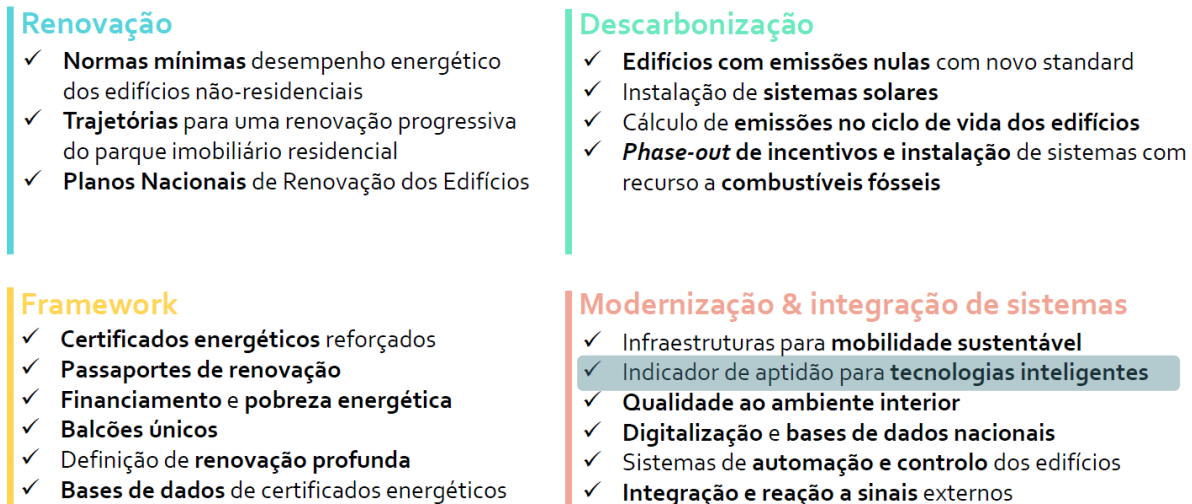


Figura 4 – Áreas de foco da EPBD 2024 [11]

Como objetivo principal para este indicador, destaca-se a medição da aptidão do edifício para as 3 vertentes ilustradas pela Figura 5.



Figura 5 – Objetivos principais do SRI [11], [80]

Este objetivo apresentado na Figura 5, pode ser esmiuçado em alguns objetivos mais específicos, que se seguem [44]:

- Identificar oportunidades;
- Impulsionar a eficiência energética;
- Melhorar o conforto dos ocupantes;
- Auxiliar na tomada de decisões;
- Promover a inovação;
- Facilitar a integração de redes inteligentes.

Relativamente ao primeiro objetivo mencionado, o processo de identificação de oportunidades consiste em determinar as áreas, dentro do edifício em questão, onde uma integração de soluções e tecnologias inteligentes pode melhorar a eficiência energética, a qualidade do ambiente interno e o desempenho geral do edifício. No que diz respeito ao segundo objetivo referido, o impulsionar da eficiência energética pode ser atingido com o incentivo de utilização de novas práticas de eficiência energética, incluindo novas tecnologias, reduzindo o consumo energético, mas também as emissões de GEE [44].

Para melhorar o conforto dos ocupantes, devem ser promovidos ambientes internos com base na saúde e no conforto, para proporcionar um período laboral mais proveitoso ou um período de descanso mais relaxante. Para isso são necessárias avaliações a alguns fatores, tais como as condições de iluminação, a qualidade do ar, o conforto térmico e acústico [44].

Este indicador, para além de ser uma grande ajuda na tomada de decisões ponderadas e no desenvolvimento de políticas, pelas informações importantes que proporciona às diversas partes interessadas, pretende ainda promover a inovação, começando por incentivar o mercado com tecnologias inteligentes, criando oportunidades de inovação e dando um novo impulso ao desenvolvimento de soluções mais sustentáveis no setor da construção, promovendo o “*retrofitting*” dos edifícios [44], [62].

Com a aplicação do SRI, espera-se ainda facilitar a integração de redes inteligentes, permitindo que os edifícios se consigam conectar com redes inteligentes e com outro tipo de sistemas externos, promovendo estratégias de gestão energética, como a resposta à procura e à variação de cargas. No que se refere à resposta à procura, envolve-se ainda a capacidade de ajustar dinamicamente o consumo de energia com base em sinais da rede, com a complementaridade do ajuste dos preços [44], [62].

3.3.2 Estrutura do Processo de Avaliação

A avaliação do SRI é, por norma, realizada através de um processo sistemático. Este processo inclui a avaliação de vários parâmetros e critérios, de forma a determinar a aptidão de um edifício para as tecnologias inteligentes. Muito embora os detalhes específicos possam sofrer uma variação, consoante a estrutura ou a metodologia do SRI utilizada, segue-se uma linha geral de como uma avaliação se desenvolve [44], [52], [63]:

- **Contacto preliminar:** Numa fase inicial, estabelecem-se o propósito e os objetivos da avaliação SRI, reconhecem-se os requisitos específicos do edifício e é definida a profundidade da análise SRI, a par de uma previsão de tempo e de recursos;
- **Reunião inicial:** Neste momento, são identificados os principais contactos e coordenadores SRI, são agendadas as visitas específicas e são organizados os recursos e dados;
- **Recolha dos dados:** É importante reunir todas as informações do edifício que se caracterizem como relevantes, acerca do edifício, dos sistemas que o integram e do seu desempenho energético, nomeadamente acerca de funções de automação e controlo. Nesta fase do processo, deve ser analisada toda a

documentação de projeto, operação e manutenção, desde partes da arquitetura, especificações técnicas e dados dos equipamentos;

- Definição do quadro de avaliação: Depois da familiarização com a documentação e com as diretrizes fornecidas pela UE, em relação à metodologia SRI, torna-se necessário aplicar a estrutura de avaliação do SRI predefinida, onde estão descritos os domínios a serem avaliados, os critérios de impacto e os serviços;
- Trabalho de campo: Após definir o quadro de avaliação, são necessárias inspeções ao local, de forma a verificar a presença e a funcionalidade de sensores, de sistemas técnicos e de equipamentos. É nesta fase que devem ser compreendidas todas as rotinas operacionais;
- Análise dos dados adquiridos: Realizadas as inspeções ao local, os dados devem ser analisados com critério;
- Avaliação do estado atual: Analisados os dados recolhidos, chegou o momento de determinar os níveis de funcionalidade de todos os serviços, dos diversos domínios técnicos presentes no edifício. Este processo de avaliação é realizado através de uma análise minuciosa de cada ficha informativa, dedicada a cada serviço, onde são fornecidas informações relevantes necessárias para compreender os diferentes níveis de funcionalidade associados ao serviço e as respetivas pontuações de impacto. Cada serviço *smart-ready* pode ter entre três e um máximo de cinco níveis de funcionalidade selecionáveis;
- Cálculo das pontuações SRI: Através de plataforma de cálculo SRI especializadas, torna-se possível obter as pontuações SRI, depois de inseridos os níveis de funcionalidade determinados para cada serviço, desde a pontuação final do indicador, pontuações nos nove domínios técnicos, nos sete critérios de impacto e nas três funcionalidades-chave. Com este tipo de ferramentas o processo de cálculo é automatizado, podendo-se realizar as simulações que se determinarem como necessárias;
- Relatório final: Após todos os passos referidos, deve-se realizar um relatório/certificado SRI num formato padronizado, onde são apresentados os resultados da etapa anterior e são determinadas as medidas de melhoria, de forma a melhorar o resultado do indicador. Podem-se destacar os pontos fortes e os pontos fracos e evidenciar o *status* atual do edifício e o previsto com a possível implementação das medidas propostas. Devem ser incluídas informações acerca do período de validade do certificado, em que se especifica a duração para a qual a certificação permanece válida. Nesta mesma secção é mencionado qual foi o organismo de certificação, ou o avaliador, que realizou a avaliação do SRI;
- Reunião final: Por fim, deve ser realizada uma reunião com as partes interessadas (proprietários /gestores do edifício), na qual é partilhado o relatório de avaliação do SRI. Este momento de envolvimento deve ser focado numa discussão saudável acerca da classificação do SRI no estado atual e das medidas de melhoria propostas.

A Figura 6 fornece uma visão geral abrangente das etapas envolvidas no processo de Auditoria SRI [52].

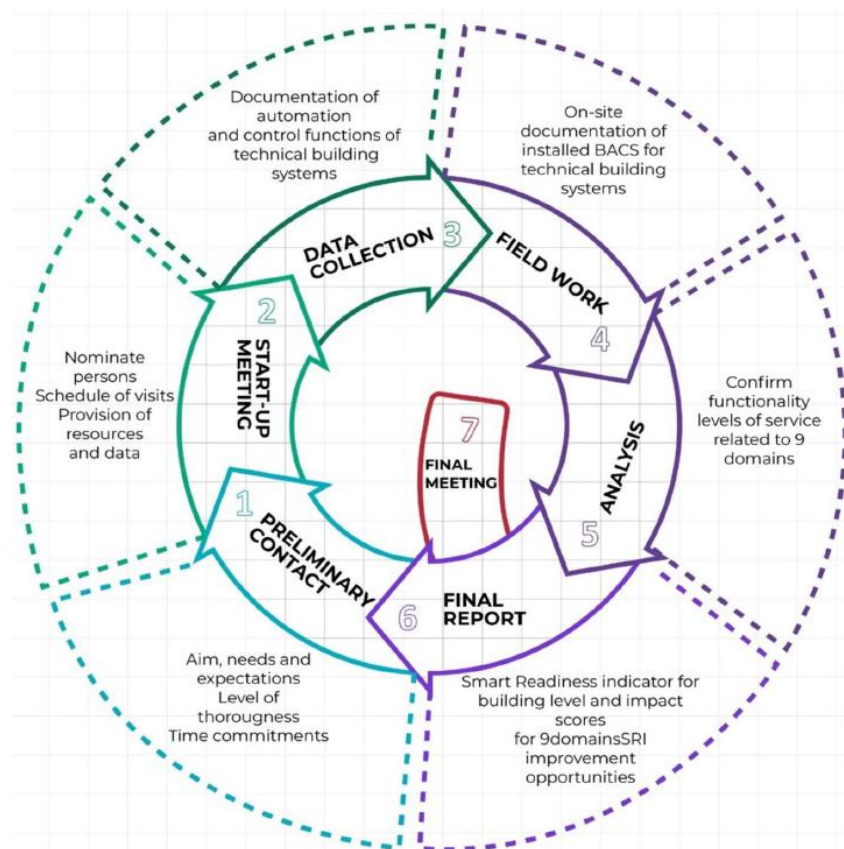


Figura 6 – Estrutura da Auditoria SRI [52]

3.3.3 Catálogo de Serviços aptos para as Tecnologias Inteligentes

A metodologia SRI sustenta-se na avaliação da aptidão para as tecnologias inteligentes dos serviços presentes num edifício, ou seja, dos serviços *Smart-Ready*, tendo assim presente a relevância deste catálogo de serviços para a avaliação SRI. Esses serviços são capacitados por uma combinação de tecnologias aptas para a utilização inteligente, embora sejam definidos de uma forma neutra, do ponto de vista tecnológico [46].

Para fins de cálculo das pontuações, os Estados-Membros deverão fornecer, no mínimo, um catálogo de aptidão para as tecnologias inteligentes a ser utilizado pelos peritos, de forma a tornar mais eficaz a avaliação dos vários serviços, utilizando, sempre que disponíveis, as orientações da UE. Os Estados-Membros poderão ainda decidir disponibilizar diversos catálogos para, por exemplo, aplicar às diferentes tipologias de edifícios [46], [48], [49].

Este tipo de catálogo é composto por fichas técnicas informativas, que contêm informações detalhadas acerca de cada serviço, por domínio técnico, incluindo as métricas, as considerações específicas de cada nível de funcionalidade e as pontuações individuais correspondentes, para os critérios de impacto [48], [49]. O SRI normalmente define KPI's (*Key Performance Indicators / Indicadores-Chave de Desempenho*) para cada domínio, sendo um tipo de métrica muito utilizada para medir, comparar e acompanhar o desempenho de uma determinada variável,

servindo como indicadores mensuráveis do desempenho do edifício, dentro dessa área de análise [44], [64].

Posto isto, para cada domínio técnico, existe uma lista de serviços inteligentes, os níveis correspondentes de funcionalidade (onde é determinada a capacidade e sofisticação de cada serviço) e as pontuações individuais respetivas, para os 7 critérios de impacto, ou seja, a forma como cada nível de cada serviço contribui para os critérios definidos no SRI [46]. Desta forma, é avaliado o impacto de cada serviço por cada critério de impacto (pontuações de impacto) [65].

Note-se que, grande parte destes serviços se fundamentam em normas técnicas internacionais, como é o caso da ISO 52120-1: “Desempenho energético dos edifícios - Contribuição da automatização, controlos e gestão de edifícios” [36], [46].

Note-se que, existem serviços que apenas se aplicam ao Catálogo A (o catálogo relativo ao método A), outros serviços que apenas se aplicam ao Catálogo B (o catálogo relativo ao método B), e ainda serviços que se aplicam aos Catálogos A e B. Ainda é relevante indicar que, quando se está a avaliar um serviço aplicável aos catálogos A e B, a pontuação pode ser de igual valor nos 2 catálogos (A&B) ou ser diferente (A/B) [46].

No quadro do SRI, se um dos nove domínios não for relevante ou aplicável a um determinado edifício, esse não pode ficar incluído na avaliação. O cálculo do SRI é projetado para considerar os domínios que são aplicáveis ao edifício em avaliação, garantindo assim que a avaliação seja adaptada às características específicas do edifício em causa, assim como os sistemas técnicos existentes [44]. Destaca-se ainda que, a omissão de um domínio técnico da avaliação, é permitida somente quando o objeto da avaliação não inclui esse domínio técnico, contudo alguns domínios técnicos podem ser obrigatórios por razões técnicas e/ou estratégicas. Por exemplo, o domínio técnico do “Aquecimento” é obrigatório em regiões frias [46].

3.3.3.1 Domínios Técnicos

Nos catálogos de serviços SRI, os serviços são agrupados em nove domínios técnicos, também designados por “domínios metodológicos”, sendo eles o aquecimento, o arrefecimento, a água quente para uso doméstico ou água quente sanitária (AQS), a ventilação, a iluminação, a envolvente dinâmica do edifício, a eletricidade, o carregamento de veículos elétricos e, por último, a monitorização e controlo. Na Figura 7 ficam ilustrados todos os domínios técnicos referidos [44], [46], [65], [66].

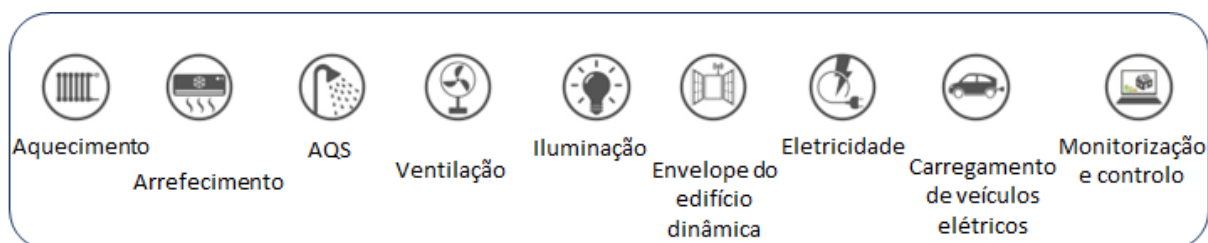


Figura 7 – Ilustração dos Domínios Técnicos [46]

Seguem exemplos de aplicação de serviços inteligentes a todos os domínios técnicos:

- Aquecimento – Este domínio é textualmente apresentado por “H”, abreviatura de “*heating*”. A funcionalidade dos sistemas inteligentes de controlo do aquecimento pode ser baseada em horários de temperatura e em pontos de regulação, tendo presente que, certos sistemas avançados utilizam até algoritmos com o auxílio da IA para reconhecer e estudar os comportamentos dos utilizadores, tendo a possibilidade de haver interação com outros parâmetros, tal como a ocupação das divisões ou a abertura das janelas, de forma a diminuir as perdas de energia [46], [65]. O catálogo de serviços SRI faz uma listagem dos serviços inteligentes no setor do aquecimento, que melhoram a operação dos sistemas de aquecimento existentes num edifício, nomeadamente ao nível do armazenamento, da produção, da distribuição e da entrega de calor [67].
- Arrefecimento – Este domínio é textualmente apresentado por “C”, abreviatura de “*cooling*”. Os sistemas inteligentes de controlo do arrefecimento poderão traduzir-se em poupanças energéticas, com os devidos ajustes de funcionamento do sistema de arrefecimento, de acordo com a temperatura real da divisão [65]. Os sistemas de arrefecimento mais avançados poderão funcionar através de horários pré-definidos e poderão otimizar ainda mais o seu comportamento de funcionamento através, por exemplo, da aprendizagem de hábitos dos ocupantes dos edifícios e, tendo em linha de conta os sinais da rede e as previsões locais [46].
- AQS – Este domínio é textualmente apresentado por “DHW”, abreviatura de “*domestic hot water*”. A área de preparação de água quente, inclui serviços relacionados com o controlo inteligente da produção, do armazenamento e da distribuição de água quente por todo o edifício [67]. Dado que a AQS representa alguma relevância na utilização de energia nos edifícios, através de sistemas de controlo, de carregamento programado e de outros meios, poder-se-á verificar uma redução bastante significativa na percentagem da AQS no consumo energético total, de um edifício, que levará conseqüentemente a uma redução das despesas de energia e uma redução da pegada de carbono [46], [65].
- Ventilação – Este domínio é textualmente apresentado por “V”, abreviatura de “*ventilation*”. O processo de substituição de ar “usado” por ar renovado é normalmente feito com o uso de unidades de ventilação, compostas por ventiladores, motores, controlos eletrónicos e outro tipo de dispositivos, como por exemplo os sistemas de recuperação de calor. Estas unidades de ventilação estão conectadas aos edifícios através de entradas e saídas de ar, ou das condutas de ventilação [46]. Através de uma ventilação adequada, ou seja, de um controlo eficaz do fluxo de ar e da temperatura interna, proporciona-se saúde e bem-estar aos ocupantes dos edifícios [67].
- Iluminação – Este domínio é textualmente apresentado por “L”, abreviatura de “*lighting*”. Dado o peso significativo da iluminação no consumo energético nos edifícios, sistemas de controlo de iluminação são fulcrais para a eficiência energética dos edifícios, nomeadamente no que respeita aos edifícios do setor terciário, ou seja, construções destinadas a atividades de prestação de serviços. Os sistemas de controlo de iluminação para regulação ativa possibilitam adaptar a intensidade de luz a diferentes situações possíveis,

proporcionando um maior nível de conforto e um consumo energético mais proveitoso [46], [65].

- **Envolvente Dinâmica do Edifício** – Este domínio é textualmente apresentado por “DE”, abreviatura de “*dynamic building envelope*”. A envolvente dinâmica do edifício funciona tendo em consideração as condições internas e externas, visando alcançar sempre a opção mais favorável. Torna-se muito importante que o funcionamento dos elementos da envolvente dinâmica seja incorporado no sistema de controlo do edifício, por causa do seu impacto significativo no consumo dos sistemas de iluminação e de AVAC [46]. Este domínio contempla a proteção e o controlo da temperatura interior do edifício, através do controlo de aberturas e de sistemas de proteção solar, promovendo a utilização de fachadas dinâmicas inteligentes, que permitem responder, em tempo real, às exigências dos ocupantes face às condições interiores e às condições meteorológicas [65], [67].
- **Eletricidade** – Este domínio é textualmente apresentado por “E”, abreviatura de “*electricity*”. Tem de se ter presente que a produção de energia elétrica é um dos principais responsáveis pela emissão de gases poluentes para a atmosfera, devido à combustão de combustíveis fósseis como o carvão, gás natural ou a lenhite, que emitem GEE para a atmosfera. Este domínio foca-se então na produção de eletricidade, no controlo da procura de energia, face a sinais da rede elétrica (flexibilidade energética) e na inclusão de fontes de energia renováveis no parque electroprodutor [46].
- **Carregamento de Veículos Elétricos** – Este domínio é textualmente apresentado por “EV” ou “EVC”, abreviatura para “*electric vehicle charging*”. Note-se que os VE têm um papel fundamental ao nível da descarbonização do setor dos transportes, pelo que as suas baterias podem ser utilizadas em conjunto com os sistemas de produção de energia elétrica no local, a partir de fontes de energia renováveis, disponibilizando maior equilíbrio na rede [46], [65]. Este domínio inclui os serviços técnicos disponibilizados pelos edifícios para os VE, através das estações de carregamento, da gestão do consumo energético e ainda dos recursos de armazenamento de energia [67].
- **Monitorização e Controlo** – Este domínio é textualmente apresentado por “MC”, abreviatura de “*Monitoring and Control*”. Este domínio diz respeito à utilização de ferramentas, de equipamentos e de métodos para monitorizar e controlar o funcionamento dos sistemas técnicos de um edifício, estando abrangidas várias particularidades dos domínios anteriores [46], [65].

3.3.3.2 Métodos

Quando não são disponibilizados catálogos de serviços adaptados pelos Estados-Membros, o avaliador tem de se focar nos catálogos de serviços predefinidos, desenvolvidos pela equipa de apoio do SRI, revistos com base no *feedback* das diversas partes interessadas. Posto isto, existem 2 catálogos, podendo ser classificados como 2 métodos, sendo eles o Método A e o Método B [44], [46], [47]:

- **Método A:** É um método simplificado, composto por 27 serviços [46], indicado para edifícios pequenos, com baixa complexidade e baixo consumo energético, ou seja, é adequado para uso residencial ou não residencial de pequenas dimensões (inferior a 500 m²), sendo caracterizado por uma

abordagem de lista de verificação, com uma autoavaliação *online* ao utilizador final (sem certificação) ou com uma avaliação de terceiros no local (com certificação formal) [44];

- Método B: É um método pormenorizado e mais técnico, composto por 54 serviços [46], indicado para o uso em edifícios maiores, com maior consumo energético e SACE mais complexos. É um método também caracterizado por uma abordagem de lista de verificação, com uma autoavaliação *online* ao utilizador final (sem certificação) ou com uma avaliação de terceiros no local (com certificação formal) [44].

Existe uma variação entre a disponibilidade dos dados e recursos de um edifício para outro, pelo que também existe uma diferenciação na tipologia dos edifícios dado que, independentemente da sua idade, edifícios residenciais, comerciais, públicos, ou de serviços, têm diferentes critérios para avaliar a aptidão para as tecnologias inteligentes. Posto isto, a utilização do edifício impacta na metodologia a escolher visto que, por exemplo, num edifício residencial podem ser priorizados fatores como o conforto interno, a eficiência energética e uma interface de utilização simples e prática. Por outro lado, num edifício comercial podem ser valorizados fatores como a automação, a monitorização da ocupação e os sistemas de gestão de energia [44].

Assim sendo, existe uma flexibilidade dos países da UE adaptarem as metodologias ao seu contexto e aos requisitos locais específicos, pelo que as abordagens do Método A e do Método B são excelentes. Numa fase *à posteriori* podem ser levantadas e incluídas certas especificações regionais ou nacionais, como por exemplo as condições climáticas, as tecnologias disponíveis e os regulamentos vigentes relativos à construção, entre outros fatores, de forma a garantir que a avaliação do SRI se mantenha o mais fiel e eficaz possível, em cada país [44].

3.3.3.3 Níveis de Funcionalidade

Para cada serviço, são selecionáveis de 2 até 5 níveis de funcionalidade, notando-se que um nível de funcionalidade mais elevado revela uma implementação mais “inteligente” do serviço, o que normalmente gera impactos mais benéficos, em comparação com os serviços implementados com um nível de funcionalidade inferior [67]. Ora, os níveis de funcionalidade são expressos como números ordenados, o que se reflete no facto das classificações não conseguirem ser facilmente comparadas, de um ponto de vista quantitativo, de um serviço para outro. Na Figura 8 é apresentado um exemplo de aplicação dos níveis de funcionalidade para o serviço de “H-1a – Controlo da dissipação de calor” [46].

H-1a		Controlo da dissipação de calor		Grupo de serviços: Controlo do calor - lado da procura					
Níveis de funcionalidade		IMPACTOS							
		Eficiência energética	Flexibilidade energética e armazenamento de energia	Conforto	Facilidade de utilização	Saúde, bem-estar e acessibilidade	Manutenção e previsão de avarias	Informação aos ocupantes	
-	nível 0	Sem controlo automático	0	0	0	0	0	0	0
	nível 1	Controlo automático centralizado (por exemplo, termostato central)	1	0	1	1	1	0	0
	nível 2	Controlo individual do espaço (por exemplo, válvulas termostáticas ou controlador eletrónico)	2	0	2	2	2	0	0
	nível 3	Controlo individual do espaço com comunicação entre controladores e o sistema SACE	2	0	2	3	2	1	0
+	nível 4	Controlo individual do espaço com comunicação e deteção de ocupação	3	0	2	3	2	1	0

Figura 8 – Aplicação dos níveis de funcionalidade para o serviço de “Controlo da dissipação de calor” [46]

3.3.3.4 Critérios de Impacto

Um serviço que seja apto para as tecnologias inteligentes, pode traduzir-se em diversos impactos no edifício, nos seus utilizadores e também na rede energética. No SRI, são avaliados 7 critérios de impacto para cada serviço, todavia as pontuações podem ser agregadas nas 3 principais funcionalidades, que se seguem, incluídas na EPBD e na regulamentação auxiliar [46], [66], [67].

1. Desempenho energético e funcionamento;
2. Resposta às necessidades dos ocupantes;
3. Flexibilidade energética, incluindo a capacidade do edifício ou da fração autónoma de permitir a participação na resposta à procura.

Assim, o desempenho de cada serviço é avaliado em relação aos 7 critérios de impacto [45]. Para cada um dos serviços do catálogo, as pontuações de impacto são definidas para os seus níveis de funcionalidades correspondentes [46].

Na Figura 9 ficam mais explícitos os agrupamentos dos 7 critérios de impacto nas 3 principais funcionalidades, notando-se que a numeração, de 1 até 3, dos agrupamentos expressos na Figura 9, associam-se diretamente à numeração acima utilizada para identificação das 3 funcionalidades principais do SRI [66].

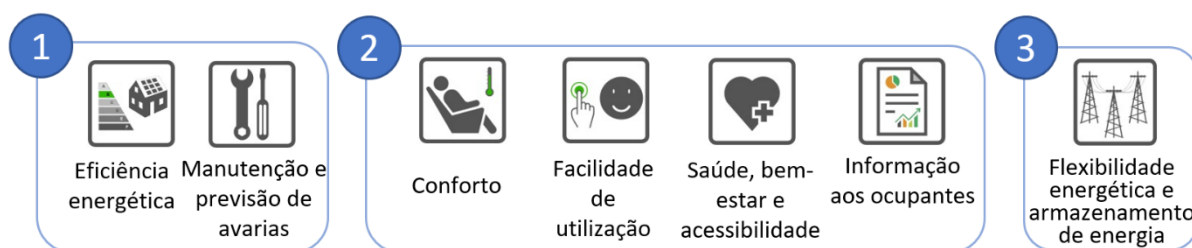


Figura 9 – Agregação dos 7 critérios de impacto nas 3 principais funcionalidades do SRI [46]

Segue-se uma identificação e uma explicação, ordenada, de cada um dos critérios de impacto da aptidão para as tecnologias inteligentes [46], [66]:

1. Eficiência energética;
2. Manutenção e previsão de avarias;
3. Conforto;
4. Facilidade de utilização;
5. Saúde, bem-estar e acessibilidade;
6. Informação aos ocupantes;
7. Flexibilidade energética e armazenamento de energia.

Na categoria da eficiência energética, são avaliados os impactos dos serviços com a capacidade de poupança energética. Note-se que, não é considerado todo o desempenho energético dos edifícios, sendo apenas considerado o contributo dado para o efeito, pela aptidão para as tecnologias inteligentes, como por exemplo, o contributo resultante de um controlo mais eficiente da temperatura ambiente [46], [67].

Relativamente à categoria da manutenção e previsão de avarias, deteções e diagnósticos automatizados apresentam um grande potencial de melhorar a manutenção e a operação dos sistemas técnicos dos edifícios. Do mesmo modo, apresentam também impactos bastante positivos no desempenho energético dos sistemas técnicos, ao ser possível detetar e diagnosticar qualquer tipo de funcionamento ineficiente, garantindo uma elevada eficiência do edifício [46], [67].

No que diz respeito à categoria do conforto, esta refere-se aos impactos dos serviços no conforto dos ocupantes e utilizadores do edifício. O conceito de conforto refere-se à percepção consciente e inconsciente do ambiente físico envolvente, incluindo o conforto térmico, o conforto acústico e o conforto e desempenho visuais, como é exemplo o fornecimento de níveis de iluminação suficientes, sem encadeamento e adequados ao ambiente em questão [46], [67].

Referente agora à categoria da facilidade de utilização, esta refere-se aos impactos dos serviços na facilidade de utilização e operação dos ocupantes, isto é, até que ponto os serviços conseguem facilitar a vida do utilizador/ ocupante. Um exemplo prático disso são sistemas técnicos que exijam menos interações manuais [46], [67].

Analisando agora a categoria de saúde, bem-estar e acessibilidade, esta diz respeito aos impactos dos serviços na saúde e bem-estar dos ocupantes, como se verifica num exemplo em que, controlos mais emergentes e inteligentes podem disponibilizar uma qualidade do ar interior (QAI) superior à conseguida com controlos mais tradicionais. Assim sendo, aumenta-se o bem-estar dos ocupantes, o que se reflete diretamente numa contribuição positiva na sua saúde [46], [67].

A categoria da informação aos ocupantes refere-se aos impactos dos serviços no fornecimento de informações sobre o funcionamento do edifício. Já a categoria da flexibilidade energética e armazenamento de energia, dirige-se aos impactos dos serviços no potencial de flexibilidade energética do edifício, sendo previsível a integração desta flexibilidade não só nas redes de eletricidade, como também nas redes urbanas de aquecimento e arrefecimento [46], [67].

3.3.4 Cálculo das Pontuações de Aptidão para as Tecnologias Inteligentes

O SRI de um edifício é apresentado em forma de uma percentagem e reflete a relação entre a pontuação de aptidão para as tecnologias inteligentes do edifício, com a pontuação máxima de aptidão para as tecnologias inteligentes que o edifício poderia alcançar. O cálculo das pontuações de aptidão para as tecnologias inteligentes de um edifício varia conforme a avaliação dos serviços aptos para as tecnologias inteligentes, relativamente ao seu nível de funcionalidade [46]. O protocolo de cálculo das pontuações de aptidão para as tecnologias inteligentes é composto por 6 passos, que são seguidamente explicados [46].

Passo Nº 1:

Neste primeiro passo, os serviços disponíveis no edifício, são inspecionados e é determinado o seu nível de funcionalidade, sendo isto realizado por um Avaliador SRI. Para cada serviço, esta avaliação resulta na obtenção da pontuação de impacto. É concedida, pelo catálogo selecionado, uma pontuação de referência a cada serviço que exista no edifício, como sendo a pontuação máxima possível de atingir. Os passos que se seguem são automatizados pela ferramenta de avaliação *SRI2MARKET* [46].

Passo Nº 2:

Neste segundo passo, é feito o cálculo da pontuação de impacto agregada para cada um dos domínios considerados na avaliação e a pontuação máxima possível, como se pode verificar na Figura 10.

		Objeto em avaliação							Referência (pontuação máxima possível)						
		IC1	IC2	IC3	IC4	IC5	IC6	IC7	IC1	IC2	IC3	IC4	IC5	IC6	IC7
Domínio 1 (Aquecimento)	Serviço 1A	pontuação S1A,IC1	pontuação S1A,IC2	pontuação S1A,IC3	pontuação S1A,IC4	pontuação S1A,IC5	pontuação S1A,IC6	pontuação S1A,IC7	pontuação S1A,IC1	pontuação S1A,IC2	pontuação S1A,IC3	pontuação S1A,IC4	pontuação S1A,IC5	pontuação S1A,IC6	pontuação S1A,IC7
	Serviço 1B	pontuação S1B,IC1	pontuação S1B,IC2	pontuação S1B,IC3	pontuação S1B,IC4	pontuação S1B,IC5	pontuação S1B,IC6	pontuação S1B,IC7	pontuação S1B,IC1	pontuação S1B,IC2	pontuação S1B,IC3	pontuação S1B,IC4	pontuação S1B,IC5	pontuação S1B,IC6	pontuação S1B,IC7
	Serviço 1C														
	Serviço 1D														
	...														
	...														
	Serviço 1Nd	pontuação S1Nd,IC1	pontuação S1Nd,IC2	pontuação S1Nd,IC3	pontuação S1Nd,IC4	pontuação S1Nd,IC5	pontuação S1Nd,IC6	pontuação S1Nd,IC7	pontuação S1Nd,IC1	pontuação S1Nd,IC2	pontuação S1Nd,IC3	pontuação S1Nd,IC4	pontuação S1Nd,IC5	pontuação S1Nd,IC6	pontuação S1Nd,IC7
...															
...															
Domínio 9 (Monitorização e Controlo)	Serviço 1A														
	Serviço 1B														
	Serviço 1C														
	Serviço 1D														
	...														
	Serviço 1Nd														

Figura 10 – Cálculo da pontuação de impacto agregada [46]

Portanto, determina-se, para cada critério de impacto, a pontuação, $I(d, ic)$, atribuída a cada domínio técnico, por aplicação da expressão matemática (3.1) [48]:

$$I(d, ic) = \sum_{i=1}^{N_d} I_{ic}(FL(S_{i,d})) \quad (3.1)$$

em que:

- d é o número do domínio técnico, em análise;
- ic é o número do critério de impacto, em análise;
- N_d é o total de serviços abrangidos pelo domínio técnico d ;
- $S_{i,d}$ é o serviço i do domínio técnico d ;
- $FL(S_{i,d})$ é o nível de funcionalidade do serviço $S_{i,d}$ disponível no edifício, ou na fração autónoma;
- $I_{ic}(FL(S_{i,d}))$ é a pontuação atribuída ao serviço $S_{i,d}$, no que diz respeito ao critério de impacto com o número ic , de acordo com o nível de funcionalidade do serviço.

Determina-se ainda a pontuação máxima de cada domínio técnico, para cada critério de impacto, $I_{max}(d, ic)$, através da aplicação da expressão matemática (3.2) [48]:

$$I_{max}(d, ic) = \sum_{i=1}^{N_d} I_{ic}(FL_{max}(S_{i,d})) \quad (3.2)$$

em que:

- $FL_{max}(S_{i,d})$ é o nível de funcionalidade mais elevado que o serviço $S_{i,d}$ poderia alcançar, de acordo com o catálogo de serviços aptos para as tecnologias inteligentes;
- $I_{ic}(FL_{max}(S_{i,d}))$ é a pontuação atribuída ao nível mais elevado do serviço $S_{i,d}$, ou seja, a pontuação máxima atribuível ao serviço $S_{i,d}$, que diz respeito ao critério de impacto com o número ic .

Passo Nº 3:

Neste terceiro passo, são então calculadas as pontuações de aptidão para as tecnologias inteligentes dos diferentes domínios técnicos, para cada critério de impacto, $SRI_{d, ic}$. Para obter essas pontuações, faz-se o quociente entre a pontuação do domínio “d” e a pontuação máxima do domínio “d”, para o critério de impacto “ic”, multiplicando por 100 para obter o resultado na forma de percentagem. Para melhor ilustrar o que foi referido, seguem-se a Figura 11 e a Figura 12 para o demonstrar visualmente.

	Objeto em avaliação							Referência (pontuação máxima possível)						
	IC1	IC2	IC3	IC4	IC5	IC6	IC7	IC1	IC2	IC3	IC4	IC5	IC6	IC7
Domínio 1	I11	I12	I13	I14	I15	I16	I17	I _{max} 11	I _{max} 12	I _{max} 13	I _{max} 14	I _{max} 15	I _{max} 16	I _{max} 17
Domínio 2	I21	I22	I23	I24	I25	I26	I27	I _{max} 21	I _{max} 22	I _{max} 23	I _{max} 24	I _{max} 25	I _{max} 26	I _{max} 27
Domínio 3	I31	I32	I33	I34	I35	I36	I37	I _{max} 31	I _{max} 32	I _{max} 33	I _{max} 34	I _{max} 35	I _{max} 36	I _{max} 37
Domínio 4	I41	I42	I43	I44	I45	I46	I47	I _{max} 41	I _{max} 42	I _{max} 43	I _{max} 44	I _{max} 45	I _{max} 46	I _{max} 47
Domínio 5	I51	I52	I53	I54	I55	I56	I57	I _{max} 51	I _{max} 52	I _{max} 53	I _{max} 54	I _{max} 55	I _{max} 56	I _{max} 57
Domínio 6	I61	I62	I63	I64	I65	I66	I67	I _{max} 61	I _{max} 62	I _{max} 63	I _{max} 64	I _{max} 65	I _{max} 66	I _{max} 67
Domínio 7	I71	I72	I73	I74	I75	I76	I77	I _{max} 71	I _{max} 72	I _{max} 73	I _{max} 74	I _{max} 75	I _{max} 76	I _{max} 77
Domínio 8	I81	I82	I83	I84	I85	I86	I87	I _{max} 81	I _{max} 82	I _{max} 83	I _{max} 84	I _{max} 85	I _{max} 86	I _{max} 87
Domínio 9	I91	I92	I93	I94	I95	I96	I97	I _{max} 91	I _{max} 92	I _{max} 93	I _{max} 94	I _{max} 95	I _{max} 96	I _{max} 97

Figura 11 – Cálculo das pontuações de aptidão para as tecnologias inteligentes dos diferentes domínios técnicos, para cada critério de impacto $SRI_{d, ic}$ [46]

Como é perceptível, a pontuação final do SRI será apenas calculada com base nos domínios relevantes e aplicáveis, sendo a ponderação ajustada em conformidade.

	IC1	IC2	IC3	IC4	IC5	IC6	IC7
Domínio 1	SR(1,1)	SR(1,2)					SR(1,7)
Domínio 2	SR(2,1)	SR(2,2)					
Domínio 3	SR(3,1)	SR(3,2)					
Domínio 4	SR(4,1)	SR(4,2)					
Domínio 5	SR(5,1)	SR(5,2)					
Domínio 6	SR(6,1)	SR(6,2)					
Domínio 7	SR(7,1)	SR(7,2)					
Domínio 8	SR(8,1)	SR(8,2)					...
Domínio 9	SR(9,1)	SR(9,2)				...	SR(9,7)

Figura 12 – Continuação do cálculo das pontuações de aptidão para as tecnologias inteligentes dos diferentes domínios técnicos, para cada critério de impacto $SRI_{d, ic}$ [46]

Como se verificar na Figura 12, podem ser calculadas as pontuações atribuídas à aptidão para as tecnologias inteligentes, dos domínios técnicos, para cada critério de impacto, $SRI_{d,ic}$, por aplicação da expressão matemática (3.3) [48]:

$$SRI_{d,ic} = \frac{I(d, ic)}{I_{max}(d, ic)} \times 100 \quad (3.3)$$

em que:

- $I(d,ic)$ é a pontuação atribuída ao domínio com o número d , para o critério de impacto com o número ic ;
- $I_{max}(d,ic)$ é a pontuação máxima atribuível ao domínio com o número d , para o critério de impacto com o número ic .

Passo N° 4:

Neste quarto passo, é determinada a pontuação da aptidão para as tecnologias inteligentes, apresentada em percentagem, para cada um dos critérios de impacto SR_{ic} , sendo obtida através do uso de fatores de ponderação, como se revela na Figura 13 e na Figura 14.

	Objeto em avaliação							Referência (pontuação máxima possível)						
	IC1	IC2	IC3	IC4	IC5	IC6	IC7	IC1	IC2	IC3	IC4	IC5	IC6	IC7
Domínio 1	I11	I12	I13	I14	I15	I16	I17	I _{max} 11	I _{max} 12	I _{max} 13	I _{max} 14	I _{max} 15	I _{max} 16	I _{max} 17
Domínio 2	I21	I22	I23	I24	I25	I26	I27	I _{max} 21	I _{max} 22	I _{max} 23	I _{max} 24	I _{max} 25	I _{max} 26	I _{max} 27
Domínio 3	I31	I32	I33	I34	I35	I36	I37	I _{max} 31	I _{max} 32	I _{max} 33	I _{max} 34	I _{max} 35	I _{max} 36	I _{max} 37
Domínio 4	I41	I42	I43	I44	I45	I46	I47	I _{max} 41	I _{max} 42	I _{max} 43	I _{max} 44	I _{max} 45	I _{max} 46	I _{max} 47
Domínio 5	I51	I52	I53	I54	I55	I56	I57	I _{max} 51	I _{max} 52	I _{max} 53	I _{max} 54	I _{max} 55	I _{max} 56	I _{max} 57
Domínio 6	I61	I62	I63	I64	I65	I66	I67	I _{max} 61	I _{max} 62	I _{max} 63	I _{max} 64	I _{max} 65	I _{max} 66	I _{max} 67
Domínio 7	I71	I72	I73	I74	I75	I76	I77	I _{max} 71	I _{max} 72	I _{max} 73	I _{max} 74	I _{max} 75	I _{max} 76	I _{max} 77
Domínio 8	I81	I82	I83	I84	I85	I86	I87	I _{max} 81	I _{max} 82	I _{max} 83	I _{max} 84	I _{max} 85	I _{max} 86	I _{max} 87
Domínio 9	I91	I92	I93	I94	I95	I96	I97	I _{max} 91	I _{max} 92	I _{max} 93	I _{max} 94	I _{max} 95	I _{max} 96	I _{max} 97

Figura 13 – Cálculo da pontuação da aptidão para as tecnologias inteligentes, para cada um dos critérios de impacto SR_{ic} [46]

	IC1	IC2	IC3	IC4	IC5	IC6	IC7
	SR1	SR2	SR3	SR4	SR5	SR6	SR7
Domínio 1	SR(1,1)	SR(1,2)					SR(1,7)
Domínio 2	SR(2,1)	SR(2,2)					
Domínio 3	SR(3,1)	SR(3,2)					
Domínio 4	SR(4,1)	SR(4,2)					
Domínio 5	SR(5,1)	SR(5,2)					
Domínio 6	SR(6,1)	SR(6,2)					
Domínio 7	SR(7,1)	SR(7,2)					
Domínio 8	SR(8,1)	SR(8,2)					...
Domínio 9	SR(9,1)	SR(9,2)				...	SR(9,7)

$$SR_{ic} = \frac{\sum_{d=1}^N W_{d,ic} \times I_{d,ic}}{\sum_{d=1}^N W_{d,ic} \times I_{max_{d,ic}}} \times 100$$

Figura 14 – Continuação do cálculo da pontuação da aptidão para as tecnologias inteligentes, para cada um dos critérios de impacto SR_{ic} [46]

Ou seja, determina-se a pontuação atribuída à aptidão para as tecnologias inteligentes, para cada um dos critérios de impacto, SR_{ic} , recorrendo aos fatores de ponderação, por aplicação da expressão matemática (3.4) [48]:

$$SR_{ic} = \frac{\sum_{d=1}^N W_{d,ic} \times I(d, ic)}{\sum_{d=1}^N W_{d,ic} \times I_{max}(d, ic)} \times 100 \quad (3.4)$$

em que:

- d é o número do domínio técnico, em análise;
- N é o total dos domínios técnicos;
- $W_{d,ic}$ é o fator de ponderação, expresso em percentagem, do domínio técnico com o número d , para o critério de impacto com o número ic .

Posto isto, cada um dos domínios técnicos é ponderado para cada um dos critérios de impacto e, os fatores de ponderação utilizados revelam a influência do domínio técnico no critério de impacto. Para além disso, os fatores de ponderação dos domínios técnicos são apresentados em forma de percentagem e, para cada critério de impacto, o somatório dos fatores de ponderação dos domínios técnicos resulta em 100% [46].

A abordagem normalizada para a atribuição dos fatores de ponderação tem como base o seguinte [46]:

- O balanço energético da zona climática, assinalado com traçado grosso verde na Figura 15, para os fatores de ponderação dos domínios técnicos “aquecimento”, “AQS”, “arrefecimento”, “ventilação”, “iluminação” e “eletricidade”, de acordo com os critérios de impacto “eficiência energética”, “manutenção e previsão de avarias” e “flexibilidade energética e armazenamento de energia”;
- Para todos os outros casos: são fixos ou distribuídos equilibradamente.

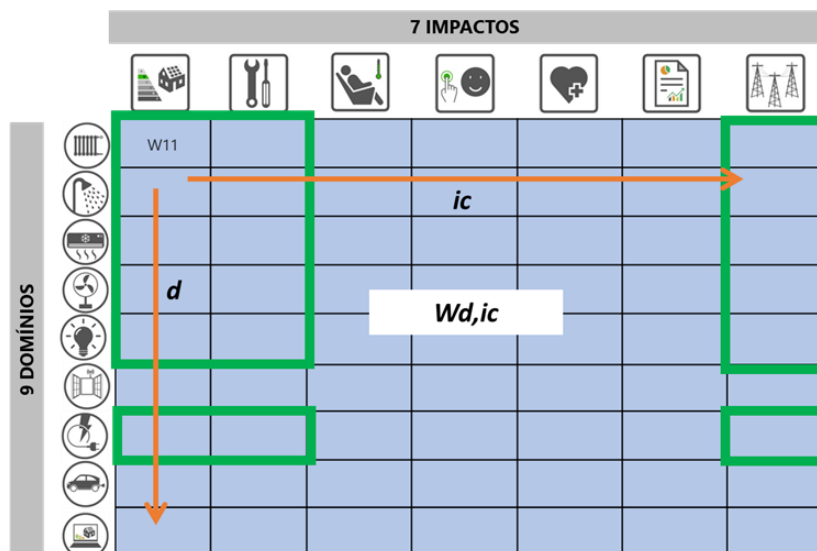


Figura 15 – Exemplificação da abordagem normalizada para atribuição dos fatores de ponderação [46]

Passo Nº 5:

Neste quinto passo, são determinadas as pontuações de aptidão para as tecnologias inteligentes, ao longo das 3 funcionalidades essenciais, já abordadas. Para tal, são utilizados os fatores de ponderação correspondentes, dos critérios de impacto nas 3 funcionalidades principais, como é ilustrado na Figura 16 [46].

	IC1	IC2	IC3	IC4	IC5	IC6	IC7		
	SR1	SR2	SR3	SR4	SR5	SR6	SR7	SRI	
Domínio 1	SR(1,1)	SR(1,2)					SR(1,7)	SRd1	
Domínio 2	SR(2,1)	SR(2,2)						SRd2	
Domínio 3	SR(3,1)	SR(3,2)						SRd3	
Domínio 4	SR(4,1)	SR(4,2)						SRd4	
Domínio 5	SR(5,1)	SR(5,2)		...				SRd5	
Domínio 6	SR(6,1)	SR(6,2)						SRd6	
Domínio 7	SR(7,1)	SR(7,2)						SRd7	
Domínio 8	SR(8,1)	SR(8,2)					...	SRd8	
Domínio 9	SR(9,1)	SR(9,2)				...	SR(9,7)	SRd9	
	SRf1		SRf2				SRf3		

Figura 16 – Exemplificação da determinação das pontuações de aptidão para as tecnologias inteligentes, ao longo das 3 funcionalidades principais [46]

Ou seja, determinam-se a pontuações atribuídas à aptidão para as tecnologias inteligentes, no que diz respeito às três funcionalidades principais, SR_f, recorrendo aos fatores de ponderação, por aplicação da expressão matemática (3.5) [48]:

$$SR_f = \sum_{ic=1}^M W_f(ic) \times SR_{ic} \tag{3.5}$$

em que:

- M é o total dos critérios de impacto;
- W_f (ic) é o fator de ponderação, expresso em percentagem, do critério de impacto com o número ic, para a funcionalidade principal f;
- SR_{ic} é a pontuação atribuída à aptidão para as tecnologias inteligentes do critério de impacto com o número ic.

Os Estados-Membros determinarão os respetivos fatores de ponderação, contudo, enquanto não existirem esses mesmos dados ao nível nacional, são incentivados a utilizar, quando disponíveis, as orientações relevantes da UE. Aquando da determinação ao nível nacional dos fatores de ponderação, os Estados-Membros podem ter em conta os possíveis impactos das alterações climáticas e ainda definir diferentes ponderações para diferentes tipologias de edifícios, nomeadamente entre os residenciais e não residenciais [46], [48].

Podem-se visualizar os valores predefinidos na Figura 17, notando-se que esses mesmos valores não estão contemplados no Regulamento Delegado da Comissão. A alternativa será utilizar os valores predefinidos, propostos pela equipa de apoio do SRI, para utilização em fases de teste, com suporte numa abordagem de ponderação. São definidos valores iguais para os critérios de impacto que estejam agregados na mesma funcionalidade principal, tendo cada funcionalidade principal o peso (fator de ponderação) de um terço, relativamente à ponderação dos impactos [46], [48].

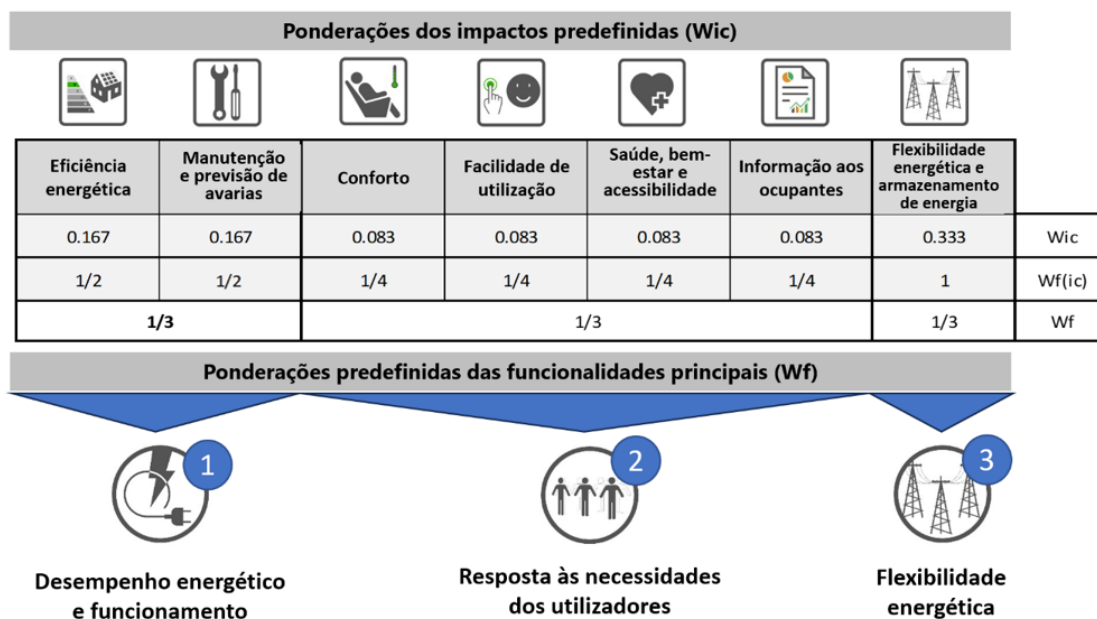


Figura 17 – Valores predefinidos para os fatores de ponderação dos 7 critérios de impacto e das 3 funcionalidades principais [46]

Passo Nº 6:

Depois de percorrida toda a metodologia de cálculo do SRI, atinge-se o objetivo final que é o alcance da pontuação SRI geral e das pontuações agregadas pelas três funcionalidades principais, pelos sete critérios de impacto e pelos nove domínios técnicos. Pode-se ainda explorar as pontuações detalhadas de cada domínio técnico, por cada critério de impacto, como foi referido em passos anteriores. Exemplificando e distinguindo uma pontuação geral do SRI, de pontuações pelas três funcionalidades principais, segue-se a Figura 18 [46].



Figura 18 – Distinção entre a apresentação de uma pontuação geral do SRI e pontuações desagregadas, expressas pelas 3 principais funcionalidades da aptidão para as tecnologias inteligentes [46]

Para calcular a pontuação global, atribuída à aptidão para as tecnologias inteligentes, SR (Pontuação SRI total), enquanto soma ponderada das pontuações atribuídas à aptidão para as tecnologias inteligentes das três funcionalidades principais, torna-se necessário aplicar a expressão matemática (3.6) [48]:

$$SR = \sum W_f \times SR_f \quad (3.6)$$

em que:

- SR_f é a pontuação atribuída à aptidão para as tecnologias inteligentes, da funcionalidade principal f ;
- W_f é o peso da funcionalidade principal f , no cálculo das pontuações globais atribuídas à aptidão para as tecnologias inteligentes, notando-se que $\sum W_f = 1$.

Na Figura 19 está apresentada uma matriz que revela as pontuações SRI por cada domínio e critério de impacto, as pontuações agregadas por domínio, as pontuações agregadas por critério de impacto e ainda, a pontuação geral do SRI, que neste exemplo é de 23% [46].

		7 IMPACTOS							
		 Eficiência energética	 Manutenção	 Conforto	 Facilidade de utilização	 Saúde	 Informação aos ocupantes	 Flexibilidade energética	SRI
Pontuações de impacto		44%	4%	46%	25%	34%	25%	19%	23%
9 DOMÍNIOS	 Aquecimento	48%	0%	40%	30%	40%	30%	33%	39%
	 Água Quente para Uso Doméstico	0%	0%	-	0%	-	0%	0%	0%
	 Arrefecimento	53%	17%	38%	25%	33%	25%	33%	32%
	 Ventilação	25%	-	40%	40%	25%	0%	0%	24%
	 Iluminação	67%	-	60%	60%	67%	-	-	63%
	 Envelope de Edifício Dinâmico	0%	-	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	 Eletricidade	25%	0%	-	0%	-	25%	33%	17%
	 Carregamento de Veículos Elétricos	-	-50%	-	33%	-	-	0%	3%
	 Monitorização e Controlo	38%	10%	67%	24%	25%	27%	22%	30%

Figura 19 – Apresentação exemplo de pontuações por domínio e por critério de impacto [46]

Repare-se que, a classificação da aptidão para as tecnologias inteligentes é apresentada com base em sete classes de aptidão para as tecnologias inteligentes, partindo do nível mais elevado para o nível mais baixo. No lado esquerdo da Figura 18 são ilustradas, com cores diferentes, essas sete classes de aptidão (A-G). Cada classe, ou nível de escala, de aptidão, representa um intervalo de pontuações globais atribuídas à aptidão para as tecnologias inteligentes, nomeadamente [48], [68]:

90% a 100%	35% a 50%
80% a 90%	20% a 35%
65% a 80%	< 20%
50% a 65%	

Cada intervalo pode ser atribuído a uma letra, da mesma forma que no Certificado de Desempenho Energético (CDE), sendo A a prontidão mais elevada e G a mais baixa. No entanto, isto ainda não foi incluído na regulamentação comum da UE, pelo que cada Estado-Membro poderá atualmente estabelecer os seus próprios critérios, mantendo sempre as sete classes e os respetivos intervalos. Por exemplo, a França está atualmente a utilizar as classes A+++, A++, A+, A, B, C e D [69].

Note-se que, todo este processo analítico de cálculo apresentado, é automatizado com a utilização da plataforma de cálculo *SRI2MARKET*. Vale a pena frisar que existem mais plataformas, desenvolvidas no âmbito de outros projetos europeus, consideradas concorrentes da que será utilizada na avaliação dos casos de estudo.

Destacam-se então as ferramentas *Smart-Ready-Go*, *SmartSquare*, *easySRI* e *SRI-ENACT* [63], [70]. Existem muitas outras ferramentas desenvolvidas por projetos de investigação, ou outras iniciativas, com funcionalidades adicionais [70].

Essas ferramentas de cálculo estão, de certo modo, em “competição saudável” com a ferramenta utilizada para os estudos de caso deste projeto, uma vez que ainda não é claro se a Comissão Europeia irá adotar alguma delas como oficial, ou se optará por desenvolver uma solução própria.

Para além disso, em alternativa às diversas ferramentas de cálculo disponíveis, pode-se ainda fazer a avaliação SRI através da configuração de um ficheiro Excel, com a metodologia base disponibilizada pela Comissão Europeia.

3.4 Análise SWOT

Na Tabela 4 é realizada uma análise SWOT à metodologia de avaliação do SRI, onde são identificados fatores internos (as forças (*strenghts*) e as fraquezas (*weaknesses*)) e fatores externos (as oportunidades (*opportunities*) e as ameaças (*threats*)). Na 1ª coluna são identificadas as vantagens, na 2ª coluna são reconhecidas as limitações, na 3ª coluna são avaliadas as possibilidades de mercado e na 4ª coluna são considerados os riscos.

Tabela 4 – Análise SWOT à metodologia de avaliação do SRI [44]

S (<i>Strenghts</i>)	W (<i>Weaknesses</i>)	O (<i>Opportunities</i>)	T (<i>Threats</i>)
Normalização ao nível da UE garante comparabilidade entre edifícios	Custos de implementação e certificação - Processo de recolha de dados pode ser custoso e moroso, dependendo da complexidade do edifício	Integração com políticas de descarbonização e eficiência da UE	A rápida evolução tecnológica pode tornar a metodologia obsoleta se não for revista e adaptada periodicamente – o que implica avaliações SRI com alguma frequência
Avaliação multicritério permite uma visão abrangente do desempenho do edifício	Complexidade técnica da avaliação e consequente falta de profissionais competentes no mercado	Possibilidade de existência de incentivos e financiamentos internacionais	Falta de adesão do setor por resistência dos proprietários/ gestores devido aos custos ou à complexidade
Existência de solidez e estabilidade normativa (EPBD de 2024)	Dependência de dados detalhados sobre os sistemas e equipamentos (nem sempre disponíveis)	Crescente procura por edifícios inteligentes e sustentáveis	Incertezas regulatórias podem originar divergência na interpretação da avaliação
Compatibilidade com diversas tipologias de edifícios	Possível subjetividade na atribuição de níveis de funcionalidade a certos serviços	A integração com SACE facilita a recolha automática de dados	Riscos de privacidade e segurança de dados recolhidos durante a avaliação
Efeito educativo no mercado - o processo de avaliação obriga a que os proprietários e gestores técnicos compreendam melhor a interação entre os sistemas do edifício	Risco de “pontuação estratégica” – existência de um índice mensurável pode levar a que alguns intervenientes instalem funcionalidades apenas para obterem um melhor <i>rating</i> , sem um real compromisso com a utilização e manutenção desses sistemas	Integração cuidada do SRI no Certificado Energético pode acelerar a aplicação do SRI e dar-lhe maior relevância	Integração descuidada do SRI no Certificado Energético pode aumentar substancialmente os custos, a complexidade e o tempo da avaliação

4 CARACTERIZAÇÃO DO CASO DE ESTUDO

O caso de estudo selecionado para este projeto foi a sede do INESC TEC, que é composta por dois edifícios contíguos e localiza-se no Porto. A sua localização fica mais explícita por observação da Figura 20 e o seu exterior fica visível na Figura 21 [71], [72]. As principais atividades do INESC TEC são a investigação científica e o desenvolvimento tecnológico, bem como a consultoria e a formação avançada.

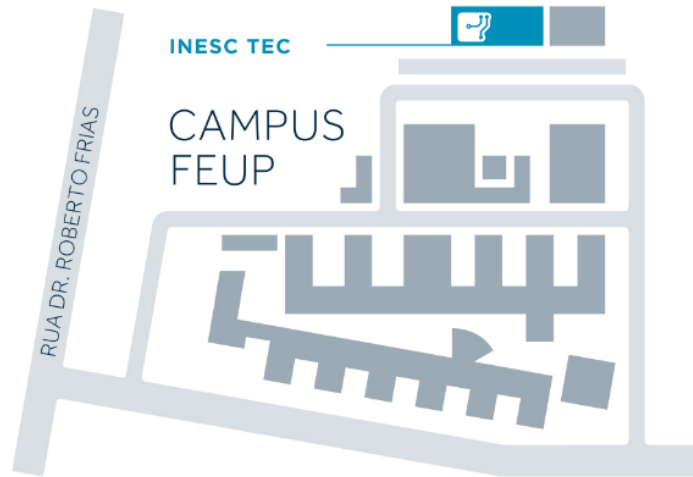


Figura 20 – Localização do edifício sede do INESC TEC [71]



Figura 21 – Exterior do edifício sede do INESC TEC [72]

4.1 Edifício A

4.1.1 Identificação do Edifício A

Este imóvel é um edifício de serviços e foi construído no ano de 1998. O edifício é composto por sete pisos, entre o Piso -1 e a Cobertura, cujo maior eixo se desenvolve na orientação Este-Oeste, tendo a entrada principal posicionada na fachada Sul. Possui uma área total de pavimento de 3 157 m² (2 982 m² de área útil e 175 m² de área não útil) e um pé direito médio de 2,47 m. A implementação do edifício é muito próxima a um formato retangular, sendo ligeiramente diferente no piso abaixo do nível de referência. Para efeitos de distinção, denominou-se o edifício alvo como INESC A.

4.1.2 Levantamento Dimensional

O levantamento realizado ao imóvel decorreu entre outubro de 2024 e junho de 2025. Ao longo das diversas visitas e no decurso do trabalho, foi realizado um levantamento fotográfico ao interior e ao exterior do imóvel, assim como dos equipamentos e soluções dos sistemas técnicos. Desta forma, os registos fotográficos servem de auxílio à caracterização das soluções construtivas mais relevantes, dos equipamentos de climatização instalados, dos sistemas de iluminação e de outros sistemas e equipamentos importantes.

Note-se que, a caracterização do edifício foi baseada na recolha de informação das várias telas finais e de todos os sistemas técnicos existentes, sendo complementada com informações técnicas e as que foram recolhidas no local, através dos levantamentos realizados. Ao longo do levantamento local, por amostragem, foi conferida a precisão geométrica das peças desenhadas disponíveis do imóvel.

4.1.3 Caracterização dos Sistemas de Climatização

Na caracterização dos sistemas e equipamentos instalados no edifício, foi dada prioridade aos elementos recolhidos ao longo do levantamento no local, assim como a todas as especificações técnicas, ou catálogos técnicos, disponíveis. Nas situações em que tal informação não se encontrava disponível nos elementos a que se teve acesso, foi consultado o respetivo fabricante ou fornecedor do equipamento, de modo a obter os dados necessários. Tem de se ter presente a importância desta análise dado que, é na central térmica do edifício, que ocorre a transformação de uma grande parte da energia consumida pelo edifício, tanto a energia elétrica como o gás natural.

4.1.3.1 Subsistema de Produção e Transporte de Energia Térmica

Na Figura 22 pode-se observar o esquema simplificado de funcionamento da instalação de calor no INESC A, verificando-se a relação funcional entre a bomba de calor, o depósito de inércia, a caldeira e os grupos de bombagem responsáveis pela distribuição de água aquecida ao edifício.



Figura 22 – Esquema simplificado de funcionamento da instalação de calor no INESC A

Desta forma, o esquema representa um sistema em que a bomba de calor assegura apenas o pré-aquecimento da água antes da sua entrada na caldeira, enquanto o depósito de inércia funciona como elemento tampão, estabilizando o regime hidráulico e térmico entre ambos os equipamentos.

Assim sendo, o depósito de inércia absorve variações de caudal e temperatura, evitando ciclos frequentes da bomba de calor, garantindo um fornecimento mais estável de água à caldeira. A caldeira eleva a temperatura para o nível exigido pelo edifício, e os dois grupos de bombagem garantem a circulação adequada do fluido térmico entre a produção e os circuitos de distribuição, estabilizando caudais e pressões, e assegurando a entrega, contínua e eficiente, de energia térmica no edifício.

Esses dois grupos de bombagem são os responsáveis por distribuir o caudal para os VC's e para as UTAN's. Após a transferência de calor para essas unidades térmicas, a água, já arrefecida, retorna à bomba de calor, completando o ciclo e assegurando a circulação contínua do fluido térmico em todo o sistema.

Note-se que a válvula de controlo de duas vias, apresentada na Figura 22, também designada por válvula reguladora, é usada para modular ou interromper o caudal de água quente que entra na caldeira.

Para melhor elucidar acerca do funcionamento do sistema, segue uma caracterização detalhada, acompanhada dos registos fotográficos obtidos durante os levantamentos, permitindo ter-se uma visão mais clara dos elementos do esquema.

A produção de energia térmica, para aquecimento ambiente, é assegurada por uma bomba de calor e por uma caldeira a gás natural, tendo entre elas um depósito de inércia, que serve de *buffer* térmico. A bomba de calor, apresentada na Figura 23, é responsável por fazer o pré-aquecimento da água que entra na caldeira, mantendo-a numa temperatura pré-definida. As suas características podem ser analisadas através da Tabela 5.



Figura 23 – Bomba de Calor Daikin EBBX16DF6V

Note-se que, na Tabela 5 faz-se referência ao *Energy Efficiency Ratio* (EER), ou Índice de Eficiência Energética. Este índice mede a eficiência do equipamento, tendo em conta a relação entre a capacidade de refrigeração fornecida e a energia elétrica consumida, sob condições específicas. Por outro lado, o *Seasonal Energy Efficiency Ratio* (SEER), ou Índice de Eficiência Energética Sazonal, mede a eficiência ao longo de um período de operação sazonal, considerando variações de carga térmica e de temperaturas externas.

O *Coefficient of Performance* (COP), ou Coeficiente de Desempenho, é um índice que mede a eficiência de um equipamento de climatização, no modo de aquecimento em condições específicas, enquanto o EER é utilizado para avaliar a eficiência no modo de refrigeração, também em condições específicas. Para obter o COP de um determinado equipamento, tem de se ter em linha de conta a relação entre a potência térmica fornecida e a potência elétrica consumida.

Por outro lado, o *Seasonal Coefficient of Performance* (SCOP), ou Coeficiente de Desempenho Sazonal, segue a base do COP, contudo mede a eficiência ao longo de um período de operação sazonal, considerando variações de carga térmica e de temperaturas externas.

Tabela 5 – Características da bomba de calor Daikin EBBX16DF6V

	Bomba de Calor
Referência	Bomba de Calor A
Localização	Cobertura INESC A
Capacidade nominal de aquecimento	12.0 kW (condições tipo 1), 12.5 kW (condições tipo 2)
Capacidade nominal de arrefecimento	13.1 kW (condições tipo 3), 13.3 kW (condições tipo 4)
Potência elétrica absorvida em regime de funcionamento nominal, em condições de aquecimento	2.5 kW (condições tipo 1), 3.4 kW (condições tipo 2)
Potência elétrica absorvida em regime de funcionamento nominal, em condições de arrefecimento	4.3 kW (condições tipo 3), 2.9 kW (condições tipo 4)
COP	4.9 (condições tipo 1), 3.6 (condições tipo 2)
SCOP (Clima médio, Água a 55 °C na saída)	3.3
SCOP (Clima médio, Água a 35 °C na saída)	4.7
EER	3.0 (condições tipo 3), 4.7 (condições tipo 4)
SEER (Perfil climático temperado)	5.9
Refrigerante	R32
Carga de refrigerante [g]	675
Pressão máxima no circuito hidráulico [bar]	4
Pressão máxima no lado de alta pressão do circuito (primário/ secundário) [bar]	75/ 25
Pressão máxima no lado de baixa pressão do circuito [bar]	41.5
Marca	Daikin
Modelo	EBBX16DF6V

Depois da água ser pré-aquecida pela bomba de calor, segue para o depósito de inércia. O depósito de inércia, apresentado na Figura 24, é utilizado para estabilizar a temperatura e reduzir os ciclos de *on/off* em sistemas de climatização, ou seja, ele armazena água para compensar variações de carga térmica, estabilizando assim a temperatura e o fluxo no sistema. Por sua vez, protege o compressor da bomba de calor contra arranques frequentes, evitando também ciclos curtos, quer na caldeira, quer na bomba de calor, aumentando a eficiência e a vida útil. Assim sendo, pode-se admitir que este depósito de inércia serve de *buffer* hidráulico entre a bomba de calor e a caldeira.



Figura 24 – Depósito de Inércia SICC Tech 218EXTRA1000

A caldeira é responsável por realizar o aquecimento final da água até à temperatura desejada. Esta encontra-se visível através da Figura 25 e as suas características são apresentadas na Tabela 6.



Figura 25 – Caldeira EuroWarm PREX-E200

Tabela 6 – Características da Caldeira EuroWarm PREX-E200

	Caldeira
Referência	Caldeira A
Localização	Cobertura INESC A
Potência calorífica útil [kW]	230
Potência útil mínima [kW]	210.6
Potência nominal [kW]	246
Potência máxima [kW]	390
Rendimento nominal [%]	93.4
Temperatura máxima de aquecimento de água [°C]	80
Combustível	Gás Natural
Marca	EuroWarm
Modelo	PREX_E200
Marca do Queimador	Lamborghini
Modelo do Queimador	EM 40/2
Potência do Queimador [kW]	1

Depois de aquecida, pela caldeira, até ao ponto desejado, a água quente segue para o edifício, mais concretamente para as unidades terminais, que são ventiloconvectores (VC's), e para as unidades de tratamento de ar novo (UTAN's).

Ora, para ser possível o transporte da energia às unidades de tratamento ambiente, de forma a vencer a carga do edifício, são utilizados dois grupos de bombagem, sendo cada grupo composto por duas bombas de circulação. O primeiro grupo de bombagem é o responsável pela alimentação de água aquecida às UTAN's dos vários pisos, enquanto o segundo grupo de bombagem é o responsável pela distribuição de água aquecida por todos os VC's do edifício.

O transporte da água quente é assegurado em circuito fechado desacoplado, do tipo primário-secundário, por uma rede de tubagens a quatro tubos, com caudal constante em ambos os circuitos.

Note-se que, as bombas de circulação da instalação de calor no INESC A, não se encontram dotadas de variador eletrónico de velocidade (VEV), ou mais concretamente, por um variador de frequência (VFD - *Variable Frequency Drive*), que possibilite o ajuste do ponto de funcionamento das bombas de circulação às condições reais de trabalho. Estes dois grupos de bombagem podem ser observados na Figura 26.



Figura 26 – Grupos de bombagem de água aquecida – Wilo IPn40/250-1,5/4

Passa-se agora a analisar o esquema de funcionamento da instalação de frio no INESC A, através da Figura 27, verificando-se a relação funcional entre o *chiller*, os bancos de gelo, o permutador de calor e os grupos de bombagem responsáveis pela distribuição de água refrigerada ao edifício.

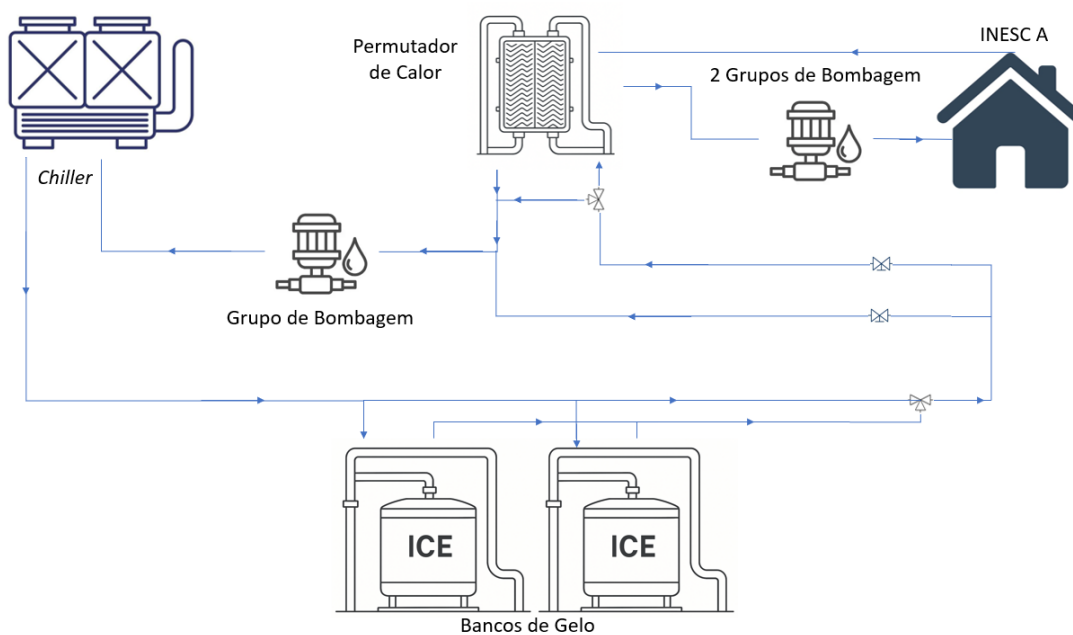


Figura 27 – Esquema simplificado de funcionamento da instalação de frio no INESC A

Desta forma, o esquema representa um sistema de produção, distribuição e armazenamento térmico, em que o *chiller* pode operar diretamente para alimentar o circuito, ou carregar os bancos de gelo, que funcionam como reserva de frio para períodos de maior procura. O permutador de calor estabelece a separação hidráulica entre o circuito de produção e o circuito de distribuição de frio no edifício, garantindo estabilidade operacional, enquanto os diferentes grupos de bombagem asseguram os caudais necessários entre os bancos de gelo, o permutador e o edifício, permitindo uma gestão eficiente da energia térmica no edifício.

O controlo das válvulas de duas e três vias, combinado com o horário de funcionamento do *chiller* e dos bancos de gelo, assim como o controlo das bombas de circulação de água refrigerada pelo edifício, resulta nas seguintes situações:

- Funcionamento do *chiller* para se efetuar o carregamento dos bancos de gelo;
- Funcionamento do *chiller*, em série com os bancos de gelo, para auxílio na refrigeração do edifício;
- Arrefecimento do edifício, apenas com a carga previamente acumulada nos bancos de gelo.

As válvulas de três vias entre os bancos e o permutador de calor, controlam a utilização do frio acumulado, distribuindo o caudal entre o percurso dos bancos de gelo e o circuito de *bypass* – um caminho alternativo que permite o fluido circular, sem passar pelos bancos de gelo. Esta função garante que a temperatura de alimentação ao permutador, ou seja, a temperatura de água glicolada à entrada permutadora, se mantém dentro dos limites operacionais, assegurando um caudal mínimo. Assim, a descarga do gelo é gerida de forma gradual, estável e eficiente.

Para melhor elucidar acerca do funcionamento do sistema, segue uma caracterização detalhada, acompanhada dos registos fotográficos obtidos durante os levantamentos, permitindo ter-se uma visão mais clara dos elementos do esquema.

A produção de energia térmica, para arrefecimento ambiente, é assegurada por um *chiller* bomba de calor ar-água, ou seja, um grupo de produção de água refrigerada, por ciclo de compressão e permuta de calor com o ar exterior. O *chiller* é apresentado na Figura 28 e as suas características na Tabela 7.



Figura 28 – *Chiller* RC Group UNICO A STD 142 F2

Tabela 7 – Características do *Chiller* RC Group UNICO A STD 142 F2

	Chiller
Referência	<i>Chiller</i> A
Localização	Cobertura INESC A
Capacidade de refrigeração [kW]	141.6
Potência de alimentação [kW]	41.3
EER (Tamb. =35°C)	3.4
SEER (Perfil climático temperado)	3.9
Nº de compressores de parafuso	2
Nº de circuitos de refrigerante	2
Redução mínima de capacidade [%]	25
Recuperação parcial de calor [kW]	-
Marca	RC Group
Modelo	UNICO A STD 142 F2

Por norma, o *chiller* é ligado no mês de maio e desligado no mês de outubro (período de arrefecimento), enquanto a caldeira segue o inverso, ou seja, é ligada no mês de outubro e desligada no mês de maio (período de aquecimento), não havendo simultaneidade de funcionamento.

Ora, o circuito primário de água refrigerada é composto ainda por um sistema de armazenamento de energia térmica, nomeadamente por dois bancos de gelo, apresentados na Figura 29, que permitem o armazenamento de energia térmica produzida pelo *chiller* no período noturno, ou seja, acumulação de frio durante a noite nas horas de vazio normal e de super vazio (horários com o custo energético mais reduzido), para posterior utilização para o arrefecimento ao longo do período diurno. Desta forma, o circuito de água fria dá prioridade à energia armazenada nos bancos de gelo e, no caso desta energia não ser suficiente para garantir as necessidades de arrefecimento, aí sim, o *chiller* entra em funcionamento.

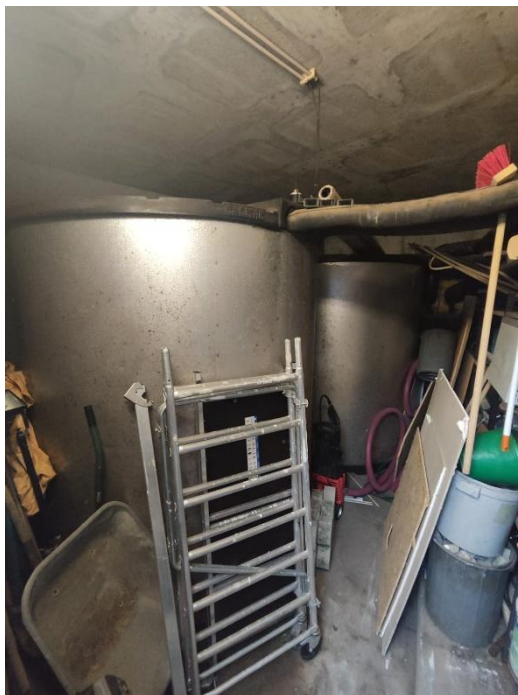


Figura 29 – Bancos de Gelo CALMAC 1190

Dado que o fluído que circula no circuito do *chiller*-bancos de gelo é uma solução aquosa de glicol a 25%, de forma a reduzir o ponto de congelação da água, houve a necessidade de introduzir um permutador para troca de energia com o circuito de distribuição de água fria, de maneira a reduzir a quantidade de água glicolada a circular na instalação. Para realizar a permuta de calor (troca de energia), existe um permutador de placas com fluxos cruzados, também conhecido como permutador de calor, que pode ser visualizado através da Figura 30.



Figura 30 – Permutador de calor ALFA LAVAL M6-FG

Desta forma, pode afirmar-se que o funcionamento do circuito primário de frio se pode caracterizar como um anel fechado, entre o *chiller*, os bancos de gelo e o permutador de calor.

O circuito de produção/ gestão de frio (circuito primário) possui duas bombas de circulação, dispostas em paralelo, como se pode verificar através da Figura 31, que são utilizadas para a recirculação de água glicolada (circuito fechado) entre o *chiller*, os bancos de gelo e o permutador de calor.

Note-se que, as bombas de circulação da instalação de frio no INESC A, não se encontram dotadas de VFD's , de forma a ajustar o ponto de funcionamento das bombas de circulação às condições reais de trabalho.

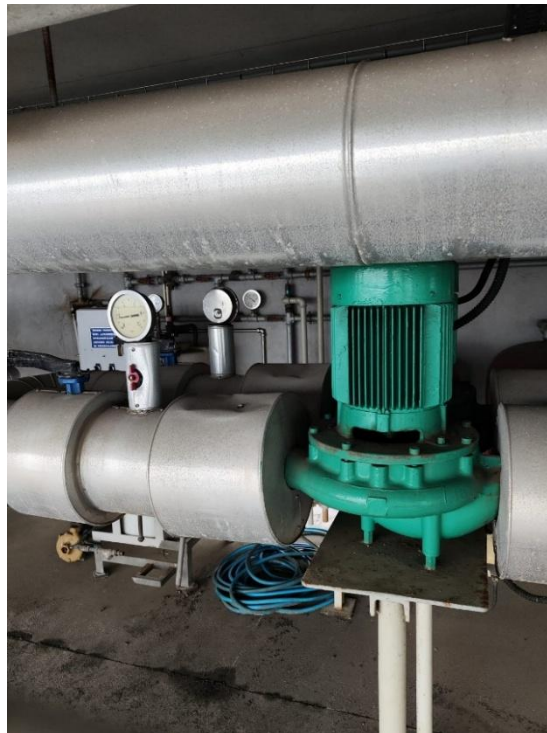


Figura 31 – Grupo de bombagem do circuito de produção de frio (primário) – Wilo IPn65/250-4/4

O circuito de circulação da água refrigerada pelo edifício (circuito secundário) possui dois grupos de bombas, sendo cada grupo composto por duas bombas em paralelo. Os dois grupos de bombagem são da marca Wilo, mas são dois modelos distintos. Os modelos IPn65/250-4/4 são utilizados para a distribuição de água por todos os VC's do edifício. Por outro lado, os modelos IPn40/250-1,5/4 servem apenas para alimentação de água refrigerada às UTAN's dos vários pisos. Estes dois grupos de bombagem podem ser observados na Figura 32.

O fluído proveniente dos VC's e das UTAN's, volta a recircular, seguindo para o permutador de calor. Assim, completa-se o ciclo e assegura-se a circulação contínua do fluído térmico em todo o sistema.

O transporte da água refrigerada é assegurado em circuito fechado desacoplado, do tipo primário-secundário, por uma rede de tubagens a quatro tubos, com caudal constante em ambos os circuitos.



Figura 32 – Grupos de bombagem de água refrigerada (secundário) – Wilo IPn65/250-4/4 e IPn40/250-1,5/4

4.1.3.2 Subsistema de Distribuição de Energia Térmica

A ventilação do edifício é realizada piso a piso, por seis UTAN's compactas simples, com um ventilador de insuflação isento de variador de velocidade, não permitindo caudal de ar variável. As UTAN's estão localizadas sobre o teto falso das casas de banho, do Piso 0 ao Piso 4, exceto a unidade que faz o tratamento do ar a insuflar no auditório AR.7 do Piso 0, que está localizada no teto do Piso -1. Através da Figura 33 consegue-se visualizar a UTAN do auditório AR.7.



Figura 33 – UTAN do auditório AR.7

Todo o ar que é insuflado no edifício é tratado e filtrado por essas UTAN's locais em cada piso, através de baterias de aquecimento e arrefecimento, não permitindo o controlo de humidade. Depois do ar ser tratado, o ar novo é insuflado nos espaços interiores através de grelhas lineares de teto, sendo posteriormente extraído por ventiladores também ao nível de cada piso.

Grande parte da distribuição de energia térmica pelo edifício é levada a cabo por intermédio de VC's com alimentação a quatro tubos (dois tubos para alimentação e retorno da água quente, dois tubos para alimentação e retorno da água refrigerada), sendo o controlo manual, através da utilização dos termostatos embutidos nos VC's, ou automático. Desta forma, os VC's são operáveis pelos ocupantes do edifício, regulando o nível de ventilação e a abertura da válvula, pese embora, seja possível controlar o seu funcionamento no computador do sistema de gestão técnica do AVAC, assim como definir horários de funcionamento.

É importante revelar que, só no INESC A existem dez modelos diferentes de VC's, tendo duas tipologias associadas: VC's simples e VC's duplos, respetivamente para VC's com um ou dois motores. Todos os espaços que possuam VC's, são climatizados através da energia convertida no sistema de climatização primário. Um dos modelos mais presentes é da marca TRANE, modelo FLC, que possui duas baterias para efetuar as trocas energéticas entre a água e o ar.

O sistema de AVAC é então caracterizado por um sistema misto ar-água, onde as unidades terminais (VC's), bem como as UTAN's locais, contribuem para que haja adição/remoção de carga térmica no edifício. Para além disso, existem espaços em que o aquecimento e o arrefecimento ambiente são assegurados com sistemas autónomos de expansão direta, do tipo *split* e *multi-split*.

Este imóvel tem a climatização maioritariamente baseada em VC's, no entanto, como foi referido, também é dotado de unidades de expansão direta, nomeadamente unidades *split* e unidades *multi-split*. Existem seis unidades do tipo *split*, que estão distribuídas da seguinte forma: uma num laboratório, três em gabinetes, uma num *open space* e outra no *Data Center*. Para além dessas unidades, existe ainda uma unidade do tipo *multi-split*, com duas unidades interiores afetas a dois escritórios, nomeadamente o do secretariado e o dos recursos humanos. Na Figura 34 é apresentado um exemplo de utilização de uma unidade *split*, enquanto na Figura 35 é apresentado o exemplo de utilização da unidade *multi-split*.



Figura 34 – Unidade *Split*, existente no laboratório AC.4



Figura 35 – Unidade *Multi-Split*, existente na sala A3.7

Até aqui, verificou-se que as condições de conforto e de renovação de ar são asseguradas por algumas UTAN's, VC's e também por sistemas autónomos de expansão direta. Mas, para além disso, para extrair o ar do edifício, existem ainda dois ventiladores de extração (VE's) associados a instalações sanitárias, que se encontram na cobertura, que podem ser vistos na Figura 36, e cinco VE's associados a zonas comuns, gabinetes e auditório, que estão sobre o teto falso, do Piso 0 ao Piso 4. O local de extração do ar poluído para o exterior pode ser visualizado na Figura 37.



Figura 36 – Exemplos de ventiladores de extração, no INESC A



Figura 37 – Local de extração do ar, dos vários pisos

4.1.4 Preparação de Água Quente Sanitária (AQS)

O sistema de produção de água quente sanitária (AQS), é baseado num termoacumulador elétrico, apresentado na Figura 38, localizado na copa do INESC A, sendo responsável pelo aquecimento da água destinada ao consumo, nesse local.



Figura 38 – Termoacumulador Belmiro Mesquita

4.1.5 Sistemas de Iluminação

No que diz respeito aos sistemas de iluminação existentes no INESC A, foi realizado um levantamento a todas as áreas interiores do edifício, de forma a averiguar a quantidade de luminárias por espaço e o controlo existente no espaço.

Atualmente no edifício, praticamente toda a iluminação interior é da tecnologia LED, existindo um, ou outro caso em específico com tecnologia fluorescente, em zonas técnicas. Dos levantamentos efetuados destacam-se algumas topologias de luminárias, como os focos, projetores, réguas, *plafomiers*, tubulares e fitas de LED.

Em relação ao controlo do funcionamento da iluminação, este é diferenciado pelas zonas. As zonas de circulação e os WC's do edifício possuem controlo da iluminação através de sensores de presença. Já os espaços mais específicos e/ou de utilização mais restrita, como por exemplo os gabinetes e os *Open Spaces*, possuem um controlo de iluminação manual, definido pelo(s) utilizador(es) do espaço.

Foi utilizada a Tabela 10 para caracterizar a iluminação dos diferentes espaços do INESC A, estando presente no ANEXO I, de onde se verificou que existem:

- 697 luminárias no total;
- 375 luminárias em espaços que se esperam controlar;
- 112 controladores KNX/ EIB.

Para se tornar possível visualizar alguns exemplos de luminárias existentes, segue-se a Figura 39 com a iluminação no *Open Space* do Piso 1, e depois a Figura 40, com a iluminação de uma sala de reuniões do Piso 1.

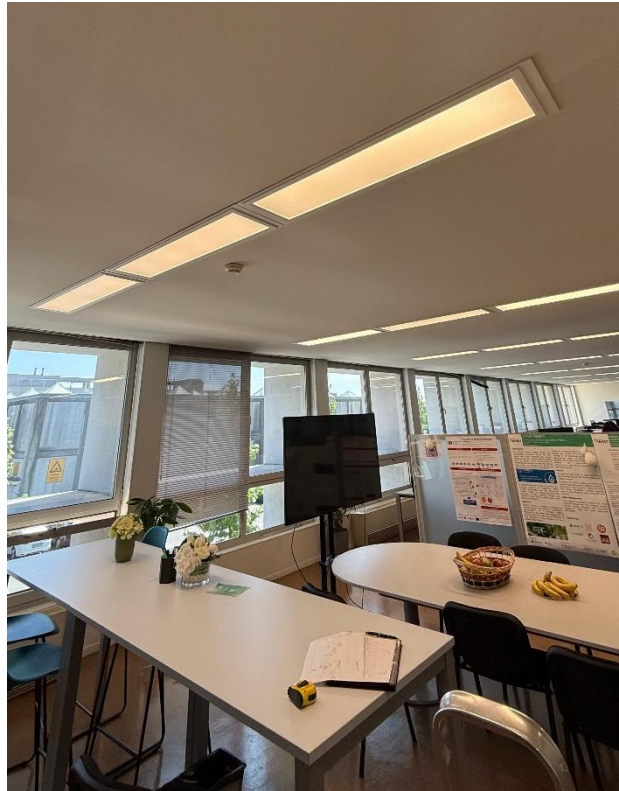


Figura 39 – Iluminação do *Open Space* do Piso 1 do INESC A

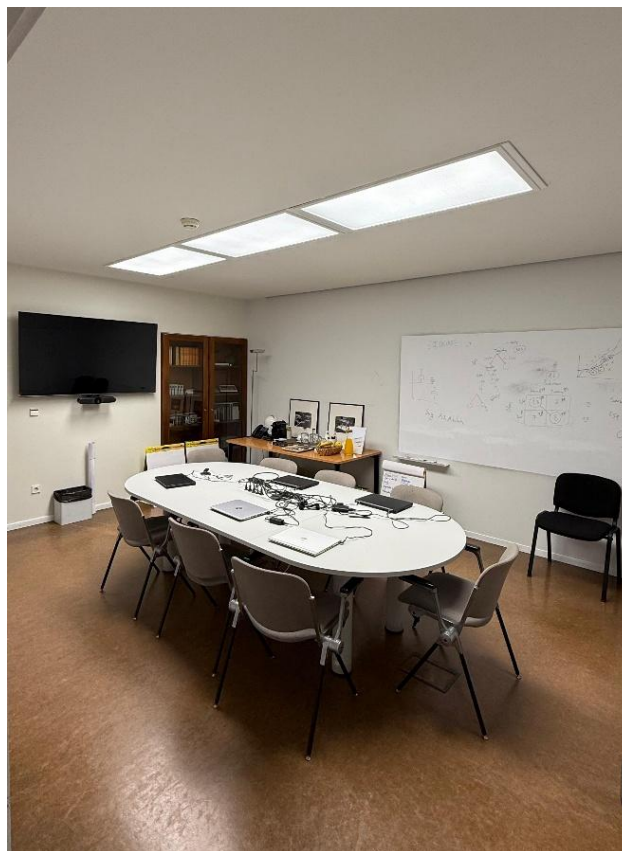


Figura 40 – Iluminação de uma sala de reuniões do Piso 1 do INESC A

4.1.6 Sistemas de Automação e Controlo Instalados no Edifício

4.1.6.1 Sistema de Gestão Técnica do AVAC

O edifício possui um sistema de gestão técnica do AVAC, que possibilita definir os principais parâmetros associados ao controlo dos sistemas de climatização e de ventilação dos espaços aplicáveis. O controlo do sistema de AVAC é realizado de uma forma centralizada, através de um computador com o *software* da marca Sauter. Esse computador encontra-se no Gabinete AR.4 do Piso 0 – R/C, local de trabalho do núcleo do Sistema de Gestão de Infraestruturas (SGI).

Através deste sistema de controlo, podem-se definir os principais parâmetros associados ao controlo dos sistemas de climatização e de ventilação dos espaços abrangidos. São determinadas temperaturas limite, ou seja, *set-points*, horários de funcionamento dos equipamentos e de atuação nas diversas válvulas do sistema. São analisadas diversas temperaturas ao longo do sistema, de ida e de retorno, e comparadas com a temperatura desejável naquele ponto. É ainda realizada a medição da temperatura exterior do edifício.

De uma forma geral, é possível atuar e controlar diversas variáveis, seja referente ao ar a insuflar nos espaços interiores do edifício, seja para os vários pontos do circuito hidráulico na central térmica. Conseguem-se analisar os comandos de funcionamento, os estados de avaria e os programas horários.

Na Figura 41 é apresentado um esquema do processo de funcionamento do sistema técnico do AVAC, fazendo-se a indicação das variáveis que podem ser controladas pelo responsável da manutenção do edifício.

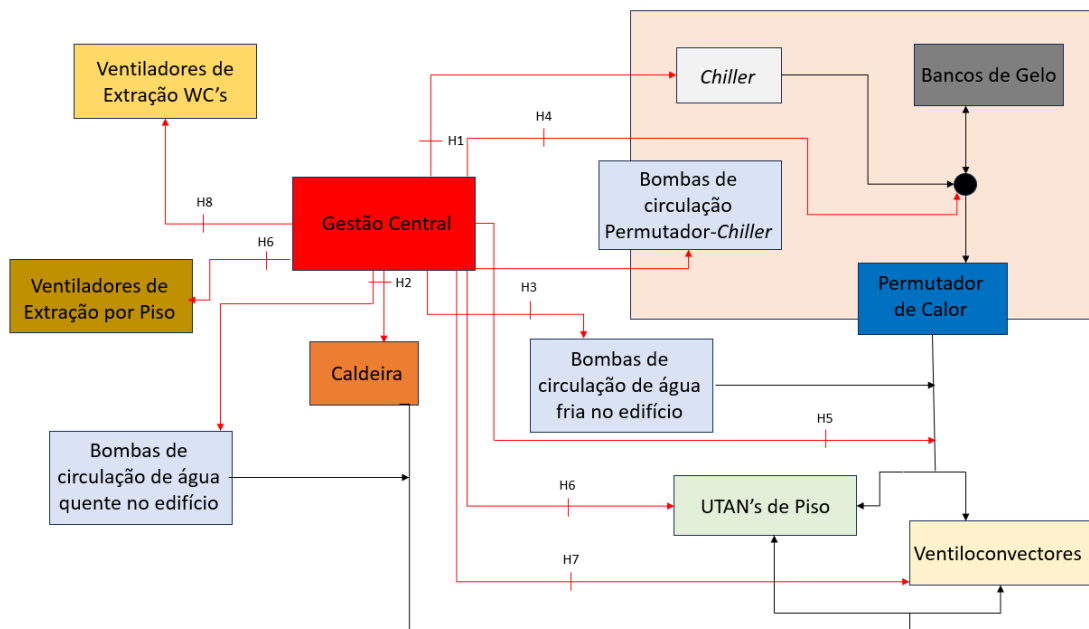


Figura 41 – Esquema básico do funcionamento de atuações no sistema de gestão técnica do AVAC do INESC A

Dos vários menus de monitorização e controlo, disponibilizados pelo *software* de gestão e controlo do AVAC, destaca-se na Figura 42 o menu que diz respeito ao esquema de funcionamento da central térmica de produção de calor, a título de exemplo.

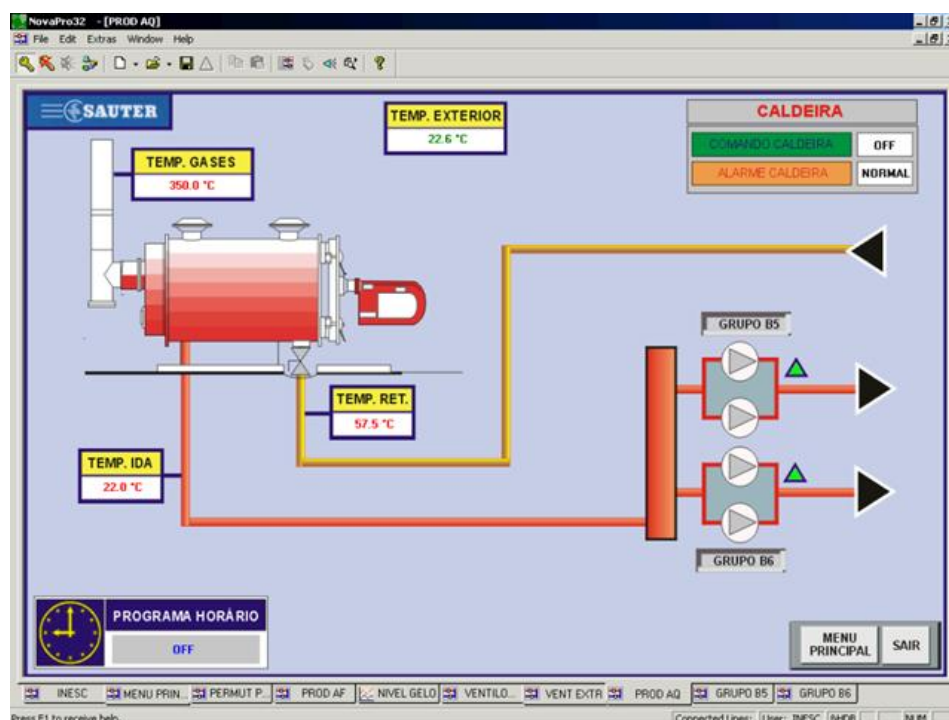


Figura 42 – Layout do funcionamento da central térmica de produção de calor do INESC A

4.1.6.2 Sistema de Gestão Técnica da Iluminação

Ao longo do edifício, de forma a existir monitorização, existem diversos sensores de presença e de movimento, em que a sua deteção está diretamente interligada com o sistema de iluminação, ou seja, quando é detetada alguma pessoa, o sensor comunica com o controlador e faz ligar as luminárias do espaço por um determinado período de tempo. Esta monitorização ocorre essencialmente nas zonas comuns, zonas de passagem e WC's. Nos postos de trabalho a iluminação é toda manual, controlada através de interruptores simples/ duplos e de controladores KNX/ EIB de quatro botões.

Existe um sistema de gestão técnica da iluminação, em que a sua central de controlo está localizada na receção do edifício, mais concretamente no posto do segurança, no R/C. O controlo pode ser efetuado através do computador, a que o segurança de serviço tem acesso, localizado neste local em específico por questões de segurança. Através do *software*, pode-se alterar o estado de toda a iluminação interior das zonas comuns e de toda a iluminação exterior, tanto do INESC A, como do INESC B. É neste posto que se faz o controlo do sistema KNX/ EIB existente no edifício, podendo-se definir horários de funcionamento e cenários de utilização.

Na Figura 43 é apresentado o controlo da iluminação no Piso 0 (R/C) do INESC A, como exemplo.

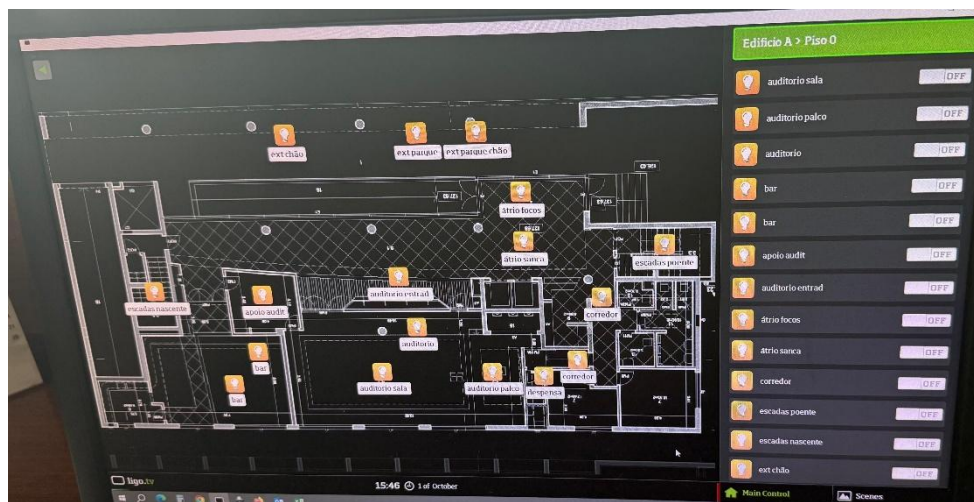


Figura 43 – Controlo da iluminação no Piso 0 (R/C) do INESC A

4.1.7 Sistema de Carregamento de Veículos Elétricos

O edifício dispõe de dois parques de estacionamento, localizados respetivamente na fachada Norte e na fachada Sul. Como o parque de estacionamento da fachada Sul do edifício é afeto, tanto ao INESC A, como ao INESC B, a caracterização dos postos de carregamento presentes nesse parque será feita neste subcapítulo, não sendo novamente realizada no subcapítulo relativo ao carregamento de veículos elétricos, do INESC B.

4.1.7.1 Parque de Estacionamento – Fachada Sul

Relativamente ao estacionamento na fachada Sul do edifício completo (INESC A+ INESC B), existem 78 lugares de estacionamento na ala central do parque, e ainda 24 lugares de estacionamento encostados à parte Norte da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), perfazendo um total de 102 lugares. Deste considerável número de lugares de estacionamento, apenas existem cinco postos de carregamento duplos, permitindo o carregamento de até dez veículos 100% elétricos, ou híbridos *plug-in*.

Na Figura 44 são apresentados os dois exemplares de postos de carregamento existentes no parque de estacionamento, em frente à fachada Sul.



Figura 44 – Exemplos de postos de carregamento na Fachada Sul do INESC TEC

Ora, relativamente aos carregadores de veículos elétricos da fachada Sul, a sua alimentação é feita a partir do Quadro Geral de Baixa Tensão (Q.G.B.T) do Posto de Transformação (P.T.) do INESC A.

O 1º exemplar, visualizado no lado esquerdo da Figura 44, faz parte de um grupo de carregadores comerciais, que são sistemas trifásicos de 11 kW.

O 2º exemplar, visualizado no lado direito da Figura 44, faz parte de um grupo de carregadores protótipos do INESC TEC, que são sistemas monofásicos, com uma potência máxima de 7 kW.

Relativamente aos modos de carregamento:

- Os carregadores comerciais cinzentos atualmente estão ajustados para uma potência máxima de 1,4 kW, porque se encontram com problemas com a autenticação do utilizador;
- Os protótipos do INESC TEC funcionam atualmente em modo “*dumb charging*”, ou seja, não existe gestão dinâmica, ajustes de potência, otimização de custos, nem desvio dos picos de consumo do edifício. A funcionalidade de agendamento de carregamento está prestes a ser disponibilizada.

Na Figura 45 é apresentado um esquemático simplificado da instalação de carregamento de veículos elétricos, em frente à fachada Sul do edifício.

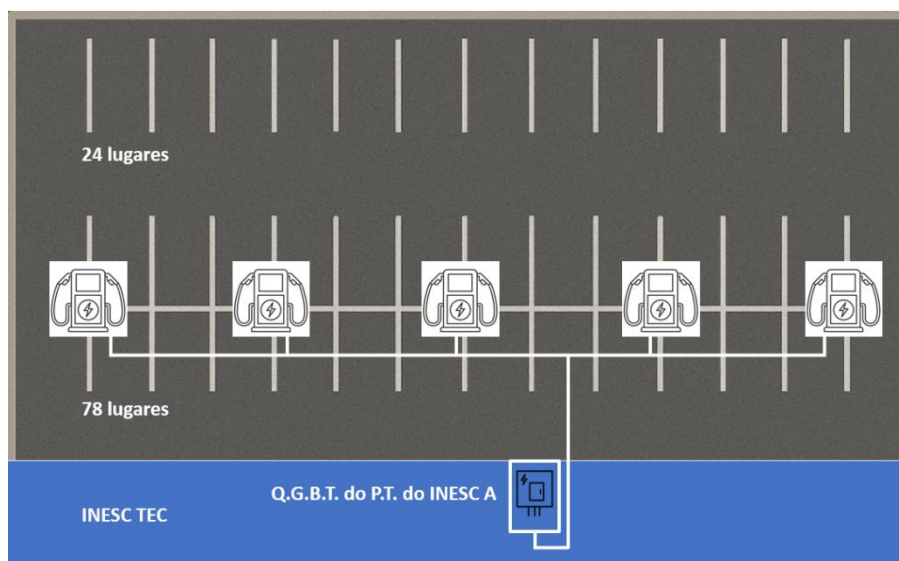


Figura 45 – Esquema simplificado do Sistema de Carregamento de Veículos Elétricos, em frente à fachada Sul do INESC TEC

4.1.7.2 Parque de Estacionamento – Fachada Norte

Relativamente ao estacionamento na fachada Norte do INESC A, existem cinco lugares de estacionamento. Desses cinco lugares, existem quatro postos de carregamento e um lugar possui três tomadas simples.

Na Figura 46 são apresentados os dois exemplares de postos de carregamento existentes no parque de estacionamento, em frente à fachada Norte.

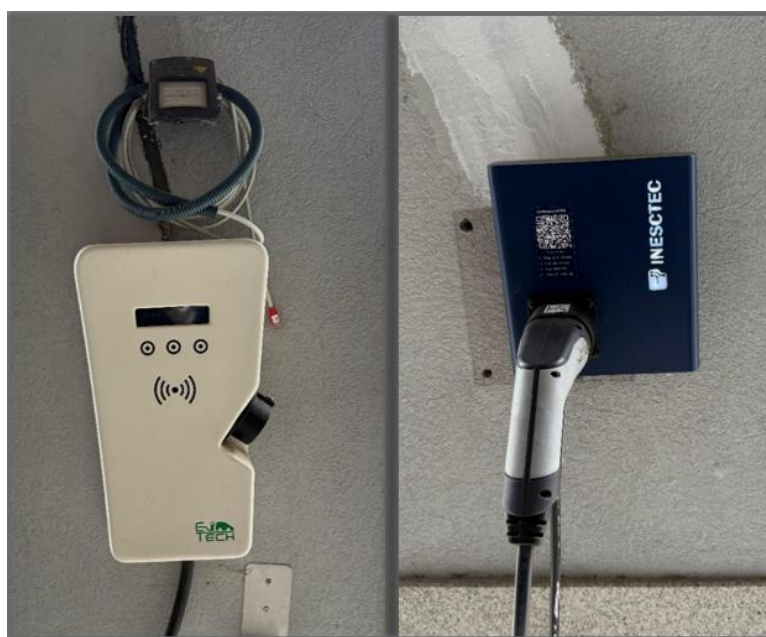


Figura 46 – Exemplares de postos de carregamento na Fachada Norte do INESC A

Ora, relativamente aos carregadores de veículos elétricos da fachada Norte, a sua alimentação é feita a partir do Quadro Geral do Piso -1 do INESC A.

O 1º exemplar, visualizado no lado esquerdo da Figura 46, sabe-se que é um sistema monofásico, mas não se conseguiu apurar a sua potência.

O 2º exemplar, visualizado no lado direito da Figura 46, faz parte de um grupo de carregadores protótipos do INESC TEC, que são sistemas monofásicos, com uma potência máxima de 7 kW.

Relativamente aos modos de carregamento:

- Do 1º exemplar apresentado, não se conseguiu também apurar o modo de carregamento disponibilizado;
- Os protótipos do INESC TEC funcionam atualmente em modo “*dumb charging*”, estando a funcionalidade de agendamento de carregamento prestes a ser disponibilizada.

Na Figura 47 é apresentado um esquemático simplificado da instalação de carregamento de veículos elétricos, em frente à fachada Norte do INESC A.

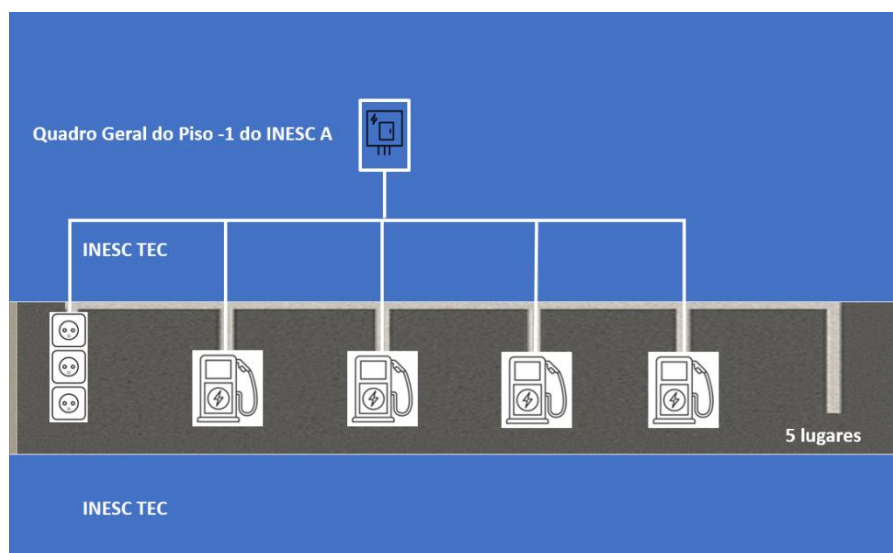


Figura 47 – Esquema simplificado do Sistema de Carregamento de Veículos Elétricos, em frente à fachada Norte do INESC A

4.1.8 Sistemas de Aproveitamento de Energias Renováveis

4.1.8.1 Energia Solar Fotovoltaica

No que diz respeito à produção de energia renovável, o edifício dispõe atualmente de um sistema solar fotovoltaico para produção de energia elétrica, localizado na sua cobertura e voltado a Sul, dividido entre o INESC A e o INESC B, tendo presente que a maior parte dos painéis instalados se encontra do lado do INESC A. Como se pode comprovar pela Figura 48, do lado esquerdo da figura torna-se possível encontrar a instalação fotovoltaica no INESC A, e do lado direito da figura é possível observar a instalação fotovoltaica no INESC B.



Figura 48 – Instalação solar fotovoltaica no INESC TEC

Dado que o sistema diz respeito a todo o INESC TEC, e não só a um dos edifícios contíguos, far-se-á neste subcapítulo a caracterização do sistema existente, não voltando a ser explicado aquando da caracterização do INESC B.

O edifício está equipado com seis *arrays* de painéis solares fotovoltaicos com tecnologia policristalina, mais concretamente por módulos *Open Renewables* 240-PQ60 e 235-PQ60, organizados em três *arrays* de nove painéis (aprox. 2100 kWp), dois *arrays* de catorze painéis (aprox. 3300 kWp) e um *array* de treze painéis (aprox. 3100 kWp).

Os inversores fotovoltaicos estão conectados ao quadro geral do *SmartGrids and Electric Vehicles Laboratory* (SGEVL), no qual se liga a micro-rede laboratorial. Os inversores enviam os dados operacionais para uma *WebBox* através de comunicação RS485. A *WebBox* recolhe, armazena e retransmite esses dados para a plataforma de monitorização, permitindo análise remota do desempenho do sistema fotovoltaico.

Em condições de exploração normais, os sistemas de geração fotovoltaica deverão estar conectados diretamente ao quadro da micro-rede laboratorial, de forma a não desperdiçar o recurso renovável, através dos inversores monofásicos SMA Sunny Boy SB1700 e Sunny Boy SB 3000HF-30. Os inversores agregam-se em dois grupos: o Grupo A para os SMA Sunny Boy SB1700, e o Grupo B para os inversores SMA Sunny Boy SB 3000HF-30. Este agrupamento estende-se da mesma forma aos respetivos *arrays* de painéis fotovoltaicos. Na Figura 49, apresenta-se um esquema simplificado que proporciona uma visão mais clara e aproximada do sistema solar fotovoltaico instalado no edifício.

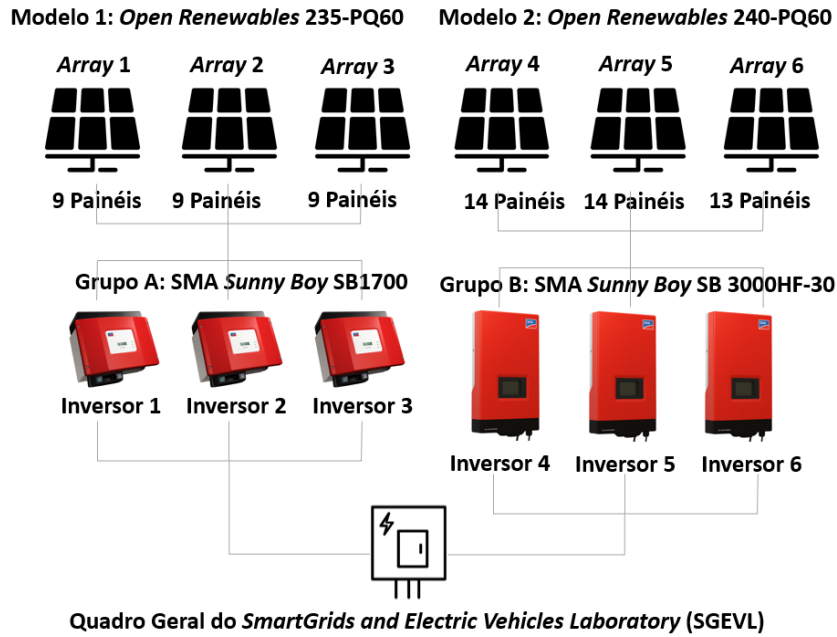


Figura 49 – Esquema simplificado do Sistema Solar Fotovoltaico instalado no INESC TEC

4.1.8.2 Energia Eólica

Para além do sistema solar fotovoltaico, no que se refere às fontes de energia renováveis no edifício, destaca-se ainda o aerogerador de eixo vertical, localizado na cobertura do INESC A, como se pode ver na Figura 50. Este aerogerador já está desativado há alguns anos, pelo que chegou a ser um contribuidor de injeção de energia no edifício, nomeadamente através da transformação de energia eólica em energia elétrica. Faz-se referência a este equipamento, por ser algo que não é muito comum de estar instalado neste tipo de edifícios.



Figura 50 – Aerogerador de eixo vertical - desativado

4.2 Edifício B

4.2.1 Identificação do Edifício B

Este imóvel é um edifício de serviços e foi construído no ano de 2011. O edifício é composto por sete pisos, entre o Piso -1 e a Cobertura, cujo maior eixo se desenvolve na orientação Este-Oeste, tendo a entrada principal posicionada na fachada Sul. Possui uma área total de pavimento de 2 039 m² (1 879 m² de área útil e 160 m² de área não útil) e um pé direito médio de 2,58 m. A implementação do edifício é muito próxima a um formato retangular, sendo ligeiramente diferente no piso abaixo do nível de referência. Para efeitos de distinção, denominou-se o edifício alvo como INESC B.

4.2.2 Levantamento Dimensional

O levantamento realizado ao imóvel decorreu entre outubro de 2024 e junho de 2025. À semelhança do realizado para o INESC A, para o INESC B também foi realizado um levantamento fotográfico como auxílio à caracterização das soluções construtivas mais relevantes, dos equipamentos de climatização instalados, dos sistemas de iluminação e de outros sistemas e equipamentos importantes.

Note-se que, a caracterização do edifício foi baseada na recolha de informação das várias telas finais e de todos os sistemas técnicos existentes, sendo complementada com informações técnicas e as que foram recolhidas no local, através dos levantamentos realizados. Ao longo do levantamento local, por amostragem, foi conferida a precisão geométrica das peças desenhadas disponíveis do imóvel.

4.2.3 Caracterização dos Sistemas de Climatização

Na caracterização dos sistemas e equipamentos instalados no edifício, foi dada prioridade aos elementos recolhidos ao longo do levantamento no local, assim como a todas as especificações técnicas, ou catálogos técnicos, disponíveis. Nas situações em que tal informação não se encontrava disponível nos elementos a que se teve acesso, foi consultado o respetivo fabricante ou fornecedor do equipamento, de modo a obter os dados necessários. Tem de se ter presente a importância desta análise dado que, é na central térmica do edifício, que ocorre a transformação de uma grande parte da energia consumida pelo edifício, tanto a energia elétrica como o gás natural.

4.2.3.1 Subsistema de Produção e Transporte de Energia Térmica

Na Figura 51 pode-se observar o esquema simplificado de funcionamento da instalação de calor no INESC B, verificando-se a relação funcional entre a caldeira, a bomba circuladora do circuito primário da caldeira e os grupos de bombagem responsáveis pela distribuição de água aquecida ao edifício.

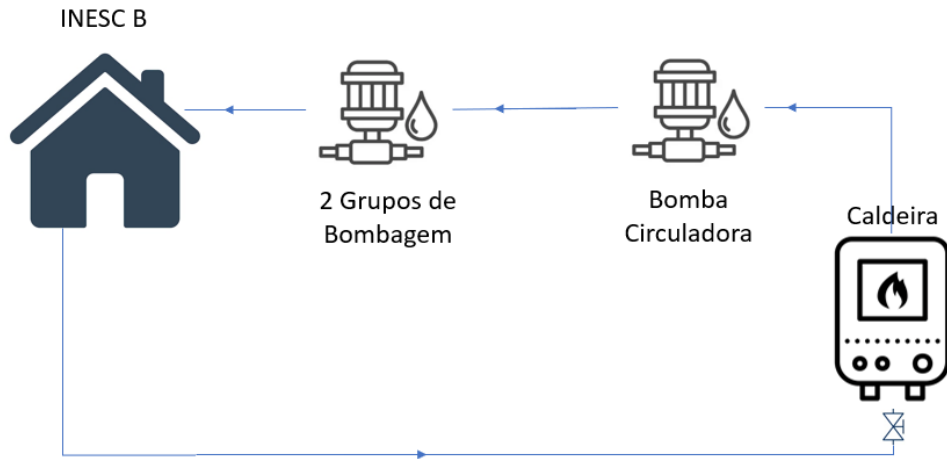


Figura 51 – Esquema simplificado de funcionamento da instalação de calor no INESC B

Desta forma, o esquema representa um sistema em que a caldeira aquece a água no circuito primário, até ao nível exigido pelo edifício, impulsionada pela bomba circuladora integrada nesse mesmo circuito. A água quente segue depois para dois grupos de bombagem independentes, responsáveis por distribuir o caudal para os VC's e para a UTAN. Após a transferência de calor para essas unidades térmicas, a água, já arrefecida, retorna à caldeira, completando o ciclo e assegurando a circulação contínua do fluido térmico em todo o sistema.

Note-se que a válvula de controlo de duas vias, apresentada na Figura 51, também designada por válvula reguladora, é usada para modular ou interromper o caudal de água quente que entra na caldeira.

Para melhor elucidar acerca do funcionamento do sistema, segue uma caracterização detalhada, acompanhada dos registos fotográficos obtidos durante os levantamentos, permitindo ter-se uma visão mais clara dos elementos do esquema.

A produção de energia térmica, para aquecimento ambiente, é assegurada por uma caldeira a gás natural, que aquece a água até à temperatura desejada. Esta encontra-se visível através da Figura 52 e as suas características podem ser visualizadas na Tabela 8.



Figura 52 – Caldeira BaxiRoca CPA70

Tabela 8 – Características da Caldeira BaxiRoca CPA70

	Caldeira
Referência	Caldeira B
Localização	Central Térmica INESC B
Potência útil mínima [kW]	70
Potência nominal [kW]	74
Rendimento nominal [%]	94.1
Rendimento útil c/ carga a 30% [%]	94.7
Temperatura máxima de aquecimento de água [°C]	90
Combustível	Gás Natural
Marca	BaxiRoca
Modelo	CPA70
Marca do Queimador	BaxiRoca
Modelo do Queimador	Crono 15-GM
Potência Máxima do Queimador [kW]	195

Depois de aquecida, pela caldeira, até ao ponto desejado, a água quente é impulsionada pela bomba circuladora do circuito primário da caldeira, seguindo para os dois grupos de bombagem, e depois para o edifício, mais concretamente para os VC's e para a UTAN.

Ora, para ser possível o transporte da energia às unidades de tratamento ambiente, de forma a vencer a carga do edifício, são utilizados dois grupos de bombagem, sendo cada grupo composto por duas bombas de circulação em paralelo. O primeiro grupo de bombagem é o responsável pela alimentação de água aquecida à UTAN, localizada na cobertura, enquanto o segundo grupo de bombagem é o responsável pela distribuição de água aquecida por todos os VC's do edifício.

O transporte da água quente é assegurado em circuito fechado desacoplado, do tipo primário-secundário, por uma rede de tubagens a quatro tubos, com caudal constante no circuito primário e com variação de caudal no circuito secundário.

Note-se que, as bombas de circulação da instalação de calor no INESC B, encontram-se dotadas de VFD, permitindo ajustar o ponto de funcionamento das bombas de circulação às condições reais de trabalho. A pequena bomba circuladora do circuito primário da caldeira pode ser analisada através da Figura 53.



Figura 53 – Bomba circuladora do circuito primário da caldeira – Wilo Typ IPL25/80-0,12/2

Na Figura 54 torna-se possível observar do lado direito, o grupo de bombagem relativo ao circuito de aquecimento da UTAN, pelo que no lado esquerdo torna-se possível ver o grupo de bombagem relativo ao circuito de aquecimento dos VC's.

Desta forma, o esquema representa um sistema de produção, distribuição e armazenamento térmico, em que o *chiller* pode operar diretamente para alimentar o circuito, ou carregar o banco de gelo, que funciona como reserva de frio para períodos de maior procura. O permutador de calor estabelece a separação hidráulica entre o circuito de produção e o circuito de distribuição de frio no edifício, garantindo estabilidade operacional, enquanto os diferentes grupos de bombagem asseguram os caudais necessários entre os bancos de gelo, o permutador e o edifício, permitindo uma gestão eficiente da energia térmica no edifício.

O controlo das válvulas de duas e três vias, combinado com o horário de funcionamento do *chiller* e do banco de gelo, assim como o controlo das bombas de circulação de água refrigerada pelo edifício, resulta nas seguintes situações:

- Funcionamento do *chiller* para se efetuar o carregamento do banco de gelo;
- Funcionamento do *chiller*, em série com o banco de gelo, para auxílio na refrigeração do edifício;
- Arrefecimento do edifício, apenas com a carga previamente acumulada no banco de gelo.

As válvulas de três vias entre o banco e o permutador de calor, controlam a utilização do frio acumulado, distribuindo o caudal entre o percurso do banco de gelo e o circuito de *bypass*. Esta função garante que a temperatura de alimentação ao permutador se mantém dentro dos limites operacionais, assegurando um caudal mínimo. Assim, a descarga do gelo é gerida de forma gradual, estável e eficiente.

Para melhor elucidar acerca do funcionamento do sistema, segue uma caracterização detalhada, acompanhada dos registos fotográficos obtidos durante os levantamentos, permitindo ter-se uma visão mais clara dos elementos do esquema.

A produção de energia térmica, para arrefecimento ambiente, é assegurada por um *chiller* bomba de calor ar-água. O *chiller* é apresentado na Figura 56 e as suas características técnicas são detalhadas na Tabela 9.



Figura 56 – *Chiller* CLIMAVENETA NECS 0452 B

Tabela 9 – Características do *Chiller* CLIMAVENETA NECS 0452 B

	Chiller
Referência	<i>Chiller</i> B
Localização	Cobertura INESC B
Capacidade de refrigeração [kW]	112
Potência de alimentação [kW]	39.7
EER (Tamb. =35°C)	2.8
SEER (Perfil climático temperado)	4.3
Nº de compressores de parafuso	2
Nº de circuitos de refrigerante	1
Redução mínima de capacidade [%]	50
Recuperação parcial de calor [kW]	-
Marca	CLIMAVENETA
Modelo	NECS 0452 B

À semelhança do que acontece no INESC A, no INESC B o *chiller* é ligado no mês de maio e desligado no mês de outubro (período de arrefecimento), enquanto a caldeira segue o inverso, ou seja, é ligada no mês de outubro e desligada no mês de maio (período de aquecimento), não havendo simultaneidade de funcionamento.

Ora, o circuito primário de água refrigerada é composto ainda por um sistema de armazenamento de energia térmica, nomeadamente por um banco de gelo, apresentado na Figura 57, que permite o armazenamento de energia térmica produzida pelo *chiller* no período noturno, ou seja, acumulação de frio durante a noite, nas horas de vazio normal e de super vazio (horários com o custo energético mais reduzido), para posterior utilização para o arrefecimento ao longo do período diurno. Desta forma, o circuito de água fria dá prioridade à energia armazenada no banco de gelo e, no caso desta energia não ser suficiente para garantir as necessidades de arrefecimento, aí sim, o *chiller* entra em funcionamento.

Desta forma, pode afirmar-se que o funcionamento do circuito primário de frio se pode caracterizar como um anel fechado, entre o *chiller*, o banco de gelo e o permutador de calor. O permutador efetua a troca de energia entre o circuito de produção e o circuito de distribuição de água refrigerada, de forma a diminuir a quantidade de água glicolada a circular na instalação.



Figura 57 – Banco de Gelo CALMAC 1190

O circuito primário *Chiller*-Permutador possui duas bombas de circulação, dispostas em paralelo, que se podem ver do lado esquerdo da Figura 58, que são utilizadas para a recirculação de água glicolada (circuito fechado) entre o *chiller*, o banco de gelo e o permutador de calor. O circuito secundário *Chiller*-Permutador possui também duas bombas de circulação, dispostas em paralelo, como se pode ver do lado direito da Figura 58, que fazem recircular a água proveniente dos VC's e da UTAN, de volta ao permutador de calor, completando-se o ciclo e assegurando a circulação contínua do fluído térmico em todo o sistema.

O circuito de circulação da água refrigerada para o edifício possui dois grupos de bombas, sendo cada grupo composto por duas bombas em paralelo. Os dois grupos de bombagem são da marca Wilo, mas são dois modelos distintos. Os modelos Typ DP E40/130-2,2/2 são utilizados para fazer chegar água refrigerada a todos os VC's do edifício. Por outro lado, os modelos CronoBloc-BL 32/160-0,55/4 servem para fazer chegar água refrigerada à UTAN. Na Figura 59 torna-se possível observar do lado direito o grupo de bombagem relativo ao circuito de arrefecimento da UTAN e, do lado esquerdo o grupo de bombagem relativo ao circuito de arrefecimento dos VC's.

Note-se que, as bombas de circulação da instalação de frio no INESC B, possuem VFD's , de forma a ajustar o ponto de funcionamento das bombas de circulação às condições reais de trabalho.

O transporte da água refrigerada é assegurado em circuito fechado desacoplado, do tipo primário-secundário, por uma rede de tubagens a quatro tubos, com caudal constante no circuito primário e com variação de caudal no circuito secundário.



Figura 58 – Grupos de bombagem do circuito primário *Chiller*-Permutador de Calor (esq.) e do circuito secundário *Chiller*-Permutador de Calor (dir.) – Wilo CronoLine-IL 32/170-4/2 e Stratos PICO 25/1-6



Figura 59 – Grupos de bombagem do circuito de arrefecimento da UTAN (dir.) e do circuito de arrefecimento dos VC's (esq.) – Wilo CronoBloc-BL 32/160-0,55/4 e Typ DP E40/130-2,2/2

4.2.3.2 Subsistema de Distribuição de Energia Térmica

A ventilação do edifício é realizada centralmente, por uma UTAN dupla, com ventilador de insuflação e ventilador de extração, com variadores de velocidade. A UTAN está localizada na zona técnica da cobertura do INESC B e possibilita a recuperação de calor e permite caudal de ar variável. Todo o ar que é insuflado no edifício é tratado e filtrado por esta UTAN, que permite o controlo de humidade.

A quase totalidade da distribuição de energia térmica pelo edifício é levada a cabo por intermédio de VC's com alimentação a quatro tubos, sendo o controlo manual, através da utilização dos termostatos de parede, ou de forma automática. Desse modo, os VC's são operáveis pelos ocupantes do edifício, regulando o nível de ventilação e a abertura da válvula, pese embora, seja possível controlar o seu funcionamento no computador do sistema de gestão técnica do AVAC, assim como definir horários de funcionamento.

Um dos modelos de VC de chão mais presentes é da marca EVAC, modelo VC 34, como se pode observar na Figura 60, neste caso instalado numa sala de reuniões, possuindo duas baterias para efetuar as trocas energéticas entre a água e o ar, sendo um modelo centrífugo a quatro tubos.



Figura 60 – Ventilconvector EVAC VC 34

De modo a comprovar que o sistema de alimentação dos VC's é a quatro tubos, segue-se o registo fotográfico da Figura 61, retirado no laboratório, no Piso -1, em que são completamente visíveis, tanto as tubagens, como o próprio VC, de teto.

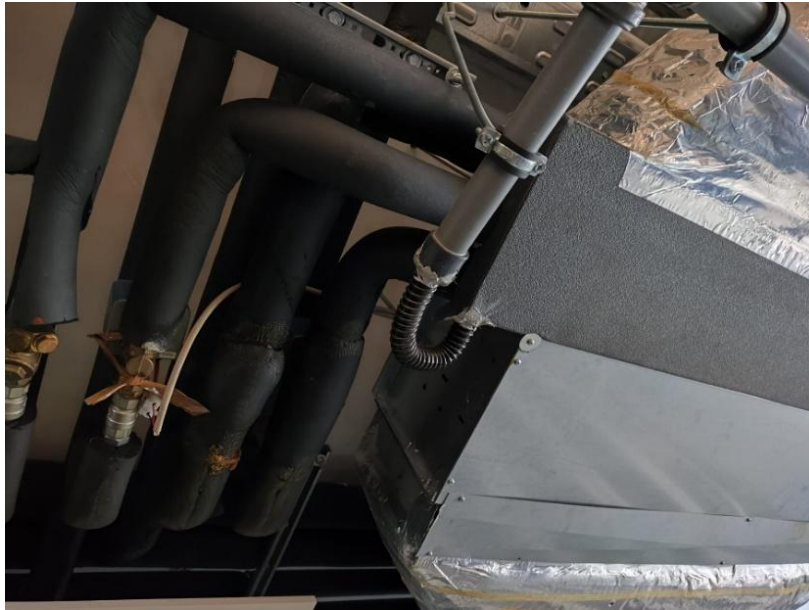


Figura 61 – Ventiloconvector e tubagens, do laboratório, no Piso -1

O sistema de AVAC é então caracterizado por um sistema misto ar-água, onde as unidades terminais (VC's), bem como a UTAN, contribuem para que haja adição/remoção de carga térmica no edifício. Para além disso, existem espaços em que o aquecimento e o arrefecimento ambiente são assegurados com sistemas autónomos de expansão direta, do tipo *split*.

Este imóvel tem a climatização maioritariamente baseada em VC's, no entanto, como foi referido, também é dotado de unidades de expansão direta, nomeadamente quatro unidades do tipo *split*, que estão distribuídas da seguinte forma: duas delas no *Data Center*, uma num laboratório e outra afeta a uma zona técnica. Na Figura 62 é apresentado um panorama geral sobre o lado Este da cobertura do INESC B, destacando-se as unidades exteriores dos sistemas de expansão direta.



Figura 62 – Unidades exteriores dos sistemas de expansão direta, do INESC B

Até aqui, verificou-se que as condições de conforto e de renovação de ar são asseguradas pela UTAN, VC's e os sistemas autónomos de expansão direta. Mas, para além disso, para complementar, existem ainda VE's e ventiladores de insuflação (VI's). Para servir de complemento a essa ventilação normal, o sistema de ventilação é ainda composto por uma série de ventiladores, mais concretamente por um VE associado a instalações sanitárias, um VE associado ao átrio dos diferentes pisos, um VE dedicado à sala dos servidores (*Data Center*) e um VE na cozinha, do tipo *hotte*. Relativamente à insuflação, existe um VI dedicado à insuflação dos átrios dos diferentes pisos e um VI dedicado à sala dos servidores. Na Figura 63 é possível ter uma visão geral sobre os VE's e VI's, na cobertura.



Figura 63 – Visão geral sobre os ventiladores de extração e de insuflação, do INESC B

4.2.4 Preparação de Água Quente Sanitária (AQS)

O sistema de produção de AQS, é baseado numa bomba de calor, com um depósito de armazenamento (acumulador de inércia) e uma unidade exterior, como se pode verificar na Figura 64. Esta bomba de calor é responsável pela produção de água quente destinada ao consumo do bar e do chuveiro da casa de banho de deficientes, próxima ao bar, encontrando-se localizada no logradouro, no Piso -1.



Figura 64 – Sistema de AQS Daikin Altherma 3 H HT W ETBH-E6V/E9W

4.2.5 Sistemas de Iluminação

No que diz respeito aos sistemas de iluminação existentes no INESC B, foi realizado um levantamento a todas as áreas interiores do edifício, de forma a averiguar a quantidade de luminárias por espaço e o controlo existente no espaço.

Atualmente no edifício, praticamente toda a iluminação interior é da tecnologia LED, existindo um, ou outro caso em específico com tecnologia fluorescente, em zonas técnicas. Dos levantamentos efetuados destacam-se algumas topologias de luminárias, como os focos, projetores, réguas, *plafomiers*, tubulares e fitas de LED.

Em relação ao controlo do funcionamento da iluminação, este é diferenciado pelas zonas. As zonas de circulação e os WC's do edifício possuem controlo da iluminação através de sensores de presença. Já os espaços mais específicos e/ou de utilização mais restrita, como por exemplo os gabinetes e os *Open Spaces*, possuem um controlo de iluminação manual, definido pelo(s) utilizador(es) do espaço.

Foi utilizada a Tabela 11 para caracterizar a iluminação dos diferentes espaços do INESC B, estando presente no ANEXO II, de onde se verificou que existem:

- 404 luminárias no total;
- 256 luminárias em espaços que se esperam controlar;
- 11 controladores KNX/ EIB.

Para se tornar possível visualizar alguns exemplos de luminárias existentes, segue-se a Figura 65 com a iluminação do átrio dos elevadores do Piso 2 (lado poente), e depois a Figura 66, com a iluminação do átrio da fotocopiadora do Piso 2.



Figura 65 – Iluminação do átrio dos elevadores do Piso 2 do INESC B

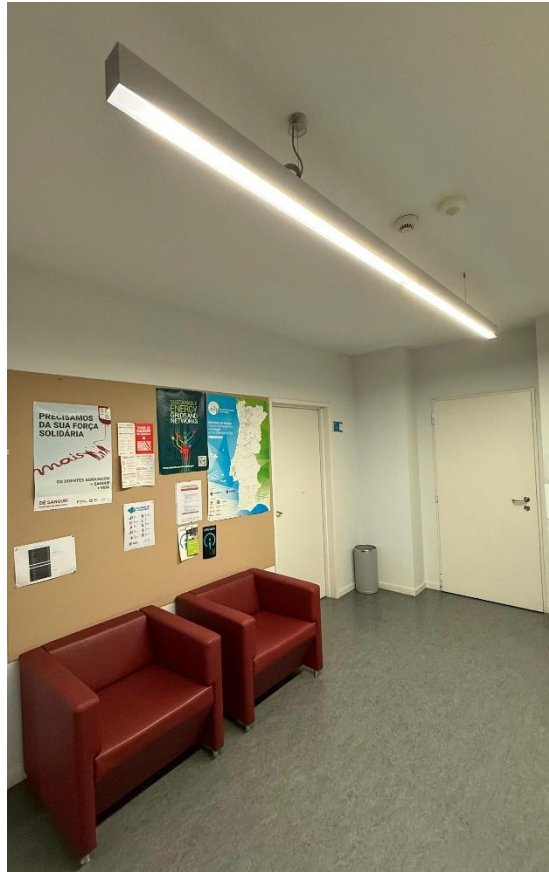


Figura 66 – Iluminação do átrio da fotocopiadora do Piso 2 do INESC B

4.2.6 Sistemas de Automatização e Controlo Instalados no Edifício

4.2.6.1 Sistema de Gestão Técnica do AVAC

O edifício possui um sistema de gestão técnica do AVAC, que possibilita definir os principais parâmetros associados ao controlo dos sistemas de climatização e de ventilação dos espaços aplicáveis. O controlo do sistema de AVAC é realizado de uma forma centralizada, através de um computador com o *software* da marca Sauter. Esse computador encontra-se na área técnica da cobertura do INESC B, junto à caldeira.

Através deste sistema de controlo, podem-se definir os principais parâmetros associados ao controlo dos sistemas de climatização e de ventilação dos espaços abrangidos. São determinadas temperaturas limite, ou seja, *set-points*, horários de funcionamento dos equipamentos e de atuação nas diversas válvulas do sistema. São analisadas diversas temperaturas ao longo do sistema, de ida e de retorno, e comparadas com a temperatura desejável naquele ponto. É ainda realizada a medição da temperatura exterior do edifício, assim como medições do caudal em certos pontos. É ainda possível aferir o estado em que se encontram os vários registos corta-fogo (RCF).

De uma forma geral, é possível atuar e controlar diversas variáveis, seja referente ao ar a insuflar nos espaços interiores do edifício, seja para os vários pontos do circuito hidráulico na central térmica. Conseguem-se analisar os comandos de funcionamento, os estados de avaria e os programas horários.

Na Figura 67 é apresentado um esquema do processo de funcionamento do sistema técnico do AVAC, fazendo-se a indicação das variáveis que podem ser controladas pelo responsável da manutenção do edifício.

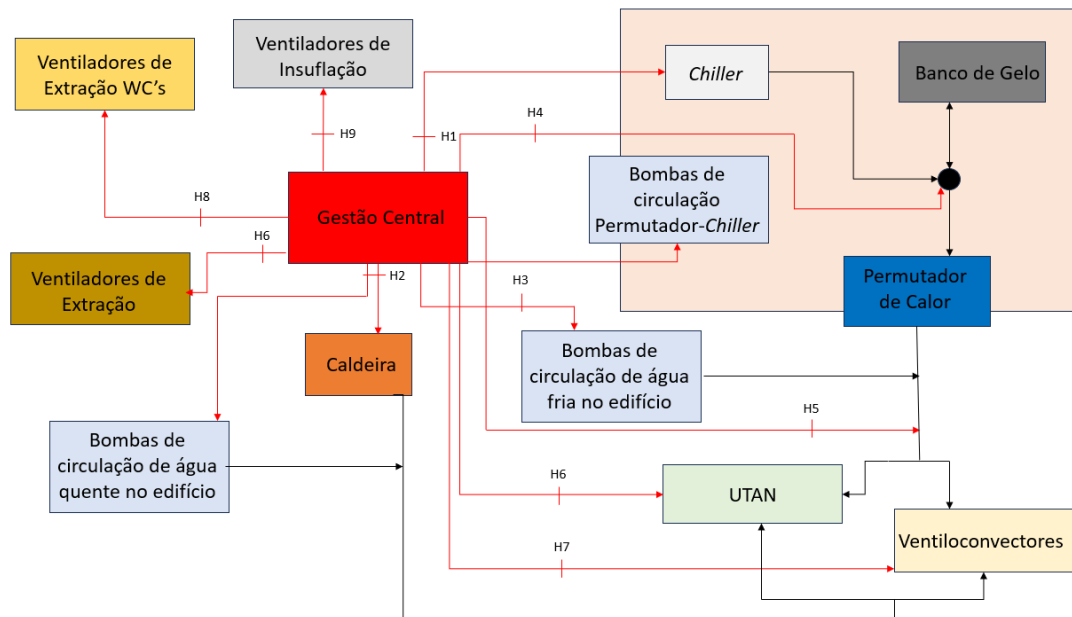


Figura 67 – Esquema básico do funcionamento de atuações no sistema de gestão técnica do AVAC do INESC B

Dos vários menus de monitorização e controlo, disponibilizados pelo *software* de gestão e controlo do AVAC, destaca-se na Figura 68 o menu que diz respeito ao esquema de funcionamento da central térmica de produção de calor, a título de exemplo.

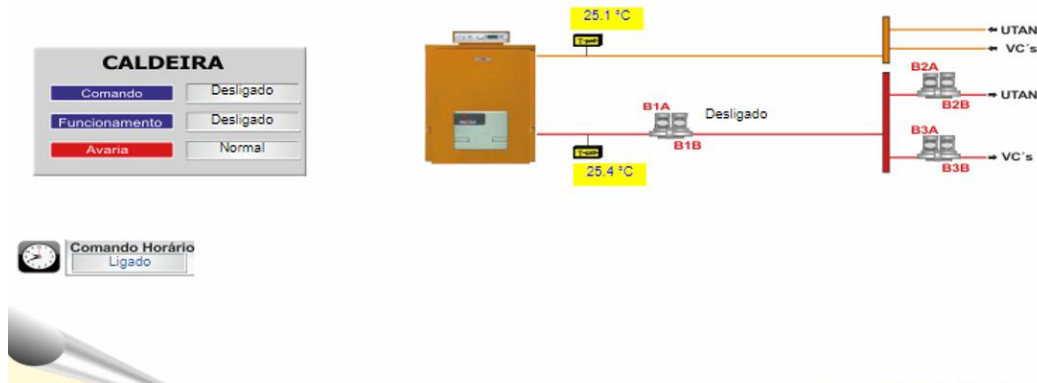


Figura 68 – Layout do funcionamento da central térmica de produção de calor do INESC B

4.2.6.2 Sistema de Gestão Técnica da Iluminação

Ao longo do edifício, em conformidade com o INESC A, de forma a existir monitorização, existem diversos sensores de presença e de movimento, em que a sua deteção está diretamente interligada com o sistema de iluminação, ou seja, quando é detetada alguma pessoa, o sensor comunica com o controlador e faz ligar as luminárias do espaço por um determinado período de tempo. Esta monitorização ocorre essencialmente nas zonas comuns, zonas de passagem e WC's. Nos postos de trabalho a iluminação é toda manual, controlada através de interruptores simples/duplos e de controladores KNX/ EIB de quatro/ oito botões.

Existe um sistema de gestão técnica da iluminação, em que a sua central de controlo está localizada na receção do edifício anteriormente caracterizado neste documento (INESC A), mais concretamente no posto de segurança, no R/C. O controlo pode ser efetuado através do computador, a que o segurança de serviço tem acesso, localizado neste local em específico por questões de segurança. Através do *software*, pode-se alterar o estado de toda a iluminação interior das zonas comuns e de toda a iluminação exterior, tanto do INESC A, como do INESC B. É neste posto que se faz o controlo do sistema KNX/ EIB existente no edifício, podendo-se definir horários de funcionamento e cenários de utilização.

Na Figura 69 é apresentado o controlo da iluminação no Piso 0 (R/C) do INESC B, como exemplo.

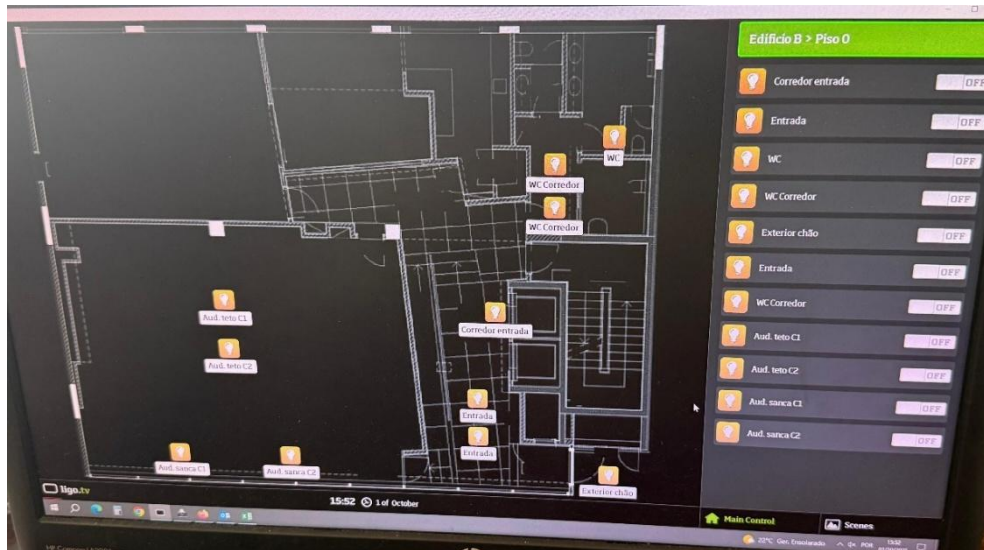


Figura 69 – Controlo da iluminação no Piso 0 (R/C) do INESC B

4.2.7 Sistema de Carregamento de Veículos Elétricos

Relativamente ao sistema de carregamento de veículos elétricos, como foi sublinhado no Subcapítulo “4.1.7 Sistema de Carregamento de Veículos Elétricos” do presente documento, o edifício dispõe de dois parques de estacionamento, um voltado a Norte e outro voltado a Sul. Reiterando o que fora dito, o parque voltado a Sul é partilhado entre o INESC A e o INESC B.

4.2.7.1 Parque de Estacionamento – Fachada Sul

No Subcapítulo “4.1.7.1 Parque de Estacionamento – Fachada Sul”, foram já caracterizados os pontos de carregamento lá existentes.

4.2.7.2 Parque de Estacionamento – Fachada Norte

Relativamente ao estacionamento na fachada Norte do INESC B, existem cinco lugares de estacionamento, sendo dedicado um para motociclos. Dos cinco lugares de estacionamento, existem quatro postos de carregamento de veículos elétricos, todos iguais, sem quaisquer tomadas disponíveis.

Na Figura 70 é apresentado o exemplar de posto de carregamento existente no parque de estacionamento, em frente à fachada Norte.



Figura 70 – Exemplar de posto de carregamento na fachada Norte do INESC B

Ora, relativamente aos carregadores de veículos elétricos da fachada Norte, a sua alimentação é feita a partir do Quadro Geral do Laboratório *X-Energy Lab* do INESC B.

O exemplar apresentado, visualizado na Figura 70 , faz parte de um grupo de carregadores protótipos do INESC TEC, que são sistemas monofásicos, com uma potência máxima de 7 kW.

Relativamente aos modos de carregamento, os protótipos do INESC TEC funcionam atualmente em modo “*dumb charging*”, estando a funcionalidade de agendamento de carregamento prestes a ser disponibilizada.

Na Figura 71 é apresentado um esquemático simplificado da instalação de carregamento de veículos elétricos, em frente à fachada Norte do INESC B.

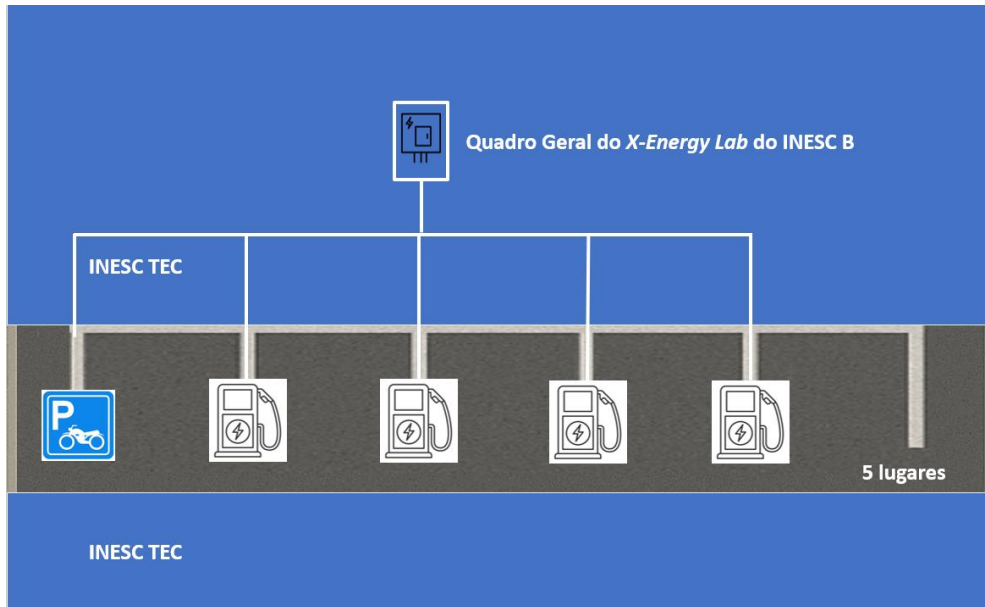


Figura 71 – Esquema simplificado do Sistema de Carregamento de Veículos Elétricos, em frente à fachada Norte do INESC B

4.2.8 Sistemas de Aproveitamento de Energias Renováveis

4.2.8.1 Energia Solar Fotovoltaica

Relativamente ao sistema solar fotovoltaico, instalado na cobertura do INESC TEC, já foi totalmente caracterizado no Subcapítulo “4.1.8.1 Energia Solar Fotovoltaica” do presente documento.

5 AVALIAÇÃO DO SRI

5.1 Edifício A

5.1.1 Avaliação do estado atual do edifício

Para ser possível a realização desta avaliação, consultou-se toda a informação disponível acerca do edifício, complementada das diversas visitas e análises ao mesmo, assim como da ajuda do responsável da manutenção do edifício, que conseguiu esclarecer detalhes bastante importantes para esta avaliação. Outro fator levado em consideração foi a experiência absorvida nas diversas visitas aos diferentes locais do edifício, relativamente aos nove domínios técnicos, referentes à avaliação. Segue-se uma linha de pensamento tida no decorrer da avaliação.

Na plataforma de cálculo *SRI2MARKET*, começou-se então por preencher vários campos, relativamente a informações do projeto, desde os dados gerais, como se pode verificar na Figura 72, as informações enquanto perito, como se verifica na Figura 73, as características gerais do edifício, apresentadas na Figura 74, havendo ainda um campo de seleção da metodologia, onde se selecionam os domínios técnicos que se pretende ter em consideração no processo de avaliação, como está apresentado na Figura 75.

Dados Gerais

Nome do Projecto:

INESCA

País:

Portugal

Tipologia de Edifício:

Não Residencial

Utilização do edifício:

não residencial - escritórios

Catálogo:

Método de cálculo B

Zona Climática:

Europa do Sul

Fatores de ponderação padrão:

Europa do Sul Não Residencial B

Tipo de avaliação:

Estado atual do edifício

Os dados de suporte a esta avaliação devem refletir o atual estado do edifício ou um cenário com medidas de melhoria

Fase de ensaio/testes oficial:

Clicar se esta avaliação fizer parte de uma fase de testes/ensaio oficial no Estado-Membro

Figura 72 – Informações do Projeto – Dados Gerais

Informações do Perito

Organização:
INESC TEC

Endereço de e-mail: rfmarts@outlook.pt Número de telefone:
Número de telefone

Figura 73 – Informações do Projeto – Informações do Perito

Características gerais do edifício

Área útil do edifício: 2982 Ano de construção: 1998

Estado do edifício: Original Potência nominal global dos sistemas de climatização: >= 290 kW

Descrição do edifício:
Associação privada sem fins lucrativos, declarada de utilidade pública, tendo como principais atividades a investigação científica e o desenvolvimento tecnológico, bem como

Morada:
Rua Dr. Roberto Frias, Campus da FEUP, 4200-465 Porto, Portugal

Classe energética: C
Classe energética no Certificado Energético

Figura 74 – Informações do Projeto – Características Gerais do Edifício

Seleção da Metodologia

Aquecimento: O domínio Aquecimento é avaliável?

AQS: O domínio AQS é avaliável?

Arrefecimento: O domínio Arrefecimento é avaliável?

Ventilação: O domínio Ventilação é avaliável?

Iluminação: O domínio Iluminação é avaliável?

Envolvente do Edifício Dinâmica: O domínio Envolvente do Edifício Dinâmica é avaliável?

Eletricidade: O domínio Eletricidade é avaliável?

Carregamento de Veículos Elétricos: O domínio Carregamento de Veículos Elétricos é avaliável?

Monitorização e Controlo: O domínio de Monitorização e Controlo é avaliável?

Gravar

Figura 75 – Informações do Projeto – Seleção da Metodologia – Identificação dos domínios técnicos a avaliar

Efetuada os preenchimentos ilustrados, segue-se então para a avaliação propriamente dita, começando pelo domínio do Aquecimento e terminando no domínio da Monitorização e Controlo.

Foi utilizada a Tabela 12 como auxiliar ao processo de avaliação que se segue, estando esta presente no ANEXO III.

- **Domínio técnico do Aquecimento:**

De forma a se determinarem os níveis de funcionalidade adequados, teve de se responder a algumas questões, que se seguem:

1. De que forma é regulada a temperatura interior das zonas térmicas do edifício?
2. Qual é o mecanismo de controlo da temperatura da água quente no circuito de aquecimento?
3. De que forma são controladas as bombas do circuito de água, para que as UTAN's e os VC's recebam a água quente de que necessitam?
4. No edifício existe algum método aplicado para armazenar calor? Se sim, como é que o depósito é carregado e descarregado?
5. Como é regulada a saída do gerador de calor?
6. O edifício possui mais do que um gerador de calor, que sirva o mesmo circuito? Se sim, como é que o seu funcionamento é sequenciado?
7. Existe alguma forma de recolher e visualizar informações acerca do desempenho do sistema de aquecimento?
8. Existe alguma maneira de o sistema de aquecimento receber e reagir aos sinais provenientes da rede?

Tendo presente estas questões, começa-se a avaliação da aptidão dos serviços para as tecnologias inteligentes, que compõe o domínio técnico do aquecimento:

- Controlo da dissipação de calor (**H1a**) – Todos os dissipadores de calor incluídos, exceto TABS (*Thermally Activated Building Systems*, ou em português, Elementos Construtivos Termoativos);

Ora, a temperatura do ar interior é regulada, de forma a ser mantido o ponto de ajuste desejado durante o período de utilização do edifício, através de termostatos. Este ponto de ajuste é definido de forma individual, em cada espaço de utilização, seja este um gabinete, uma sala de reunião, ou um *Open Space*. Isto significa que:

- a) O nível de funcionalidade é superior ao Nível 0, dado que a temperatura interior é regulada;
- b) O nível de funcionalidade é superior ao Nível 1, uma vez que a temperatura do ponto de ajuste é definida de forma individualizada, em cada zona, e não de forma centralizada, com o ponto de ajuste comum para todas as zonas;
- c) O nível de funcionalidade é inferior ao Nível 3, uma vez que não existe troca de informações entre os controladores e o SACE.

O calor dissipado no espaço é ajustado por uma função de controlo exclusiva do espaço que está a ser controlado, sem qualquer troca de informações para fora do espaço controlado. Deste modo, os espaços do edifício podem ser caracterizados como zonas térmicas individualizadas, permitindo aos ocupantes definir os pontos de ajuste de temperatura, para cada modo de funcionamento, em cada zona. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

Tanto o Nível 1, como o Nível 2, dependem de controladores, baseados em microprocessadores, que controlam as condições do ambiente interior, numa ou em mais zonas do edifício. Os níveis mais elevados do SRI, neste serviço, mais

concretamente os Níveis 3 e 4, exigem que exista uma forma desses controladores baseados em microprocessadores, trocarem informações e coordenarem a sua operação. Para tal acontecer, isto implica que:

- a) Exista um SACE instalado no edifício (o que se comprova);
- b) Os controladores estejam conectados ao SACE (o que não se comprova).

Muito embora o edifício possua uma rede extensa de sensores, que possibilitam a visibilidade sobre diversos componentes consumidores de energia, a integração de controladores não existe. Para que isso fosse verdade, o controlo da temperatura interior de uma determinada zona deveria ter em consideração o estado da outra zona. Exemplificando, a pressão estática de uma conduta, pode estar condicionada por informações da zona, com o amortecedor mais aberto. Poderá ainda ser empregue uma estratégia de controlo de ajuste e resposta, em situações nas quais as ações de controlo dependem do número de solicitações de todas as zonas.

- Controlo do aquecimento nos elementos construtivos termoativos. Modo de aquecimento (**H1b**) – Apenas TABS;

Uma vez que não existem no edifício, elementos construtivos termoativos, tais como lajes de betão com tubos de água embutidos para ocorrer transferência de calor, piso radiante, paredes termoativas, sistemas combinados com bombas de calor geotérmicas (trocas térmicas com o solo), este serviço classifica-se como **N.A.** (não aplicável).

Torna-se importante ter plena consciência sobre a diferenciação entre as opções “N.A. - não aplicável” e “Nível de Funcionalidade 0”. A primeira opção referida, corresponde à não aplicabilidade do serviço, devido à ausência da infraestrutura mínima associada. O “Nível de Funcionalidade 0”, deve ser usado quando a base para a disponibilidade do serviço existir, mas o serviço não for realmente disponibilizado, ou ainda, for disponibilizado de uma forma não inteligente.

Quando um serviço não é aplicável, o seu nível de funcionalidade não pode ser avaliado e a sua presumível baixa inteligência não deve penalizar a avaliação SRI.

Ilustrando a questão com este exemplo, para o serviço **H1b**, como não existem elementos construtivos termoativos no edifício, avalia-se o serviço como **N.A.** (não aplicável). Imagine-se agora, que neste mesmo edifício, afinal existiam elementos construtivos termoativos, como por exemplo piso radiante, mas não existia qualquer tipo de controlo automático da temperatura do espaço, ou seja, haveria algures um dissipador que teria de ser controlado manualmente, através da operação humana dos atuadores ligados ao equipamento. Nesta situação, avaliar-se-ia o serviço como “Nível 0 – Sem controlo automático da temperatura do espaço”.

Porém, existem alguns serviços onde não é possível selecionar a opção “não aplicável”. Segundo a metodologia SRI proposta, estes serviços fazem parte de um conjunto mínimo que deve ser sempre avaliado mesmo não estando presentes, sendo nesses casos avaliados com “Nível de Funcionalidade 0”.

- Armazenamento e transferência de energia térmica (**H1c**) – Catálogo A;

A este serviço é atribuída a classificação de **N.A.** (não aplicável), uma vez que apenas é aplicável ao Catálogo A, mas o Catálogo selecionado para esta avaliação foi o Catálogo B.

- Controlo da temperatura de água quente da rede de distribuição (ida ou retorno) (**H1c**) – Catálogo B;

Relativamente ao controlo da temperatura do fluido de distribuição, a temperatura média da água de distribuição fica dependente da temperatura exterior. Verificou-se isto com base nos seguintes factos:

- a) Existe, pelo menos, um sensor para medição de temperatura exterior instalado na cobertura do edifício, como se pode verificar através da Figura 76;
- b) Foi definida e aplicada, pela empresa fornecedora de AVAC, uma curva de aquecimento.



Figura 76 – Sensor de temperatura, instalado na cobertura do edifício

Ora, a compensação meteorológica significa que a temperatura média da água de distribuição é reduzida com base na compensação da temperatura exterior. O facto de existir este tipo de compensação, indica que o serviço é avaliado com o **Nível 1**.

- Controlo das bombas de distribuição na rede de aquecimento (**H1d**);

As quatro bombas de circulação de água quente funcionam com um controlo por vários escalões, notando-se que as bombas têm velocidades fixas (normalmente três velocidades), seleccionáveis manualmente no arranque, ou comutáveis automaticamente por um sistema de controlo externo. Este facto revela que, o nível de funcionalidade do serviço é superior ao Nível 1, dado que as bombas quando ligadas não funcionam sempre à velocidade máxima, e ainda que, o nível de funcionalidade é inferior ao Nível 3, nível correspondente a bombas com controlo por acionamento de velocidade variável, ou seja, bombas que podem funcionar a velocidades diferentes, com base em diferenças de pressão constantes ou variáveis.

Para se atingir o Nível 3, as bombas de circulação teriam de possuir um variador de frequência (interno ou externo), o que não acontece atualmente. Posto isto, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**, sendo as bombas automaticamente ligadas ou desligadas e, quando ligadas, podem funcionar a velocidades diferentes com base em escalões fixos.

- Controlo do funcionamento do TES (*Thermal Energy Storage*, ou em português, Armazenamento de Energia Térmica) (**H1f**) – Os Sistemas Termoativos (TABS) não são considerados TES;

Sabe-se que existe a capacidade de armazenamento térmico, e ainda que, o carregamento do sistema de armazenamento de energia térmica, nomeadamente o depósito de inércia, associado à bomba de calor da cobertura do INESC A, é ativado durante o tempo definido por um horário, em concordância com o horário de funcionamento do edifício. Assim, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 1**.

- Controlo do gerador de calor (combustão e redes urbanas de calor) (**H2a**) – Apenas para geradores de combustão e de aquecimento em redes urbanas;

Sabe-se que a temperatura da caldeira é mantida a uma temperatura constante predefinida, dentro de um desvio de controlo definido. Existe uma regulação mecânica da temperatura, entre os 45°C e os 50°C. Assim, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

- Controlo do gerador de calor (bomba de calor) (**H2b**);

O compressor da bomba de calor é ligado e desligado automaticamente. Quando está ligado, pode funcionar a diferentes velocidades com base na carga ou na necessidade, ou seja, possui um controlo variável. Desta forma, o compressor modula a velocidade, conforme a procura térmica. Assim, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- Sequência de funcionamento dos geradores de calor (**H2d**);

Como já foi referido, existem no edifício dois geradores de calor: uma caldeira a gás natural e uma bomba de calor; sendo que a função desta última é única e exclusivamente realizar o pré-aquecimento da água que entra na caldeira, com o auxílio de um depósito de inércia. Assim sendo, os dois geradores de calor servem o mesmo circuito, pelo que existe capacidade de sequenciação avaliável.

Existe, portanto, um controlo de acordo com uma prioridade fixa, sendo que a cada gerador é atribuída uma prioridade fixa arbitrária. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 1**.

- Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema de aquecimento (**H3**);

Solicitou-se ao gestor técnico do edifício (gestor de manutenção e operações) informações relativas ao desempenho do sistema de aquecimento sendo que, a única informação disponível é a informação que diz respeito à faturação total por vetor energético (eletricidade e gás natural), sem a divisão dos gastos nas diferentes utilizações finais da energia, não existindo qualquer funcionalidade de relatórios associada. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

- Flexibilidade e interação com a rede (**H4**).

O sistema de aquecimento tem o seu funcionamento anexado a um horário predefinido, que reflete as horas de funcionamento do edifício, sem qualquer tipo de informação adicional da rede. Assim sendo, não existe qualquer flexibilidade ou interação com a rede, resultando no facto do nível de funcionalidade atribuído ser o **Nível 0**.

Na Figura 77 fica visível a inserção realizada na plataforma de cálculo, relativa à avaliação do domínio do aquecimento.

Controlo da dissipação de calor: (H1a)	2 - Controlo individual do espaço (por exemplo, válvulas termostáticas ou controlador eletrónico)	Percentagem: 100.0	+	?
Controlo do aquecimento nos elementos construtivos termoativos (modo de aquecimento): (H1b)	Não aplicável	Percentagem: 100.0	+	?
Controlo da temperatura de água quente da rede de distribuição (ida ou retorno): (H1c_CatalogueB)	1 - Controlo de compensação de temperatura exterior	Percentagem: 100.0	+	?
Controlo das bombas de distribuição na rede de aquecimento: (H1d)	2 - Controlo com vários escalões	Percentagem: 100.0	+	?
Controlo do funcionamento do armazenamento de energia térmica: (H1f)	1 - Controlo temporizado	Percentagem: 100.0	+	?
Controlo do gerador de calor (combustão e redes urbanas de calor): (H2a)	0 - Controlo de temperatura constante	Percentagem: 100.0	+	?
Controlo do gerador de calor (bomba de calor): (H2b)	2 - Controlo variável do gerador de calor	Percentagem: 100.0	+	?
Sequência de funcionamento dos geradores de calor: (H2d)	1 - Prioridades baseadas numa lista de prioridades fixa	Percentagem: 100.0	+	?
Relatório com informações sobre o desempenho do sistema de aquecimento: (H3)	0 - Nenhum	Percentagem: 100.0	+	?
Flexibilidade e interação com a rede: (H4)	0 - Sem controlo automático	Percentagem: 100.0	+	?

Figura 77 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio do aquecimento, através da plataforma de cálculo

- **Domínio técnico do Arrefecimento:**
- **Controlo da dissipação de frio (C1a)** – Todos os dissipadores de frio incluídos, exceto TABS;

Ora, a temperatura do ar interior é regulada, de forma a ser mantido o ponto de ajuste desejado durante o período de utilização do edifício. Os ocupantes do edifício podem definir os pontos de regulação da temperatura, para cada zona, de forma individual. Isto significa que:

- a) O nível de funcionalidade é superior ao Nível 0, dado que a temperatura interior é regulada;
- b) O nível de funcionalidade é superior ao Nível 1, uma vez que a temperatura do ponto de ajuste é definida de forma individualizada, em cada zona, e não de forma centralizada, com o ponto de ajuste comum para todas as zonas;
- c) O nível de funcionalidade é inferior ao Nível 3, uma vez que não existe troca de informações entre os controladores e o SACE.

O calor removido no espaço é ajustado por uma função de controlo exclusiva do espaço que está a ser controlado, sem qualquer troca de informações para fora do espaço controlado. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- Controlo do arrefecimento nos elementos construtivos termoativos (modo de arrefecimento) (**C1b**) – Apenas TABS;

Uma vez que não existem no edifício, elementos construtivos termoativos, tais como lajes de betão com tubos de água embutidos para ocorrer transferência de calor, piso radiante, paredes termoativas, sistemas combinados com bombas de calor geotérmicas (trocas térmicas com o solo), este serviço classifica-se como **N.A.** (não aplicável).

- Controlo da temperatura de água arrefecida na rede de distribuição (ida ou retorno) (**C1c**);

Relativamente ao controlo da temperatura do fluido de distribuição, a temperatura média da água de distribuição fica dependente da temperatura exterior. Verificou-se isto com base nos seguintes factos:

- a) Existe, pelo menos, um sensor para medição de temperatura exterior instalado na cobertura do edifício;
- b) Foi definida e aplicada, pela empresa fornecedora de AVAC, uma curva de aquecimento.

Ora, a compensação meteorológica significa que a temperatura média da água de distribuição é reduzida com base na compensação da temperatura exterior. O facto de existir este tipo de compensação, indica que o serviço é avaliado com o **Nível 1**.

- Controlo das bombas de distribuição na rede de arrefecimento (**C1d**);

As seis bombas de circulação de água refrigerada funcionam com um controlo por vários escalões, notando-se que as bombas têm velocidades fixas (normalmente três velocidades), seleccionáveis manualmente no arranque, ou comutáveis automaticamente por um sistema de controlo externo. Este facto revela que, o nível de funcionalidade do serviço é superior ao Nível 1, dado que as bombas quando ligadas não funcionam sempre à velocidade máxima, e ainda que, o nível de funcionalidade é inferior ao Nível 3, nível correspondente a bombas com controlo por acionamento de velocidade variável, ou seja, bombas que podem funcionar a velocidades diferentes, com base em diferenças de pressão constantes ou variáveis. Para se atingir o Nível 3, as bombas de circulação teriam de possuir um variador de frequência (interno ou externo), o que não acontece atualmente. Posto isto, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**, sendo as bombas automaticamente ligadas ou desligadas e, quando ligadas, podem funcionar a velocidades diferentes com base em escalões fixos.

- Encravamento/relação entre o controlo na distribuição e/ou nas unidades terminais de aquecimento e arrefecimento (**C1f**);

A funcionalidade de encravamento/relação, garante que os sistemas de aquecimento e de arrefecimento não possam funcionar em simultâneo, na mesma divisão.

No edifício, a infraestrutura permite que haja aquecimento e arrefecimento simultâneo, uma vez que é um sistema a quatro tubos, com dois circuitos hidráulicos independentes. Exemplificando, tecnicamente, um gabinete pode estar a sofrer aquecimento, enquanto outro gabinete pode estar a sofrer arrefecimento. Resumindo,

relativamente à possibilidade física, o sistema suporta simultaneidade entre diferentes divisões.

No entanto, é importante ter-se em atenção que a avaliação deste serviço se refere à possibilidade de aquecimento e arrefecimento simultâneo, na mesma divisão. Ora, tomando por exemplo um gabinete de trabalho, com um ventiloconvetor:

- Pode ocorrer encravamento indesejado quando ocorre algum problema técnico nessa unidade terminal, quando as duas válvulas (a que controla o fluxo da água quente e a que controla o fluxo da água refrigerada) estão abertas ao mesmo tempo, levando a um desperdício energético. No entanto, como já se referiu, este exemplo reflete um episódio de encravamento indesejado, num contexto de avaria.

Num sistema bem controlado, a simultaneidade de aquecimento e arrefecimento, só acontece entre diferentes zonas, e nunca numa zona apenas, ou nunca na mesma unidade terminal.

Tomando agora outro exemplo, relativo a um *Open Space* com cinco VC's:

- Considere-se que neste *Open Space*, de um lado está um funcionário que liga o equipamento terminal mais próximo de si e o coloca no modo de arrefecimento. Por outro lado, do lado oposto da sala, outro colaborador faz exatamente o oposto, ligando o equipamento terminal mais próximo de si, colocando-o no modo de aquecimento.

Este episódio revela um encravamento ao nível da zona física. Mesmo sendo um sistema a quatro tubos, cada ventiloconvetor pode efetivamente trabalhar de forma independente, podendo um estar a introduzir frio no espaço, e o outro a introduzir calor, simultaneamente. O resultado descreve uma situação de ineficiência energética e de instabilidade térmica, dado que o arrefecimento numa ponta do *Open Space* compensa o aquecimento na ponta oposta, forçando ambos os circuitos a trabalhar desnecessariamente.

Do ponto de vista da operação e controlo, este é um exemplo de encravamento operacional, dado que existe simultaneidade de modos de climatização na mesma zona, com desperdício energético.

Assim sendo, no caso deste edifício, a possibilidade de aquecimento e arrefecimento simultâneos é minimizada, ou seja, existe um encravamento/relação parcial, levando a que o nível de funcionalidade atribuído seja o **Nível 1**.

- Controlo do funcionamento do armazenamento de energia térmica (TES) (**C1g**)
– Os Sistemas Termoativos (TABS) não são considerados TES;

No que diz respeito ao armazenamento de energia térmica, mais concretamente do armazenamento de frio, no edifício existem dois bancos de gelo, estando o seu carregamento ativado durante um horário definido, ou seja, estando anexado a um controlo temporizado. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 1**.

- Controlo do gerador de arrefecimento (**C2a**);

O *chiller* possui um controlo com vários escalões, dependendo da carga ou da procura (da necessidade do edifício), que se reflete diretamente no acionamento dos compressores. Os compressores são ligados e desligados automaticamente. Quando ligados, eles podem funcionar a velocidades diferentes, com base em escalões fixos. Existe um seletor que determina qual, ou quais compressores funcionam. Assim, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 1**.

- Sequência de funcionamento dos equipamentos produtores de água arrefecida (C2b);

No edifício, o único equipamento produtor de água arrefecida é o *chiller*, pelo que não existe capacidade de sequenciação avaliável. Assim, a este serviço é atribuída a classificação de **N.A.** (não aplicável).

- Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema de arrefecimento (C3);

Solicitou-se ao gestor técnico do edifício informações relativas ao desempenho do sistema de arrefecimento, sendo que, a única informação disponível é a informação que diz respeito à faturação total por vetor energético (eletricidade e gás natural), sem a divisão dos gastos nas diferentes utilizações finais da energia, não existindo qualquer funcionalidade de relatórios associada. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

- Flexibilidade e interação com a rede (C4).

O sistema de arrefecimento tem o seu funcionamento anexado a um horário predefinido, que reflete as horas de funcionamento do edifício, sem qualquer tipo de informação adicional da rede. O sistema de arrefecimento não recebe, nem reage aos sinais da rede, não existindo qualquer flexibilidade ou interação com esta, resultando no facto do nível de funcionalidade atribuído ser o **Nível 0**.

Na Figura 78 fica visível a inserção realizada na plataforma de cálculo, relativa à avaliação do domínio do arrefecimento.

Controlo da dissipação de frio: (C1a)	2 - Controlo individual do espaço	Percentagem: 100.0	+	?
Controlo do arrefecimento nos elementos construtivos termoativos (modo arrefecimento): (C1b)	Não aplicável	Percentagem: 100.0	+	?
Controlo da temperatura de água arrefecida na rede de distribuição (ida ou retorno): (C1c)	1 - Controlo de compensação de temperatura exterior	Percentagem: 100.0	+	?
Controlo das bombas de distribuição na rede de aquecimento: (C1d)	2 - Controlo com vários escalões	Percentagem: 100.0	+	?
Encravarmento/relação entre o controlo na distribuição e/ou nas unidades terminais de aquecimento e arrefecimento: (C1f)	1 - Encravarmento/relação parcial (dependente do sistema de AVAC)	Percentagem: 100.0	+	?
Controlo do funcionamento do armazenamento de energia térmica: (C1g)	1 - Controlo temporizado	Percentagem: 100.0	+	?
Controlo do gerador de arrefecimento: (C2a)	1 - Controlo com vários escalões do gerador de calor, dependendo da carga ou procura (por exemplo, ligar/desligar de vários co	Percentagem: 100.0	+	?
Sequência de funcionamento dos equipamentos produtores de água arrefecida: (C2b)	Não aplicável	Percentagem: 100.0	+	?
Relatório com informações sobre o desempenho do sistema de arrefecimento: (C3)	0 - Nenhum	Percentagem: 100.0	+	?
Flexibilidade e interação com a rede: (C4)	0 - Sem controlo automático	Percentagem: 100.0	+	?

Figura 78 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio do arrefecimento, através da plataforma de cálculo

- **Domínio técnico da Água Quente Sanitária:**

Como já foi referido, existe um circuito de água quente dedicado para a AQS, presente na copa do INESC A, composto por um termoacumulador doméstico.

- Controlo do aquecimento da água quente armazenada, com aquecimento elétrico direto ou com bomba de calor (**DHW1a**);

O equipamento responsável pelo aquecimento e armazenamento de água para AQS é o termoacumulador localizado na copa do INESC A. Este equipamento de armazenamento é automaticamente ligado e desligado, com base na temperatura de armazenamento da AQS. Portanto, o circuito de água dedicado à AQS, fornece água quente a uma temperatura constante durante as horas de ocupação do edifício, sendo o depósito ligado e desligado de forma automática, de forma a conseguir manter essa temperatura. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

- Controlo da carga do armazenamento de AQS (**DHW1b**) – Catálogo A;

A este serviço é atribuída a classificação de **N.A.** (não aplicável), uma vez que apenas é aplicável ao Catálogo A, mas o Catálogo selecionado para esta avaliação foi o Catálogo B.

- Controlo do aquecimento da água quente armazenada, com aquecedores de água (**DHW1b**) – Catálogo B;

Uma vez que o único método existente no edifício para produção da AQS é o aquecimento elétrico direto, não existindo aquecedores de água, a este serviço é atribuída a classificação de **N.A.** (não aplicável).

- Controlo de aquecimento da água armazenada, com coletor solar e geração de calor suplementar (**DHW1d**);

No edifício não está instalado qualquer tipo de sistema solar térmico, ou seja, não existem coletores solares. Assim, a este serviço é atribuída a classificação de **N.A.** (não aplicável).

- Sequenciação no caso de diferentes geradores de AQS (**DHW2b**);

A aptidão para as tecnologias inteligentes do serviço de sequenciação não é aplicável a este serviço, pelo que não existe capacidade de sequenciação avaliável, uma vez que o único equipamento responsável pelo fornecimento AQS é o termoacumulador da copa. Assim, a este serviço é atribuída a classificação de **N.A.** (não aplicável).

- Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema de água quente para uso doméstico (**DHW3**).

Não existe nenhum mecanismo que forneça informações relevantes acerca do desempenho do sistema de AQS. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

Na Figura 79 fica visível a inserção realizada na plataforma de cálculo, relativa à avaliação do domínio da AQS.

Controlo do aquecimento da água quente armazenada, com aquecimento elétrico direto ou com bomba de calor: (DHW1a)	0 - Controlo automático on/off	Percentagem: 100.0	+
Controlo do aquecimento da água quente armazenada, com aquecedores de água: (DHW1b_CatalogueB)	Não aplicável	Percentagem: 100.0	+ ?
Controlo de aquecimento da água armazenada, com coletor solar e geração de calor suplementar: (DHW1d)	Não aplicável	Percentagem: 100.0	+
Sequenciamento no caso de diferentes geradores de AQS: (DHW2b)	Não aplicável	Percentagem: 100.0	+ ?
Relatório com informações sobre o desempenho do sistema AQS: (DHW3)	0 - Nenhum	Percentagem: 100.0	+ ?

Figura 79 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio da AQS, através da plataforma de cálculo

- **Domínio técnico da Ventilação:**

O edifício utiliza ventilação mecânica, que fornece ar fresco temperado aos seus espaços.

- Controlo do caudal de ar fornecido ao nível do espaço (**V1a**);

O sistema de ventilação funciona com base num cronograma de ocupação predefinido, sendo que, quando foi questionado ao gestor técnico do edifício se o sistema de ventilação poderia ser encontrado a funcionar durante um dia em que, por algum motivo, o edifício não estivesse a ser utilizado, a resposta foi positiva. Ou seja, o sistema funciona de acordo com um determinado horário e, quando funciona, está normalmente na velocidade máxima. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 1**.

- Controlo do caudal de ar ou pressão ao nível da unidade de tratamento do ar (**V1c**);

Os ventiladores das UTAN's são controlados através de um mecanismo de temporização para ligar/ desligar. O sistema funciona em determinados momentos, e quando funciona está normalmente na velocidade máxima, mas tendo a possibilidade de variar entre três escalões. Desta forma, durante o período nominal de ocupação, a pressão dos ventiladores é máxima, disponibilizando um fornecimento contínuo de caudal de ar em carga máxima. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 1**.

- Controlo da recuperação de calor: prevenção do sobreaquecimento (**V2c**);

Não existe nenhum mecanismo para detetar e/ou evitar situações de sobreaquecimento. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

- Controlo da temperatura do ar na unidade de tratamento do ar (**V2d**);

O ponto de ajuste da temperatura do ar fornecido é constante e só pode ser alterado centralmente pelo gestor técnico do edifício. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 1**.

- *Free-cooling* mecânico (**V3**);

Uma vez que as UTAN's atuais não possuem a capacidade de efetuar *free-cooling*, nem existe infraestrutura mínima necessária para que esta estratégia de climatização seja concretizada de outra forma, a este serviço é atribuída a classificação de **N.A.** (não aplicável).

- Relatórios de informação sobre a QAI (**V6**).

Existem pelo edifício vários sensores Aranet em locais de trabalho e de passagem, que fazem a medição de alguns parâmetros, tais como a temperatura, a humidade relativa e os níveis de CO₂ no espaço. Todavia, estes sensores apenas fazem as medições, sendo os registos guardados num servidor denominado por Sentinel, mas não tendo qualquer influência, ou troca de informações com o sistema de climatização.

Não existe, portanto, nenhum mecanismo para monitorizar a qualidade do ar, num formato de relatório. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

Na Figura 80 fica visível a inserção realizada na plataforma de cálculo, relativa à avaliação do domínio da ventilação.

Controlo do caudal de ar fornecido ao nível do espaço: (V1a)	1 - Controlo com horário	100.0	+	?
Controlo de caudal de ar ou pressão na unidade de tratamento de ar: (V1c)	1 - Controlo de tempo on/of: Fornecimento contínuo de fluxo de ar para uma carga máxima	100.0	+	?
Controlo da recuperação de calor: prevenção do sobreaquecimento: (V2c)	0 - Sem controlo de sobreaquecimento	100.0	+	?
Controlo da temperatura do ar na unidade de tratamento do ar: (V2d)	1 - Setpoint constante	100.0	+	?
Free-cooling mecânico: (V3)	Não aplicável	100.0	+	?
Relatório com informações sobre QAI: (V6)	0 - Nenhum	100.0	+	?

Figura 80 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio da ventilação, através da plataforma de cálculo

- **Domínio técnico da Iluminação:**
- Controlo de ocupação para iluminação interior (**L1a**);

Com base nos vários levantamentos realizados, foi possível aferir os níveis de funcionalidade existentes no edifício, relativos ao controlo de ocupação para iluminação interior.

Cerca de 70.9% da área interior iluminada é controlada através de comutação manual, ou seja, interruptores manuais de ligar/ desligar. Os interruptores manuais instalados no edifício, vão desde interruptores simples e interruptores duplos, até controladores KNX de quatro/ oito botões. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído a 70.9% da área interior iluminada, é o **Nível 0**. Este nível diz respeito maioritariamente às zonas de trabalho, desde gabinetes, salas de reuniões, *open spaces*, entre outras.

Cerca de 28% da área interior iluminada é controlada através de deteção automática, com *auto on*. O sistema de controlo liga, diminui (regulação de fluxo) ou desliga as luzes automaticamente, sempre que existe ocupação na área iluminada. Deste modo, obtém-se uma redução mais eficiente do consumo de energia, bem como um acréscimo de conforto e comodidade para os utilizadores do edifício. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído a 28% da área interior iluminada, é o **Nível 2**. Este nível diz respeito maioritariamente às zonas de átrios, corredores e alguns WC's. Nestes espaços, existem sensores de presença e de movimento, que enviam sinais aos controladores do SACE.

Cerca de 1% da área interior iluminada é controlada através de deteção automática, com *manual on*. A luz é então ligada através de um interruptor manual (seja ele simples, duplo, ou um controlador KNX de quatro/ oito botões), e se não for desligada manualmente, as luzes são automaticamente reduzidas (na sua intensidade) ou totalmente desligadas pelo sistema de controlo automático existente. Este é o nível de funcionalidade que proporciona a maior eficiência energética. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído a 1% da área interior iluminada, é o **Nível 3**. Este nível diz respeito a alguns WC's e à sala de reuniões acústica.

- Iluminância/Controlo de luz natural (L2).

Os controlos de iluminação não têm em consideração qualquer informação acerca dos níveis de luz natural, não existindo sequer nenhum mecanismo para realizar as medições dos níveis de luz natural, nos diferentes espaços do edifício. No edifício existe um controlo manual para apagar as luzes, setorizadas por zonas ou espaços. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 1**.

Na Figura 81 fica visível a inserção realizada na plataforma de cálculo, relativa à avaliação do domínio da iluminação.

Controlo de ocupação para iluminação interior: (L1a)	Percentagem:
0 - Interruptor manual on/off	70.984
2 - Deteção automática (auto on)	28.038
3 - Deteção automática (manual on)	0.9780000000000000

Iluminância/Controlo de luz natural: (L2)	Percentagem:
1 - Manual (por espaço / zona)	100.0

Figura 81 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio da iluminação, através da plataforma de cálculo

- **Domínio técnico da Envolvente Dinâmica do Edifício:**
- Controlo dos dispositivos de proteção solar (**DE1**);

Sombreamento solar é o termo utilizado para identificar um conjunto de sistemas destinados a regular a entrada de calor e de luz solar num edifício, otimizando o aproveitamento da iluminação natural e do aquecimento passivo, enquanto se minimiza o risco de sobreaquecimento e o desconforto visual, como por exemplo o encandeamento. Este serviço avalia os métodos de controlo dos dispositivos de sombreamento solar, com impacto direto na eficiência energética e no conforto dos ocupantes [46].

Relativamente ao controlo dos dispositivos de proteção solar, verifica-se que todos os espaços que possuem vãos envidraçados, possuem dispositivos de proteção solar, ou seja, dispositivos de sombreamento. Torna-se ainda importante referir que, todas as superfícies envidraçadas que façam uma delimitação entre o interior e o exterior do edifício, possuem película de proteção solar.

Os dispositivos de sombreamento são operados manualmente, e contemplam cintas de persianas em rolo e correntes de estores verticais. Note-se que o funcionamento destes dispositivos é baseado somente em operações manuais. Para além do controlo relativo à proteção ao nível interior, na parte exterior do edifício, mais concretamente na fachada Sul, existem palas de betão armado. Estas estruturas auxiliam bastante no controlo do excesso de calor provocado pela incidência solar, nomeadamente nas estações quentes. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

- Controlo de janela aberta ou fechada, combinado com o sistema AVAC (**DE2**);

Os utilizadores do edifício ajustam a abertura das janelas conforme necessidades de conforto (sensações térmicas, qualidade do ar, odores). O comportamento é aleatório, mas o impacto das ações pode ser bastante significativo. A integração de janelas funcionais com sistemas de AVAC pode gerar uma elevada poupança energética, sendo a ventilação natural, sem arrefecimento mecânico, a opção de melhor desempenho [46].

Relativamente ao edifício em questão, as janelas só podem ser abertas ou fechadas manualmente pelos utilizadores, caso contrário elas permanecem fixas.

Verifica-se a existência de um único elemento em desconformidade com o restante edifício, cuja relevância é considerada negligenciável para efeitos da presente avaliação, por se tratar de um equipamento isolado, face ao universo considerado. Este equipamento é um janelão com registo de abertura mecanizado, estando localizado na caixa de escadas, entre o Piso 3 e o Piso 4, do lado Poente. Em conformidade com o que precede, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

- Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema da envolvente dinâmica do edifício (**DE4**).

Não existe qualquer tipo de relatório de informação sobre o desempenho do sistema da envolvente dinâmica do edifício. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

Na Figura 82 fica visível a inserção realizada na plataforma de cálculo, relativa à avaliação do domínio da envolvente dinâmica do edifício.

Controlo dos dispositivos de proteção solar: (DE1)	0 - Operação manual	100.0	+	?
Controlo de abertura/fecho de janelas, combinado com sistema AVAC: (DE2)	0 - Operação manual ou apenas janelas fixas	100.0	+	?
Relatar informações sobre o desempenho de sistemas dinâmicos na envolvente dos edifícios: (DE4)	0 - Sem relatórios	100.0	+	?

Figura 82 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio da envolvente dinâmica do edifício, através da plataforma de cálculo

- **Domínio técnico da Eletricidade:**
- Relatórios de informação sobre a produção local de eletricidade (**E2**);

A monitorização da produção local de energia elétrica é realizada através do envio de dados operacionais dos inversores para uma *WebBox*, através de comunicação RS485. A *WebBox* recolhe, armazena e retransmite esses dados para a plataforma de monitorização, permitindo análise remota do desempenho do sistema fotovoltaico.

O *software* utilizado é baseado na nuvem, permitindo a visualização e análise dos dados, acessíveis a alguns utilizadores, via aplicação *web* ou móvel. Desta forma, é disponibilizada a alguns utilizadores uma caracterização pormenorizada da produção solar, permitindo otimizar a sua exploração e evidenciar requisitos de manutenção [46].

Os dados que são recolhidos, são visualizados através de *dashboards*, sendo que os dados são armazenados e podem ser recuperados. Alguns utilizadores têm acesso aos valores atuais e aos dados históricos, através da interface utilizada. Deste modo, torna-se possível identificar padrões e tendências, levando a que exista uma visão melhorada da utilização e operação do sistema. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- Armazenamento de eletricidade (produzida localmente) (**E3**);

Não existe nenhum tipo de armazenamento de eletricidade no INESC A. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

- Otimização do autoconsumo da eletricidade gerada localmente (**E4**);

A otimização do autoconsumo da eletricidade produzida localmente aumenta a flexibilidade energética, reduz a dependência da rede em horários de pico e maximiza a integração de fontes renováveis, beneficiando simultaneamente a rede elétrica e os utilizadores [46].

Atualmente, no edifício, não existe qualquer tipo de mecanismo para otimizar o autoconsumo da eletricidade produzida localmente. A eletricidade produzida é consumida pelo edifício, logo que estiver disponível. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

- Controlo de centrais de produção combinada de calor e eletricidade (cogeração) (**E5**);

Não existe sistema de cogeração no edifício pelo que, a este serviço é atribuída a classificação de **N.A.** (não aplicável).

- Suporte de modos de funcionamento em (micro)rede (**E8**);

Uma micro-rede é uma rede de pequena escala, que pode operar de forma autónoma ou interligada à rede elétrica. A situação de funcionamento do edifício de forma independente da rede pode ser interessante em situações de apagão. Edifícios de diferentes dimensões podem contribuir tanto para a rede elétrica, quanto para uma micro-rede, quer através da produção de energia a partir de fontes renováveis, quer pelo armazenamento e disponibilização de energia à rede, sempre que necessário [46].

O funcionamento em modo de micro-rede proporciona maior flexibilidade na gestão da oferta e da procura, permitindo alternar entre o fornecimento proveniente da rede elétrica e a produção local de energia, incluindo a proveniente de alguma Comunidade de Energia Renovável (CER) [46].

No estado atual do edifício não existe suporte para o modo de funcionamento em micro-rede, pelo que o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

- Relatórios de informação sobre o armazenamento de energia (**E11**);

Não existe nenhum tipo de armazenamento de eletricidade no INESC A, pelo que também não poderão existir quaisquer tipos de relatórios acerca do armazenamento de energia. Assim sendo, a este serviço é atribuída a classificação de **N.A.** (não aplicável).

- Relatórios de informação sobre o consumo de eletricidade (**E12**).

Este serviço aborda a capacidade de o sistema informar os utilizadores sobre o consumo elétrico [46]. No edifício em análise, não existem relatórios relativos aos consumos de eletricidade. O edifício em avaliação, quantifica o consumo energético exclusivamente através da análise das faturas energéticas, nomeadamente as referentes ao fornecimento de eletricidade e gás natural. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

Na Figura 83 fica visível a inserção realizada na plataforma de cálculo, relativa à avaliação do domínio da eletricidade.

Relatório com informações sobre a geração local de eletricidade: (E2)	2 - Valores reais e dados históricos	Percentagem: 100.0	+	?
Armazenamento de eletricidade (gerada localmente): (E3)	0 - Nenhum	Percentagem: 100.0	+	?
Otimizar o autoconsumo de eletricidade gerada localmente: (E4)	0 - Nenhum	Percentagem: 100.0	+	?
Controlo das centrais de produção combinada de calor e eletricidade (cogeração): (E5)	Não aplicável	Percentagem: 100.0	+	?
Suporte de modos de operação de micro-redes: (E8)	0 - Nenhum	Percentagem: 100.0	+	?
Relatório com informações sobre o armazenamento de energia: (E11)	Não aplicável	Percentagem: 100.0	+	?
Relatório com informações sobre o consumo de eletricidade: (E12)	0 - Nenhum	Percentagem: 100.0	+	?

Figura 83 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio da eletricidade, através da plataforma de cálculo

- **Domínio técnico do Carregamento de Veículos Elétricos:**
- Capacidade de carregamento de veículos elétricos (EV15);

O edifício dispõe de dois parques de estacionamento, localizados respetivamente na fachada Norte e na fachada Sul. Importa salientar que o parque situado na fachada Sul é partilhado entre o INESC A e o INESC B. Assim, para efeitos de avaliação, e de forma a assegurar a maior precisão possível, considerou-se a afetação de 50% da capacidade desse parque em frente à fachada Sul, ao INESC A e os restantes 50% ao INESC B.

Relativamente ao estacionamento na fachada Norte do INESC A, existem cinco lugares de estacionamento. Desses cinco lugares, existem quatro postos de carregamento e um lugar possui três tomadas simples.

Relativamente ao estacionamento na fachada Sul do edifício completo (A+B), existem 78 lugares de estacionamento na ala central do parque, e ainda 24 lugares de estacionamento encostados à parte Norte da FEUP. Deste considerável número de lugares de estacionamento, apenas existem cinco postos de carregamento duplos, permitindo o carregamento de até dez veículos 100% elétricos ou híbridos *plug-in*.

Como já foi mencionado, para o efeito desta avaliação, vão então considerar-se que, na fachada Sul do edifício completo, de um total de 102 lugares de estacionamento, 51 lugares serão afetos ao INESC A e os restantes 51 lugares serão afetos ao INESC B. Posto isto, do total de dez lugares de estacionamento com pontos de carregamento, na fachada Sul, cinco lugares serão afetos ao INESC A e os restantes cinco lugares serão afetos ao INESC B.

Neste sentido, no INESC A existe um total de 56 lugares de estacionamento, em que nove lugares têm acesso a posto de carregamento e um lugar tem acesso a três

tomadas de alimentação simples. Pode-se então admitir que no INESC A existem dez lugares de estacionamento equipados com pontos de carregamento.

Por conseguinte, conclui-se que 17.9% dos lugares de estacionamento do edifício estão equipados com pontos de carregamento. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**, uma vez que o valor se encontra entre os 10 e os 50%.

- Balanceamento da rede de carregamento de veículos elétricos (**EV16**);

Os carregamentos não são controlados, ou seja, não são utilizados sinais de controlo no carregamento dos veículos. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

- Informação sobre conectividade e tarifário de carregamento de veículos elétricos (**EV17**).

Relativamente à conectividade e tarifário de carregamento dos veículos elétricos, não há informações de carregamento fornecidas ao ocupante do edifício pelo que, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

Na Figura 84 fica visível a inserção realizada na plataforma de cálculo, relativa à avaliação do domínio do carregamento de veículos elétricos.

Capacidade de carregamento VE: (EV15)	Percentagem:
3 - 10-50% o de estacionamento tem ponto de carregamento	100.0 + ?
Balanceamento da rede de carregamento de VE: (EV16)	Percentagem:
0 - Não presente (carregamento não controlado)	100.0 + ?
Informação sobre conectividade e tarifário de carregamento de veículos elétricos: (EV17)	Percentagem:
0 - Não há informação disponível	100.0 + ?

Figura 84 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio do carregamento de veículos elétricos, através da plataforma de cálculo

- **Domínio técnico da Monitorização e Controlo:**
- Gestão do período de funcionamento (**MC3**);

A gestão do tempo de funcionamento nos sistemas de AVAC consiste no controlo e otimização, em tempo real, do seu desempenho, recorrendo a dispositivos como sensores de temperatura, termóstatos programáveis, sensores de caudal de ar, sensores de CO₂ e temporizadores. Os contadores/ monitorizadores de energia, monitorizam o consumo, permitindo ajustar a operação para maior eficiência. Estes elementos podem integrar-se num SACE, que centraliza a gestão de vários sistemas técnicos do edifício, como o AVAC e a iluminação, visando otimizar o conforto, o bem-estar e a eficiência energética [46].

No caso do edifício em avaliação, existe uma configuração do tempo de funcionamento das instalações de AVAC, de acordo com um calendário predefinido.

Assim, existem configurações diferentes, com base em diferentes dias da semana, ou na hora do dia. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 1**.

- Detetar avarias nos sistemas técnicos do edifício e apoio ao diagnóstico dessas avarias (**MC4**);

A integração de tecnologias de deteção e diagnóstico de falhas, suportadas por sensores e contadores, permite monitorizar variáveis operacionais (temperatura, pressão, consumo energético, entre outras) de forma contínua. Os dados recolhidos, armazenados, local ou remotamente, podem ser analisados através de limiares predefinidos ou algoritmos estatísticos, possibilitando uma avaliação holística do desempenho dos sistemas existentes [46].

As falhas nos SACE comprometem a qualidade ambiental interior e aumentam os custos operacionais. O serviço em causa consiste na deteção precoce dessas falhas e na disponibilização de informação de diagnóstico precisa, para suportar a resolução eficiente dos problemas [46].

Ao que se conseguiu apurar nos levantamentos ao edifício, dos sistemas técnicos existentes, apenas existe comunicação centralizada para as avarias e para os alarmes detetados, no sistema de AVAC, no sistema de iluminação, no sistema de segurança, nomeadamente a videovigilância e no sistema de redes (telecomunicações). Posto isto, admite-se que são monitorizados pelo menos dois sistemas técnicos relevantes, dos quais podem ser detetadas avarias e disparados alarmes. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 1**.

- Deteção de ocupação: serviços conectados (**MC9**);

A deteção de ocupação recorre a sensores específicos, que identificam presença através da deteção de movimento, calor corporal ou reflexão das ondas emitidas. Integrados com dados do edifício, estes sensores permitem prever e otimizar o consumo energético e o conforto ambiental [46].

No caso do edifício em estudo, existem sensores de presença e de movimento espalhados ao longo do mesmo, principalmente em corredores, WC's, átrios e escadas. Esta deteção de ocupação é dedicada a uma função em específico, que é a iluminação. Para além deste tipo de deteção, existe ainda o sistema de videovigilância, que é constituído por diversas câmaras ao longo do edifício e uma central. As câmaras existentes estão localizadas em locais estratégicos, para fazer controlo de intrusão, sem qualquer tipo de identificação pessoal, não estando interligadas, de nenhuma forma, com os sistemas de iluminação ou de AVAC.

Após os levantamentos necessários, verificou-se que em 70.9% da área útil interior do edifício, não existe qualquer tipo de deteção de ocupação, pelo que se avalia essa mesma área com o **Nível 0**. Por outro lado, cerca de 29% da área útil interior do edifício possui deteção de ocupação, para reação do sistema de iluminação. Desta forma, avalia-se essa área com o **Nível 1**.

- Relatórios centralizados de desempenho e consumo de energia dos sistemas técnicos (**MC13**);

Este serviço aborda a capacidade de um sistema centralizado monitorizar e fornecer relatórios sobre o funcionamento e desempenho de sistemas individuais, incluindo o consumo energético associado aos próprios [46].

No edifício em análise, não existem relatórios relativos aos consumos de eletricidade dos sistemas existentes. O edifício em avaliação, quantifica o consumo energético exclusivamente através da análise das faturas energéticas, nomeadamente as

referentes ao fornecimento de eletricidade e gás natural. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

- Integração com a Rede Inteligente (*Smart Grid*) (**MC25**);

Não existe harmonização entre a rede e os sistemas técnicos, ou seja, o edifício funciona independentemente da carga da rede. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

- Relatórios de informação sobre o desempenho e a operação da DSM (*Demand-Side Management*, ou em português, gestão do lado da procura) (**MC28**);

Não existem relatórios com informações relativas ao desempenho e à operação da gestão do lado da procura, uma vez que ainda não existe este tipo de gestão. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

- Cancelamento/suspensão do sistema de controlo baseado na gestão do lado da procura (**MC29**);

Não existe controlo da gestão do lado da procura, pelo que o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

- Plataforma única que permite o controlo automatizado e a coordenação entre sistemas técnicos + otimização do fluxo de energia com base nos sinais de ocupação, meteorologia e da rede (**MC30**).

Não existe uma plataforma única para coordenar todos os sistemas técnicos. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

Na Figura 85 fica visível a inserção realizada na plataforma de cálculo, relativa à avaliação do domínio da monitorização e controlo.

Gestão do período de funcionamento: (MC3)	1 - Estabelecido individualmente seguindo um horário de funcionamento pré-estabelecido incluindo os períodos pré-ocupação	Percentagem: 100.0	+	?
Deteção de avarias de sistemas técnicos do edifício e apoio ao diagnóstico dessas avarias: (MC4)	1 - Com indicação central de avarias detetadas e alarmes para pelo menos 2 sistemas técnicos relevantes no edifício	Percentagem: 100.0	+	?
Deteção de ocupação: serviços conectados: (MC5)	0 - Nenhum	Percentagem: 70.984	+	?
	1 - Deteção de ocupação para funções individuais, por exemplo, iluminação	Percentagem: 29.016000000000005	+	?
Relatórios centrais de desempenho dos sistemas técnicos do edifício: (MC13)	0 - Nenhum	Percentagem: 100.0	+	?
Integração Smart Grid: (MC25)	0 - Sem harmonização entre os sistemas energéticos da rede e o edifício; o edifício é operado independentemente da carga da rede	Percentagem: 100.0	+	?
Relatório com informações sobre o desempenho e a operação da gestão do lado da procura: (MC28)	0 - Nenhum	Percentagem: 100.0	+	?
Cancelamento/suspensão do sistema de controlo baseado na gestão do lado da procura: (MC29)	0 - Sem gestão do lado da procura	Percentagem: 100.0	+	?
Plataforma única que permite o controlo e coordenação automatizados entre sistemas técnicos + otimização do fluxo de energia com base em sinais de ocupação, meteorologia e da rede: (MC30)	0 - Nenhum	Percentagem: 100.0	+	?

Figura 85 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio da monitorização e controlo, através da plataforma de cálculo

Depois de avaliados todos os domínios técnicos, seguem-se os resultados globais desta avaliação, que são apresentados na Figura 86, que se segue. Na Figura 87 são reveladas as pontuações detalhadas, pelos diferentes critérios de impacto (Pontuações de Impacto), e pelos diferentes domínios técnicos (Pontuações dos Domínios). Já na Figura 88 é apresentado um gráfico de impacto, que revela de forma ilustrativa, as pontuações de impacto apresentadas na Figura 87, desde o critério de impacto da Eficiência Energética, até ao critério de impacto da Informação aos Ocupantes, estando a legenda de cores apresentada do lado direito da figura.

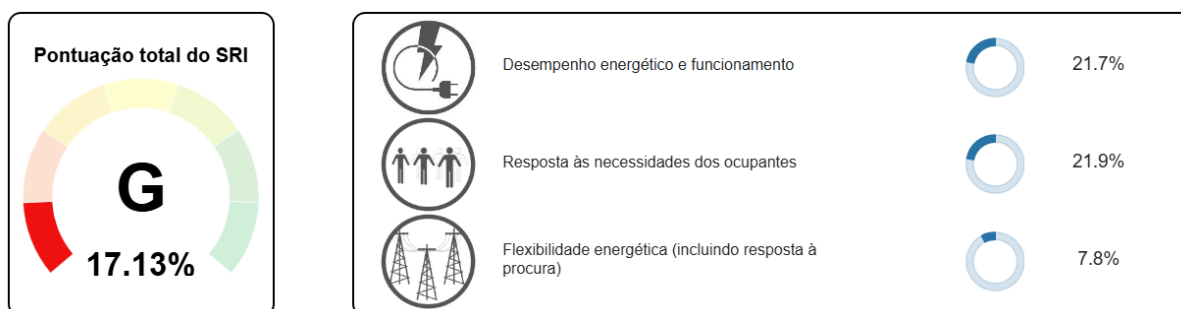


Figura 86 – Resultados globais da avaliação – Pontuação total do SRI e Pontuações desagregadas pelas 3 funcionalidades principais

Analisando a Figura 86, verifica-se que o INESC A alcançou uma pontuação total de 17.1%, o que inclui o edifício na Classe G. Esta pontuação final é bastante baixa, revelando que existe um nível de “inteligência” muito reduzido no edifício. Este valor indica que o edifício possui uma fraca integração de soluções digitais e de automação, tanto ao nível energético, como de gestão dos ocupantes.

No que diz respeito à funcionalidade principal de “Desempenho energético e funcionamento”, obteve-se um resultado de 21.7%, o que é um valor relativamente baixo. Isto significa que os sistemas existentes têm pouca capacidade de otimização automática do consumo energético e que, existe uma implementação pobre ao nível da monitorização, do controlo inteligente da climatização, da iluminação, e outros sistemas técnicos.

Analisando agora a funcionalidade principal de “Resposta às necessidades dos ocupantes”, obteve-se um resultado de 21.9%, o que também é um resultado baixo. Este resultado revela que o edifício oferece poucas soluções de conforto, saúde e bem-estar, baseadas em tecnologia inteligente. Permite ainda concluir que existe uma baixa adaptabilidade às preferências dos utilizadores, pouca monitorização da qualidade do ar interior, falta de iluminação adaptativa e de ferramentas de interação entre os utilizadores e o sistema.

No que diz respeito à funcionalidade principal de “Flexibilidade energética (incluído resposta à procura)”, obteve-se um resultado de 7.8%, o que é um valor extremamente baixo. Este resultado demonstra uma quase inexistente capacidade de integração com a rede elétrica e a falta de capacidade de resposta à procura.

		7 IMPACTOS							
		Eficiência energética	Flexibilidade energética	Conforto	Facilidade de utilização	Saúde	Manutenção	Informação aos ocupantes	SRI
	Ponderações de impacto	38%	8%	34%	20%	24%	6%	9%	17.13%
9 DOMÍNIOS	Aquecimento	47%	9%	50%	38%	67%	0%	0%	24%
	AQS	0%	0%	-	0%	-	0%	0%	0%
	Arrefecimento	47%	12%	38%	38%	67%	0%	0%	24%
	Ventilação	27%	-	29%	33%	12%	0%	0%	16%
	Iluminação	27%	-	32%	32%	0%	-	-	23%
	Envolvente do Edifício Dinâmica	0%	-	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Electricidade	25%	0%	-	0%	-	25%	33%	13%
	Carregamento Veículos Elétricos	-	-50%	-	50%	-	-	0%	-25%
	Monitorização e Controlo	16%	10%	43%	13%	25%	12%	11%	16%

Figura 87 – Pontuações detalhadas, pelos diferentes critérios de impacto, e pelos diferentes domínios técnicos

Segue uma análise sucinta às pontuações detalhadas do SRI, apresentadas na Figura 87, organizada pelos critérios de impacto e pelos domínios técnicos.

Começando então pelos critérios de impacto:

- **Eficiência energética (38%):** Desempenho baixo-médio, com contribuições relevantes pelo aquecimento (47%), arrefecimento (47%), ventilação (27%) e iluminação (27%). Os restantes domínios tiveram um baixo impacto.

Torna-se importante explicar que o aparecimento de “-” no domínio do Carregamento dos Veículos Elétricos, significa que este domínio não contribui, por definição metodológica para este critério de impacto. Ou seja, no caso do Carregamento de Veículos Elétricos, os serviços avaliados têm impacto apenas na “Flexibilidade energética”, na “Facilidade de utilização” e na “Informação aos ocupantes”.

Deste modo, a avaliação feita nesse domínio não gera qualquer peso na “Eficiência energética”, por isso aparece “-”, em vez de 0%. Pode-se então afirmar que, em qualquer domínio que apareça “-” num, ou em vários, critérios de impacto, isso não significa ausência de desempenho, mas sim inexistência de relação entre esse domínio técnico e esse(s) critério(s) de impacto.

- **Flexibilidade energética (8%):** Desempenho muito fraco, com algum contributo pelo arrefecimento (12%), pela monitorização e controlo (10%) e pelo aquecimento (9%). Torna-se especialmente importante explicar a nota negativa no carregamento de veículos elétricos (-50%).

Ora, isto significa que, foram avaliados os serviços nesse domínio técnico, e que se constatou que as soluções existentes não apenas não contribuem, como prejudicam o potencial de flexibilidade energética. Isto acontece porque o sistema atual de carregamento funciona de forma não controlada: os veículos carregam de forma direta, sem gestão de horários, sem resposta à procura, nem interação com a rede.

Na metodologia do SRI, quando existe este tipo de situação, a pontuação é negativa, refletindo que o edifício aumenta a rigidez da procura de energia e sobrecarrega a rede, em vez de ajudar a equilibrar. Assim sendo, o “-50%” traduz uma penalização, dado que o carregamento dos veículos elétricos foi identificado como um fator redutor da flexibilidade energética global do edifício, em vez de ser um potencializador.

- **Conforto (34%)**: Desempenho baixo, com valores interessantes no aquecimento (50%) e na monitorização e controlo (43%). Contudo, globalmente limitado;
- **Facilidade de utilização (20%)**: Desempenho baixo, com maior peso no carregamento de veículos elétricos (50%). Algum peso no aquecimento (38%), arrefecimento (38%), ventilação (33%) e iluminação (32%);
- **Saúde (24%)**: Desempenho baixo, com destaque no aquecimento (67%) e arrefecimento (67%), sinal de algum contributo para a qualidade do ambiente.
- **Manutenção (6%)**: Desempenho muito baixo, com contributo apenas da eletricidade (25%) e da monitorização e controlo (12%);
- **Informação aos ocupantes (9%)**: Desempenho muito baixo, com contributo apenas da eletricidade (33%) e da monitorização e controlo (11%).

As pontuações detalhadas pelos critérios de impacto, podem ser analisadas, de uma forma mais visual, através da Figura 88.

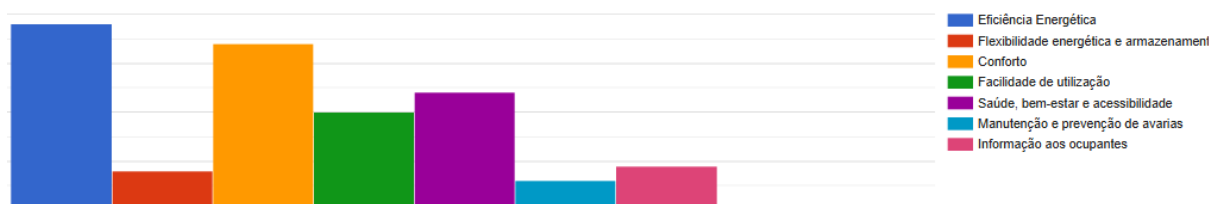


Figura 88 – Gráfico de Impacto

Como já se explicou no Capítulo 3, os sete critérios de impacto são agregados em três funcionalidades principais, como se pode confirmar pela Figura 9. Ora, somando as pontuações dos critérios de impacto que compõe cada uma das três funcionalidades principais, podem-se comprovar as pontuações da Figura 86, somente para efeitos de demonstração:

- Pontuação da funcionalidade “Desempenho energético e funcionamento” =

$$= \frac{1}{2} \times \text{Pontuação do critério “Eficiência Energética”} \quad (5.1)$$
$$+ \frac{1}{2} \times \text{Pontuação do critério “Manutenção e previsão de avarias”}$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.38 + \frac{1}{2} \times 0.06 = 22\% \quad (5.2)$$

Deve-se ter em atenção que, a demonstração dos resultados realizada pela plataforma de cálculo sofreu ligeiras aproximações. Por esse motivo é que os valores calculados analiticamente não dão exatamente os mesmos que na plataforma.

- Pontuação da funcionalidade “Resposta às necessidades dos ocupantes” =

$$= \frac{1}{4} \times \text{Pontuação do critério “Conforto”} \quad (5.3)$$
$$+ \frac{1}{4} \times \text{Pontuação do critério “Facilidade de utilização”}$$
$$+ \frac{1}{4} \times \text{Pontuação do critério “Saúde, bem – estar e acessibilidade”}$$
$$+ \frac{1}{4} \times \text{Pontuação do critério “Informação aos ocupantes”}$$

$$= \frac{1}{4} \times 0.34 + \frac{1}{4} \times 0.20 + \frac{1}{4} \times 0.24 + \frac{1}{4} \times 0.09 = 21.75\% \quad (5.4)$$

- Pontuação da funcionalidade “Flexibilidade energética (incluindo a resposta à procura” =

$$= 1 \times \text{Pontuação do critério “Flexibilidade energética e armazen. de energia”} \quad (5.5)$$

$$= 1 \times 0.08 = 8\% \quad (5.6)$$

- Pontuação total do SRI =

$$= \frac{1}{3} \times \text{Pontuação de “Desempenho energético e funcionamento”} \quad (5.7)$$
$$+ \frac{1}{3} \times \text{Pontuação de “Resposta às necessidades dos ocupantes”}$$
$$+ \frac{1}{3} \times \text{Pontuação de “Flexibilidade energética”}$$

$$= \frac{1}{3} \times 0.22 + \frac{1}{3} \times 0.2175 + \frac{1}{3} \times 0.08 = 17.25\% \approx 17.3\% \quad (5.8)$$

Analisando agora a avaliação dos domínios técnicos:

- **Aquecimento (24%):** Melhor desempenho geral, equivalente ao arrefecimento, contribuindo em quase todos os critérios de impacto;
- **AQS (0%):** Sem contributos;
- **Arrefecimento (24%):** Melhor desempenho geral, equivalente ao aquecimento, contribuindo em quase todos os critérios de impacto;
- **Ventilação (16%):** Médio, mas com contribuições dispersas;
- **Iluminação (23%):** Importância equilibrada entre eficiência, conforto e facilidade de utilização;
- **Envolvente dinâmica do edifício (0%):** Sem contributos.
- **Eletricidade (13%):** Fraco, tendo apenas algum impacto ao nível da eficiência energética, manutenção e informação aos ocupantes.
- **Carregamento de veículos elétricos (-25%):** Pior resultado, revelando inadequação nas soluções instaladas.
- **Monitorização e controlo (16%):** Domínio mais transversal, com bom desempenho no conforto.

Resumindo, a pontuação final obtida do SRI, para o INESC A, é uma pontuação bastante baixa, que sugere que o edifício carece de funcionalidades inteligentes, o que pode traduzir-se em menor eficiência energética, flexibilidade reduzida e menos vantagens para os utilizadores e para o ambiente.

5.1.2 Determinação de medidas de melhoria e nova avaliação do edifício, considerando essas mesmas medidas

As ações de melhoria propostas referem-se aos serviços que se seguem, devidamente organizadas pelos domínios técnicos. Em cada serviço é especificada a ação de melhoria que se pretende realizar. Todos os restantes serviços mantêm a sua avaliação, conforme a avaliação do estado atual do edifício, uma vez que não sofreram qualquer impacto pelas medidas de melhoria propostas.

Foi utilizada a Tabela 13 como auxiliar ao processo de avaliação que se segue, estando esta presente no ANEXO III.

- **Domínio técnico do Aquecimento:**
 - Controlo da dissipação de calor (**H1a**) – Todos os dissipadores de calor incluídos, exceto TABS;

Pretende-se aprimorar o controlo da dissipação de calor, permitindo que exista controlo individual do espaço com comunicação entre os controladores e o SACE, e deteção de ocupação. As funções de comunicação devem possibilitar a partilha de pontos de referência, de procura e de outras informações importantes, relativas ao seu estado. Permitem ainda obter informações acerca da procura de energia, de forma a se utilizar à *posteriori*, para controlar a distribuição e a produção de calor, mantendo no mínimo o tempo de funcionamento, e selecionando as configurações de funcionamento ideais. Pretende-se ainda ter a função do controlo de deteção de ocupação, tornando o serviço ainda mais inteligente. Espera-se atingir estas funcionalidades, com a instalação de multisensores pelo edifício, de forma a ser possível fazer medições de:

- Temperatura;
- CO₂;
- Compostos Orgânicos Voláteis (COV);
- Humidade relativa;
- Luminosidade;
- Presença/ Movimento.

Para tal melhorias serem reais, é ainda necessário que se aprimore o SACE existente, permitindo a comunicação entre os diversos controladores e o mesmo. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 4**.

Tenha-se presente que, a instalação destes multisensores, como se percebe de forma direta, irá melhorar as avaliações de mais serviços, em diferentes domínios técnicos. O peso da melhoria nesses serviços será ponderado mais à frente, nesta segunda avaliação.

- Controlo da temperatura de água quente da rede de distribuição (ida ou retorno) (**H1c**) – Catálogo B;

Pretende-se integrar um controlo baseado na procura, em que a temperatura média da água de distribuição dependa da carga de aquecimento das zonas, ou seja, de medições da temperatura interior, realizadas pelos multisensores. Desta forma, a temperatura média da água de distribuição será reduzida com base em medições da temperatura interior. Assim sendo, com o *feedback* da temperatura interior, o nível de funcionalidade atribuído ser o **Nível 2**.

- Controlo das bombas de distribuição na rede de aquecimento (**H1d**);

Pretende-se efetuar a mudança das atuais bombas de distribuição na rede de aquecimento, por bombas com VFD.

Com esta atualização, será possível ter um ajuste automático do caudal conforme as necessidades térmicas do edifício, ter-se-á certamente uma redução do consumo energético, otimizando a eficiência do sistema, sendo minimizado o desgaste mecânico das bombas, permitindo que tenham uma vida útil expectável mais prolongada.

Posto isto, ter-se-á um controlo das bombas de velocidade variável, tendo presente que estas serão automaticamente ligadas ou desligadas. Quando são ligadas, podem funcionar a velocidades diferentes com base em diferenças de pressão constantes ou variáveis. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

- Controlo do funcionamento do TES (*Thermal Energy Storage*, ou em português, Armazenamento de Energia Térmica) (**H1f**) – Os Sistemas Termoativos (TABS) não são considerados TES;

Espera-se que o carregamento do depósito de inércia esteja sempre ativado, mas que a carga disponível seja reduzida quando não é necessária, com base na previsão das necessidades de aquecimento (previsão de carga). Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- Controlo do gerador de calor (combustão e redes urbanas de calor) (**H2a**) – Apenas para geradores de combustão e de aquecimento em redes urbanas;

Pretende-se que a caldeira passe a ter um controlo de temperatura variável, dependente da carga. Desta forma, a temperatura da caldeira será modificada com base na carga térmica do sistema, dependendo da configuração para o valor da temperatura da água de fornecimento. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- Sequência de funcionamento dos geradores de calor (**H2d**);

Pretende-se efetuar melhorias no sequenciamento dos geradores de calor, ou seja, na priorização da utilização da bomba de calor e da caldeira. Assim sendo, espera-se que, os geradores de calor tenham um controlo de acordo com uma lista de prioridades dinâmica, baseada em previsões. Deste modo, a cada gerador é-lhe atribuída uma prioridade dinâmica, baseada na carga, tendo em consideração as eficiências instantâneas dos geradores. Esta lista dinâmica de prioridades pode ter em consideração a carga atual e a carga prevista, a eficiência energética, as emissões de carbono e a capacidade dos geradores de calor.

Para que esta melhoria seja viável, é necessária a comunicação entre os dois equipamentos, um algoritmo de gestão dinâmica e ter-se-á de reprogramar, ou substituir, o controlador existente. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

- Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema de aquecimento (**H3**);

Esperam-se obter relatórios centralizados, ou remotos, dos KPI's atuais, dos dados históricos, e uma avaliação de desempenho, com previsões e/ ou comparações (*benchmarking*).

Alguns KPI's relevantes para o sistema atual seriam, por exemplo:

Parâmetros de Eficiência Energética

- COP médio da bomba de calor;
- Eficiência térmica da caldeira [%];
- Rendimento global do sistema de aquecimento [%].

Indicadores de Consumo energético

- Consumo energético da bomba de calor (total e por período horário) [kWh];
- Consumo de gás natural da caldeira (total e por período horário) [m³];
- Energia térmica total fornecida por cada equipamento, e pelo sistema [kWh].

Indicadores de Custos Operacionais

- Custo energético por kWh térmico produzido [€/ kWh];
- Poupança comparativa (face a um cenário de funcionamento apenas com uma das fontes) [€ ou %].

Parâmetros de Operação e Utilização

- Tempo de funcionamento por equipamento [h/dia, h/mês];
- Número de arranques, por equipamento, por período;
- Disponibilidade operacional de cada equipamento [%].

Indicadores de Conforto Térmico

- Temperatura média do circuito de aquecimento [°C];
- Tempo de resposta para atingir temperatura de conforto [min.];
- Desvios de temperatura face ao *setpoint* [°C].

Indicadores de Desempenho Ambiental

- Emissões de CO₂ associadas [kg CO₂e];
- Percentagem de energia proveniente de fontes renováveis [%].

Estes relatórios serão de extrema relevância para ser possível avaliar o desempenho do sistema de aquecimento. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

- Flexibilidade e interação com a rede (**H4**).

Pretende-se que o sistema de aquecimento passe a ter um controlo flexível através de sinais da rede. Deste modo, com alterações ao algoritmo atual, o sistema de aquecimento pode ser modificado através de sinais da rede exterior, ajustando o seu funcionamento em conformidade com os sinais que receber, como por exemplo, pelo preço da eletricidade, enquadrando-se no conceito de Gestão da Procura. Para tal ser possível, é necessário integrar um algoritmo de controlo dos sinais da rede. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

- **Domínio técnico do Arrefecimento:**
 - Controlo da dissipação de frio (**C1a**) – Todos os dissipadores de frio incluídos, exceto TABS;

Pretende-se aprimorar o controlo da dissipação de frio, permitindo que exista controlo individual do espaço com comunicação entre os controladores e o SACE, e deteção de ocupação, à semelhança do serviço H1a, do domínio do Aquecimento. As funções de comunicação devem possibilitar a partilha de pontos de referência, de procura e de outras informações importantes, relativas ao seu estado.

Permitem ainda obter informações acerca da procura de energia, de forma a se utilizar à *posteriori*, para controlar a distribuição e a produção de frio, mantendo no mínimo o tempo de funcionamento e selecionando as configurações de funcionamento ideais. Pretende-se ainda ter a função do controlo de deteção de ocupação, tornando o serviço ainda mais inteligente. Esperam-se atingir estas funcionalidades, com a instalação de multisensores pelo edifício, sendo que já foi detalhado nas medidas de melhoria do serviço H1a, do domínio do Aquecimento.

Para tal melhorias serem reais, é ainda necessário que se aprimore o SACE existente, permitindo a comunicação entre os diversos controladores e o mesmo. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 4**.

- Controlo da temperatura de água arrefecida na rede de distribuição (ida ou retorno) (**C1c**);

Pretende-se que exista um controlo baseado na procura, em que a temperatura média da água de distribuição dependa da carga de aquecimento das zonas, ou seja, de medições da temperatura interior, realizadas pelos multisensores. Desta forma, a temperatura média da água de distribuição será aumentada com base em medições

da temperatura interior. Assim sendo, com o *feedback* da temperatura interior, o nível de funcionalidade atribuído ser o **Nível 2**.

- Controlo das bombas de distribuição na rede de arrefecimento (**C1d**);

À semelhança do que foi referido na medida de melhoria, relativa ao serviço H1d, do domínio do aquecimento, pretende-se efetuar a mudança das atuais bombas de distribuição na rede de arrefecimento, por bombas com VFD.

Com esta atualização, será possível ter um ajuste automático do caudal conforme as necessidades térmicas do edifício, ter-se-á certamente uma redução do consumo energético, otimizando a eficiência do sistema, e será minimizado o desgaste mecânico das bombas, permitindo que tenham uma vida útil expectável mais prolongada.

Posto isto, ter-se-á um controlo das bombas de velocidade variável, tendo presente que estas serão automaticamente ligadas ou desligadas. Quando são ligadas, podem funcionar a velocidades diferentes, com base em diferenças de pressão constantes ou variáveis. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

- Encravamento/relação entre o controlo na distribuição e/ou nas unidades terminais de aquecimento e arrefecimento (**C1f**);

Prevêem-se melhorias no que diz respeito ao encravamento/ relação entre o controlo na distribuição e/ ou nas unidades terminais de aquecimento e de arrefecimento. O objetivo é que exista uma função de controlo que garanta que não haja a possibilidade de aquecimento e arrefecimento simultâneos. Para isso, a construção mecânica hidráulica terá de ser revista e modificada, ou ter-se-á de ponderar uma comutação total no nível de fornecimento, impedindo assim o aquecimento e arrefecimento simultâneos. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- Controlo do funcionamento do armazenamento de energia térmica (TES) (**C1g**)
– Os Sistemas Termoativos (TABS) não são considerados TES;

Espera-se que o controlo do carregamento dos dois bancos de gelo passe a ser um controlo baseado na previsão de carga. Desta forma, o carregamento dos bancos de gelo estará sempre ativado, mas a carga disponível será reduzida quando não for necessária, com base na previsão das necessidades de carga. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema de arrefecimento (**C3**);

Esperam-se obter relatórios centralizados, ou remotos, dos KPI's atuais, dos dados históricos, e uma avaliação de desempenho, com previsões e/ ou comparações (*benchmarking*).

Alguns KPI's relevantes para o sistema atual seriam, por exemplo:

Parâmetros de Eficiência Energética

- EER médio do *chiller*;
- Rendimento do sistema de acumulação de frio (bancos de gelo) [%];
- Rendimento global do sistema de arrefecimento [%].

Indicadores de Consumo energético

- Consumo energético do *chiller* (total e por período horário) [kWh];
- Consumo dos sistemas auxiliares (bombas, ventiladores, etc.) [kWh];
- Energia térmica total fornecida por cada equipamento, e pelo sistema [kWh];
- Energia armazenada e descarregada nos bancos de gelo [kWh].

Indicadores de Custos Operacionais

- Custo energético por kWh térmico produzido [€/ kWh];
- Poupança comparativa (face a um cenário de funcionamento sem acumulação térmica) [€ ou %].

Parâmetros de Operação e Utilização

- Tempo de funcionamento por equipamento [h/dia, h/mês];
- Número de arranques, por equipamento, por período;
- Disponibilidade operacional de cada equipamento [%].

Indicadores de Conforto Térmico

- Temperatura média do circuito de arrefecimento [°C];
- Tempo de resposta para atingir temperatura de conforto [min.];
- Desvios de temperatura face ao *setpoint* [°C].

Indicadores de Desempenho Ambiental

- Emissões de CO₂ associadas [kg CO₂e];
- Percentagem de energia proveniente de fontes renováveis [%].

Estes relatórios serão de extrema relevância, para ser possível avaliar o desempenho do sistema de arrefecimento. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

- Flexibilidade e interação com a rede (**C4**).

Pretende-se que o sistema de arrefecimento passe a ter um controlo flexível, através de sinais da rede. Deste modo, com alterações ao algoritmo atual, o sistema de arrefecimento pode ser modificado através de sinais da rede exterior, ajustando o seu funcionamento em conformidade com os sinais que receber, como por exemplo, pelo preço da eletricidade, enquadrando-se no conceito de DSM. Para tal ser possível, é necessário integrar um algoritmo de controlo dos sinais da rede. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

- **Domínio técnico da Água Quente Sanitária:**
- Controlo do aquecimento da água quente armazenada, com aquecimento elétrico direto ou com bomba de calor (**DHW1a**);

Pretende-se instalar um novo termoacumulador, uma vez que o existente já é datado. Espera-se ainda que exista um controlo automático para ligar/ desligar, uma ativação do carregamento programado e uma gestão do armazenamento, através de vários sensores. Desta forma, o carregamento do armazenamento de AQS é ativo em horários dedicados, bloqueando o carregamento do armazenamento nos períodos temporais complementares.

A deteção multisensor, que monitoriza vários parâmetros, como a temperatura, o fluxo de água e a pressão, permite identificar a capacidade térmica restante do elemento de amortecimento, evitando a recarga de armazenamento precoce. Ou seja, o sistema utilizará vários sensores para avaliar com precisão quanta energia térmica ainda está disponível no termoacumulador, evitando ciclos de aquecimento desnecessários.

Na escolha do novo termoacumulador deve ter-se em atenção os seguintes aspetos:

- No caso deste edifício, o termoacumulador é utilizado somente no horário do almoço e dos lanches, sendo essa AQS usada para lavar loiça e lavar as mãos;
- O número de utilizadores do espaço do antigo bar e da copa, é variável de dia para dia, até porque são espaços que são frequentados normalmente por pessoas que trazem a comida de casa e pretendem aquecer e fazer a refeição nesse local. No entanto, muitos colaboradores trabalham num regime híbrido, pelo que a aproximação que se determinou como sendo uma boa estimativa é de trinta pessoas no horário de almoço e quinze pessoas no horário do lanche da tarde;
- Escolha de um modelo compatível com sistemas solares térmicos, uma vez que está prevista a instalação deste tipo de sistema, como se poderá verificar no serviço DHW1d, que se segue.

Considerando que se escolhe um termoacumulador com um isolamento térmico eficiente e uma boa capacidade de recuperação térmica, ou seja, um reaquecimento rápido, e que não são necessários grandes volumes de água contínuos. Posto isto, seria indicado optar por um equipamento, que possua uma capacidade razoável, de forma a deixar margem de garantia para que a água quente nesses períodos diários seja suficiente.

Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- Controlo de aquecimento da água armazenada, com coletor solar e geração de calor suplementar (**DHW1d**);

Pretende-se fazer a instalação de um sistema solar térmico para o edifício completo (INESC A + INESC B), que levará a uma redução do consumo energético, sendo espectável recuperar o investimento inicial a médio/ longo prazo, com a redução das faturas de eletricidade, assim como reduzir a pegada de carbono, aproveitando uma fonte de energia renovável exógena para aquecer a água.

Por conseguinte, espera-se que exista um controlo automático da carga de armazenamento solar (reservatório solar), como prioridade principal, e da carga de armazenamento suplementar (reservatório de apoio - termoacumulador), com prioridade secundária. Ambiciona-se que o controlo da temperatura fornecida, seja baseado nas necessidades, ou na gestão do armazenamento com multisensores. Assim, quando a energia solar não é suficiente para fazer face às necessidades, o termoacumulador entra em funcionamento e liga a resistência elétrica.

Em conformidade, a carga do armazenamento de AQS está sempre ativada, dando prioridade à carga do armazenamento solar, em relação à carga do armazenamento suplementar de AQS. A deteção através de multisensor(es), indica a capacidade térmica restante no elemento de amortecimento, evitando a recarga precoce, tal como foi referido no serviço DHW1a, deste mesmo domínio técnico. Em substituição, é

fornecida informação ao termoacumulador acerca da temperatura da água fornecida. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- Sequenciação no caso de diferentes geradores de AQS (**DHW2b**);

Com a instalação de um sistema solar térmico, integrado com o apoio elétrico do termoacumulador, passam a existir dois geradores de calor, sendo eles o coletor solar e a resistência no termoacumulador. Posto isto, passa então a existir capacidade de sequenciação avaliável.

Pretende-se que haja um controlo de acordo com uma prioridade fixa, sendo que a cada gerador é atribuída uma prioridade fixa arbitrária, como já se referiu no serviço DHW1d, imediatamente acima no documento. Pode-se então afirmar que, as prioridades são baseadas numa lista de prioridades fixa. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 1**.

- Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema de água quente para uso doméstico (**DHW3**).

Esperam-se obter relatórios centralizados, ou remotos, dos KPI's atuais, dos dados históricos, que façam uma avaliação do desempenho do sistema, incluindo previsões e/ ou avaliação comparativa (*benchmarking*).

Alguns KPI's relevantes para o sistema atual seriam, por exemplo:

Contribuição Solar

- Percentagem de energia térmica fornecida pelo sistema solar térmico [%];
- Energia solar útil captada [kWh/mês];
- Razão solar de cobertura – percentagem de energia total necessária para o aquecimento da água que é fornecida pelo sistema solar térmico [%].

Energia de Apoio

- Energia consumida pelo termoacumulador [kWh/mês];
- Tempo de funcionamento do termoacumulador [h/mês].

Eficiência Global do Sistema

- Eficiência de conversão solar [kWh captados úteis / kWh incidentes];
- Eficiência do termoacumulador (perdas térmicas, isolamento, capacidade de retenção de calor) [%].

Volume de AQS Utilizado

- Consumo médio diário [litros/dia, nos dias úteis];
- Volume por ciclo de uso [litros/ almoço e litros/ lanche].

Perfil de Utilização

- Janelas de operação: horários programados de extração de AQS (ex. 12:00 – 14:00 (período de almoço), 16:00 – 16:30 (período de lanche);
- Frequência de uso [dias/semana].

Temperatura da Água

- Temperatura média na saída do acumulador e no ponto de consumo [°C];

- Temperatura mínima garantida nos períodos de uso [°C].

Tempo de Recuperação do Acumulador

- Tempo necessário para recuperar a temperatura de serviço, após uma utilização intensiva [min.].

Perdas Térmicas

- Perdas diárias do termoacumulador em *standby* [kWh/dia];
- Eficiência do isolamento das tubagens [%].

Custos Operacionais

- Consumo energético do termoacumulador [€/mês];
- Custo total de operação e manutenção do sistema [€/ano].

Indicadores Ambientais

- Redução de emissões de CO₂, devido ao uso de energia solar [kg CO₂/mês];
- Percentagem de energia renovável no sistema [%].

Estes relatórios serão de extrema relevância para ser possível avaliar o desempenho do sistema de AQS. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

- **Domínio técnico da Ventilação:**

- Controlo do caudal de ar fornecido ao nível do espaço (**V1a**);

Como já foi anteriormente referido, nas medidas de melhoria dos serviços H1a e C1a, estimam-se futuras instalações de multisensores pelo edifício, de forma a ser possível efetuar algumas medições.

Para tal melhorias serem reais, é ainda necessário que se aprimore o SACE existente, permitindo a comunicação entre os diversos controladores e o mesmo.

O sistema de ventilação passará a ser apoiado pelos multisensores, para manter os níveis de qualidade do ar, passando a existir Ventilação Controlada pela Procura, ou em inglês, *Demand Controlled Ventilation* (DCV).

O caudal de ar de ventilação será controlado ao nível da zona, e ajustado automaticamente, conforme a necessidade real. Assim sendo, admite-se que o sistema de ventilação funcionará através de um controlo local, com base nas necessidades medidas nos multisensores relativas à qualidade do ar interior, com caudal local de/ para a zona, regulado por elementos de amortecimento.

O sistema funciona de acordo com as necessidades de cada área, podendo adotar uma velocidade variável proporcional às necessidades de cada espaço. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 4**.

- Controlo do caudal de ar ou pressão ao nível da unidade de tratamento do ar (**V1c**);

Pretende-se fazer a substituição das seis UTAN's existentes por outras novas, que possuam as seguintes características:

- Ventilador com VFD;
- Com reinicialização da pressão;

- Com controlo da recuperação de calor – prevenção de sobreaquecimento;
- Com a capacidade de *Free-cooling*.

Com essa mudança, enuncia-se que o controlo do caudal de ar nas UTAN's seja automático e que exista reinicialização da pressão. O fornecimento do caudal de ar é dependente da carga, para as necessidades de todos os espaços ligados.

Ou seja, trata-se de um sistema de volume de ar variável (VAV), em que o caudal fornecido é modulado eletronicamente, através do VFD do ventilador, para corresponder às reais necessidades dos espaços. O ventilador é desligado quando é detetado que a qualidade do ar está dentro dos níveis padrão, que podem ser estáticos ou dinâmicos. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 4**.

- Controlo da recuperação de calor: prevenção do sobreaquecimento (**V2c**);

Como foi referido na medida de melhoria do serviço imediatamente anterior (V1c), é expectável que se faça a aquisição de novas UTAN's. Uma das características que se assinalou imprescindível nas novas unidades, foi a capacidade de controlo da recuperação de calor, com prevenção de sobreaquecimento.

O controlo da recuperação de calor numa UTAN, refere-se à capacidade de gerir o sistema de recuperação de calor, ou seja, controlar a quantidade de calor transferido do ar de exaustão para o ar novo. Pode incluir *bypass* da recuperação de calor, modulação de permutadores, etc. [73], [74].

A prevenção de sobreaquecimento numa UTAN, refere-se à capacidade de evitar que o ar insuflado (ou os espaços climatizados) atinjam temperaturas excessivas. Isto pode ser conseguido através de vários métodos, tais como, através do controlo da ventilação, do controlo das baterias de aquecimento/ de arrefecimento ou através de um *bypass* do permutador de calor [73], [74].

O controlo de sobreaquecimento será aplicado com base nas leituras realizadas pelos multisensores instalados nos vários espaços, sendo que, pode parar, modular ou sobrepor a recuperação de calor. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- Controlo da temperatura do ar na unidade de tratamento do ar (**V2d**);

Pretende-se melhorar o controlo da temperatura do ar, nas seis UTAN's, com um ponto de ajuste (*setpoint*) variável, com compensação dependente da carga. Posto isto, um circuito de controlo permitirá controlar a temperatura do ar fornecido, sendo o ponto de ajuste determinado em função da carga nos diferentes espaços.

Espera-se conseguir atingir este objetivo com um sistema de controlo integrado, que permita recolher as temperaturas (através dos multisensores que serão instalados) ou as posições dos atuadores nos diferentes espaços. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

- *Free-cooling* mecânico (**V3**);

Como foi referido na medida de melhoria do serviço V1c, é expectável que se faça a aquisição de novas UTAN's. Uma das características que se assinalou imprescindível nas novas unidades, foi a capacidade de *Free-cooling*, passando agora este serviço a ser avaliável.

O *Free-cooling* é uma estratégia de arrefecimento que utiliza o ar exterior como fonte de frio, para arrefecer os ambientes interiores. Deste modo, é reduzido o

arrefecimento ativo, aproveitando condições exteriores favoráveis, o que se repercute numa redução significativa do consumo energético associado ao arrefecimento, sem comprometer a qualidade do ar interior e preservando a vida útil dos equipamentos de arrefecimento (ex. *chiller*) [75], [76].

No sistema previsto pode ser realizada ventilação mecânica com recuperação de calor. Os sistemas VMC (Ventilação Mecânica Controlada) com recuperação de calor, podem ser configurados para operar em modo de *free-cooling*. Isto é, durante os períodos noturnos ou estações intermédias, o ar fresco do exterior é introduzido no interior do edifício, sem que se recorra à refrigeração ativa [75], [76].

Espera-se assim que o controlo do *Free-cooling* seja realizado com base na entalpia. Assim, a quantidade de ar exterior (ar novo) e de recirculação (ar recirculado) é modulada durante todos os períodos de funcionamento, de forma a minimizar a quantidade de arrefecimento mecânico. O cálculo é realizado com base nas temperaturas e humidade (entalpia). Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

- Relatórios de informação sobre a QAI (**V6**).

Esperam-se obter relatórios centralizados, ou remotos, que permitam monitorizar em tempo real o sistema, assim como verificar os dados atuais e históricos da QAI, disponível para os ocupantes.

Desta forma, através das leituras dos multisensores, a qualidade do ar do edifício é reportada sob a forma de indicadores instantâneos, seja de forma centralizada, através de um painel físico exibido num subsistema, ou de forma remota, numa aplicação móvel, ligada via Wi-Fi ao sistema de ventilação. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- **Domínio técnico da Iluminação:**
- Controlo de ocupação para iluminação interior (**L1a**);

No contexto deste serviço, o controlo do consumo de energia elétrica do sistema de iluminação é avaliado com o intuito de impedir que as luminárias sejam ligadas, em situações em que as divisões não estejam ocupadas.

A par da instalação dos multisensores no edifício, já mencionada nas medidas de melhoria de alguns serviços, dos domínios técnicos reavaliados anteriormente, prevê-se a integração do protocolo DALI-2 (*Digital Addressable Lighting Interface*) para o controlo de iluminação [77].

DALI-2 é a evolução do protocolo DALI, sendo utilizado para efetuar comunicação digital bidirecional entre dispositivos de controlo de iluminação. O protocolo DALI é especificado no padrão internacional multipartes IEC 62386, bem como em especificações escritas pela DALI Alliance, *também conhecida como DiiA (Digital Illumination Interface Alliance)*. É caracterizado por ser mais robusto que o DALI original, mais flexível e mais focado na interoperabilidade de produtos de diferentes fornecedores [77].

Note-se que a instalação dos multisensores irá incidir na maior parte dos espaços do edifício, principalmente nos gabinetes de trabalho, salas de reuniões, laboratórios e *Open Spaces*.

Para tal integração, torna-se necessário que:

- Se troquem as luminárias atuais, por luminárias com controlador/ driver compatível com DALI-2, mantendo as dimensões das existentes atualmente no edifício;
- Os multisensores selecionados sejam compatíveis com DALI-2;
- Se substituam os interruptores convencionais por dispositivos compatíveis com DALI-2, como painéis de botões (normais, ou de pressão) ou painéis táteis;
- Se instale um *Automation Server* na cobertura do edifício.

O *Automation Server* será o cérebro do SACE. Este equipamento será o responsável por coordenar e controlar os dispositivos conectados, neste caso com o sistema de iluminação, como os multisensores e as luminárias DALI-2. Desta forma, será garantido um funcionamento eficiente e integrado da iluminação e de outros sistemas técnicos do edifício. Ao *Automation Server*, espera-se conseguir monitorizar, controlar e otimizar os vários sistemas técnicos do edifício, como [78]:

- Sistemas de Climatização (AVAC);
- Sistemas de Iluminação;
- Sistemas de Energia (produção, armazenamento e consumo);
- Sistemas de Segurança (Videovigilância e controlo de acessos);
- Sistemas de Elevação (Elevadores);
- Sistemas de Infraestruturas de Carregamento para Veículos Elétricos;
- Sistemas de Detecção e Alarme;
- Sistemas de Telecomunicações;
- Sistemas de Gestão de Água (AQS);
- Sistemas de Gestão de Resíduos;
- Sistemas de Medição e Monitorização.

Esse equipamento é que ficará responsável por integrar os diferentes sistemas técnicos, pela lógica de controlo, pela interface com *gateways* e controladores, pela supervisão e monitorização, pela gestão de horários e de cenários e, por último, pelo controlo remoto do sistema, de forma a facilitar diagnósticos relativos a manutenções e atualizações [78].

Para concretizar este *upgrade* profundo ao sistema atual, ter-se-á de determinar o número de barramentos DALI, através da contabilização já efetuada, de todas as luminárias existentes. O protocolo DALI-2 determina que, cada barramento DALI permite até 64 endereços individuais, dezasseis grupos lógicos e dezasseis cenas pré-definidas, sendo que, em cada grupo terá de se determinar o detetor *Master* DALI. Por outras palavras, cada barramento permitirá um máximo de 64 equipamentos DALI, dezasseis grupos lógicos e dezasseis multisensores. O barramento DALI será endereçável através de BACnet, estando presente que o barramento (BUS) servirá de alimentação, a cada espaço [77].

Ter-se-á ainda de integrar os módulos de monitorização *Shelly* espalhados pelo edifício, podendo adotar uma solução *Shelly* para o atual sistema KNX. Para

determinar as melhorias no sistema KNX atual, torna-se necessário um contacto com o código ETS existente.

Com estas alterações ao sistema de iluminação, a avaliação será claramente melhorada, dado que a inteligência do serviço é melhorada em diversos espaços, como se pode comprovar pela análise seguinte:

Cerca de 5.9% da área interior iluminada será controlada através de comutação manual, ou seja, interruptores manuais de ligar/ desligar. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído a 5.9% da área interior iluminada, é o **Nível 0**.

Cerca de 30.8% da área interior iluminada será controlada através de deteção automática, com *auto on*. O sistema de controlo liga, diminui (regulação de fluxo) ou desliga as luzes automaticamente, sempre que existe alteração da ocupação na área iluminada. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído a 30.8% da área interior iluminada, é o **Nível 2**.

Cerca de 63.3% da área interior iluminada será controlada através de deteção automática, com *manual on*. A luz é então ligada através de um interruptor manual, e se não for desligada manualmente, as luzes são automaticamente reduzidas (na sua intensidade) ou totalmente desligadas pelo sistema de controlo automático existente. Este é o nível de funcionalidade que proporciona a maior eficiência energética. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído a 63.3% da área interior iluminada, é o **Nível 3**.

- Iluminância/Controlo de luz natural (**L2**).

No contexto deste serviço, o controlo do consumo de energia elétrica do sistema de iluminação é avaliado, visando que as luminárias sejam ligadas, ou que regulem a sua iluminância, de acordo com a luz natural nos espaços, de forma a aproveitar esse recurso natural gratuito, diminuindo a necessidade de utilização de iluminação artificial.

Todos os espaços em que forem instalados os multisensores, como previsto, passarão a ser avaliados com **Nível 3**, no que diz respeito ao serviço L2, relativamente à iluminância/ controlo de luz natural. Os restantes espaços interiores do edifício, continuarão a ser avaliados com **Nível 1**, como foram outrora avaliados, no estado atual do edifício.

Nas situações em que o multisensor estiver instalado num espaço, sem vãos envidraçados, ou de forma mais geral, sem incidência de iluminação natural, claramente que o multisensor irá verificar que não existem níveis de luminosidade suficientes e fará comunicação com o controlador e com as luminárias, de forma a iluminar o espaço de forma adequada.

Deste modo, este serviço avalia-se da seguinte forma:

Cerca de 36.7% da área interior iluminada, terá um controlo manual para apagar as luzes setorizadas por zonas, ou espaços. Neste caso, esta percentagem reflete os espaços onde não estão instalados os multisensores, ou seja, onde não existe qualquer tipo de sensor de presença ou de movimento, ou espaços onde existe sensorização, mas que não é realizada por multisensor, daí não haver medição da luminosidade. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído a 36.7% da área interior iluminada, é o **Nível 1**.

Cerca de 63.3% da área interior iluminada, terá regulação de intensidade automática. Deste modo, a luz das luminárias será reduzida e, por fim, completamente desligada, quando a luz natural disponível for suficiente para iluminar de forma correta o espaço. As luminárias serão novamente ligadas e aumentará o seu fluxo, se a quantidade de luz natural reduzir. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído a 63.3% da área interior iluminada, é o **Nível 3**.

- **Domínio técnico da Envolvente Dinâmica do Edifício:**
- Controlo dos dispositivos de proteção solar (**DE1**);

Prevê-se que o controlo dos dispositivos de proteção solar passe a ser um controlo combinado entra os sistemas de iluminação, sistemas de AVAC e dispositivos de oclusão. Para tal, ter-se-ão de adquirir novos elementos de sombreamento (toldos, estores, persianas em rolo ou venezianas) que estejam equipados com um motor para realizar a abertura e o fecho.

O controlo automático dos dispositivos de sombreamento motorizados, em combinação com os sistemas de controlo de AVAC e de iluminação, proporciona melhorias no conforto visual e térmico, assim como reduções nos consumos energéticos relativos ao aquecimento, arrefecimento e iluminação.

- Ora, para situações que exijam necessidades de iluminação ou de aquecimento, deve-se privilegiar o máximo de luz e de radiação solar no espaço;
- No que diz respeito, a situações que exijam necessidades de arrefecimento, deve-se evitar o sobreaquecimento, atuando com ações de bloqueio de entrada de radiação solar direta;
- Em episódios de dias com o céu bastante limpo, através da utilização das venezianas, tornar-se-á possível difundir a luz natural no espaço, reduzindo a necessidade de iluminação artificial.

Face ao exposto, no que diz respeito ao serviço de controlo dos dispositivos de proteção solar, passa-se a avaliar a funcionalidade deste serviço com o **Nível 3**.

Para ilustrar melhor o que foi explicado, segue-se, na Figura 89, um esquema ilustrativo deste sistema de controlo dos dispositivos de proteção solar.

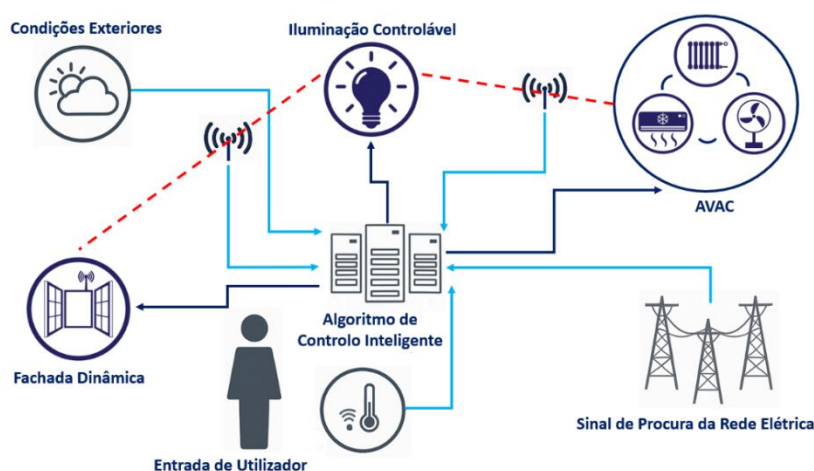


Figura 89 – Esquema do Sistema de controlo combinado previsto – Sistema de Iluminação – Sistema de AVAC – Dispositivos de Oclusão (adaptado de [46])

- Controlo de janela aberta ou fechada, combinado com o sistema AVAC (**DE2**);

Como medida de melhoria para este serviço, avalia-se a viabilidade de um sistema de controlo de janelas integrado com os sistemas de AVAC do edifício. Prende-se ter um sistema que faça deteção de janelas (e portas exteriores) abertas/ fechadas, de forma a desligar os sistemas de aquecimento ou arrefecimento. Propõe-se ainda que sejam instaladas janelas com abertura mecânica automatizada, e que essa abertura se baseie nos dados dos sensores do espaço.

Deseja-se igualmente que exista uma coordenação centralizada das janelas funcionais para, por exemplo, controlar o arrefecimento noturno (*free cooling*), que iria complementar a medida de melhoria proposta relativamente ao domínio da ventilação, que está assente na aquisição de novas UTAN's que possibilitem também o *free cooling*. Desta forma, as janelas com abertura automática, complementariam o trabalho das UTAN's, no que se refere a esse processo.

À vista do que foi apresentado, pretende-se então que as janelas e/ou portas exteriores tenham sensores de abertura, ou contactos magnéticos, que comuniquem com o sistema de controlo do AVAC. Assim, quando se deteta que as portas exteriores/ janelas se encontram abertas, desliga-se o sistema de climatização, para evitar desperdícios energéticos, aumentando a poupança energética.

Em virtude do que foi acima mencionado, para automatizar a abertura e o fecho das janelas e/ou portas exteriores, torna-se imprescindível a existência de sensores, localizados nos espaços onde essas janelas e/ou portas de acesso ao exterior, se encontram localizadas. Para fazer essa monitorização, utilizar-se-ão então os multisensores já mencionados noutras medidas de melhoria.

Os multisensores ficarão encarregues de fazer várias medições, mas, para este serviço em específico, as mais importantes serão as medições de CO₂, de temperatura e de humidade. Para além disso, terá de se conseguir monitorizar dados meteorológicos exteriores, através de serviços *online*, para que, com esses dados, seja possível automatizar as ações de abertura ou fecho das janelas, que irá implicar diretamente no ligar ou desligar do sistema de controlo do AVAC.

Por último, para ser possível o *free cooling*, ter-se-ão de instalar sensores de janela. A esses sensores de janela serão acoplados sensores de temperatura interior (neste caso em específico não serão necessários, uma vez que existirão os multisensores, que já fazem várias medições) e sensores de temperatura exterior, para fazer a programação da abertura/ fecho automático.

Posto isto, numa situação de janela aberta, em que a temperatura exterior esteja agradável, o sistema de climatização será desligado e a divisão será arrefecida através do ar exterior, ao invés de ar condicionado, evitando assim consumos energéticos completamente desnecessários. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído a este serviço é o **Nível 3**.

Para ilustrar melhor o que foi explicado, segue-se, na Figura 90, um esquema ilustrativo do controlo de janela aberta ou fechada, combinado com o sistema de AVAC.

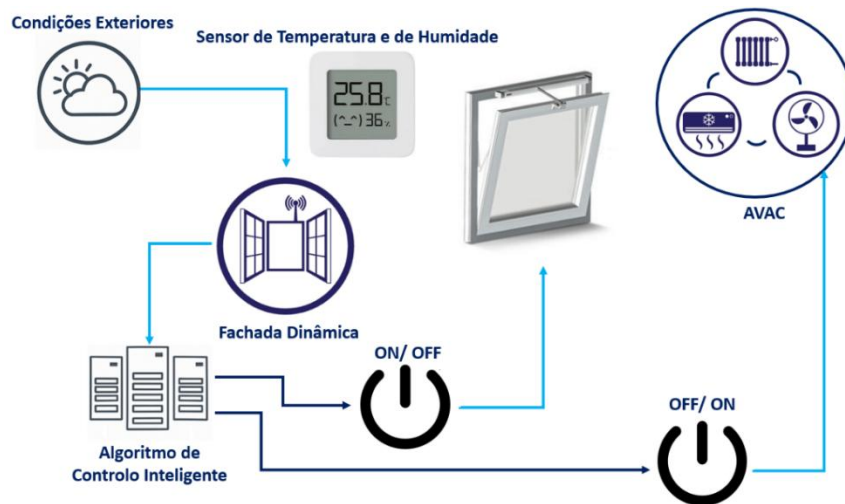


Figura 90 – Esquema do Sistema de controlo previsto de janela aberta/ fechada, combinado com o Sistema de AVAC (adaptado de [46])

- Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema da envolvente dinâmica do edifício (**DE4**).

Tem-se como objetivo obter relatórios, centralizados ou remotos, de informações acerca do desempenho do sistema da envolvente dinâmica do edifício. Nesses relatórios devem vir detalhados vários parâmetros, tais como a posição de cada janela/ porta exterior, deteção de avarias, verificação através de manutenção preditiva e os dados recolhidos pelos diversos sensores, tanto em tempo real, como dados históricos. As medições registadas devem seguir uma caracterização por iluminância, temperatura, vento, entre outras variáveis. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído a este serviço é o **Nível 4**.

- **Domínio técnico da Eletricidade:**
- Relatórios de informação sobre a produção local de eletricidade (**E2**);

Pretende-se que a monitorização da produção local de energia elétrica seja realizada através de sistemas de monitorização de energia, que utilizem *hardware* instalado em pontos estratégicos da instalação. Este *hardware* deverá operar via comunicação sem-fios e deverá captar dados da(s) saída(s) energética(s) e ainda parâmetros operacionais dos painéis solares fotovoltaicos e dos inversores.

Espera-se que, aos relatórios atuais, se consiga adicionar a funcionalidade de avaliação do desempenho, mas agora com previsão e/ ou avaliação comparativa (*benchmarking*). Tendo em conta isso, os dados serão analisados, utilizando modelos estatísticos para previsões.

O *hardware* que será colocado no sistema de produção de energia (e outros medidores/sensores), poderão agregar informações adicionais, como por exemplo, os dados meteorológicos. Face ao exposto, os utilizadores com permissões de acesso, poderão avaliar o desempenho do sistema solar fotovoltaico, em relação a vários padrões. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

- Armazenamento de eletricidade (produzida localmente) (E3);

Foram instalados recentemente dois contentores, de baterias de íões de lítio, em frente à fachada Poente do edifício. Atualmente ainda não se encontram em funcionamento, mas prevê-se que sirvam como armazenamento para a energia elétrica produzida pelo sistema solar fotovoltaico. Neste, também se prevê que seja aumentado o número de módulos instalados, assim como se prevê a instalação de um Sistema *Carport* Fotovoltaico, no estacionamento em frente à fachada Sul (fachada principal) do edifício. A intenção é que estes contentores de armazenamento otimizem a utilização da energia produzida localmente.

O principal objetivo a alcançar é utilizar de forma eficaz a energia produzida no edifício completo, alinhando o consumo com os períodos de elevada produção energética, através da transferência de carga. Esse tipo de decisões terão de se fundamentar em dados históricos, nas condições atuais e nos sinais provenientes da rede, de forma a estipular qual o momento ideal para utilizar a energia produzida no imediato, e quando será uma decisão inteligente armazenar essa energia nas baterias, para se utilizar mais tarde (sendo que também será premeditado o momento em que se utilize a energia armazenada) [46].

Terá de existir um controlador de carga, com um algoritmo integrado para analisar a procura no edifício, as horas de pico da rede, o consumo energético, o estado de carga das baterias, ou SOC (*State of Charge*), e a produção de energia. Este controlador poderá ainda possibilitar a retroalimentação para a rede, ou seja, um fluxo de energia bidirecional entre as baterias e a rede elétrica, dependendo da sinalização que recolhe da rede.

Para proceder às alterações propostas, ter-se-ia de analisar o perfil de consumos do edifício, de forma a dimensionar corretamente todo o sistema, avaliando se também não teriam de se substituir os inversores atuais, por questões de viabilidade técnica, face ao aumento da potência instalada de painéis. Ter-se-ia de comprovar a compatibilidade entre painéis, controlador(es), inversor(es) e baterias. Para além disso, seria interessante analisar o perfil de produção e compará-lo com o perfil de consumo, analisar a injeção na rede e o autoconsumo real.

Em relação ao armazenamento, quando não existisse produção suficiente para carregar as baterias, tornar-se-ia interessante carregá-las no período de vazio, quando a energia é mais barata, e injetar essa energia na instalação, em períodos de picos de consumo, quando a energia é mais cara. Isto seria uma forma inteligente de poupança, mas teria de ser gerida e avaliada pelo *Battery Management System* (BMS). Em situações em que a produção conseguisse cobrir o consumo e se verificasse que as baterias estivessem carregadas por completo, poder-se-ia equacionar a venda do excedente à rede, nomeadamente em períodos de maior desocupação no edifício, como ao fim de semana. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 4**.

Para ilustrar melhor o que foi explicado, segue-se, na Figura 91, um esquema ilustrativo do sistema solar fotovoltaico previsto.

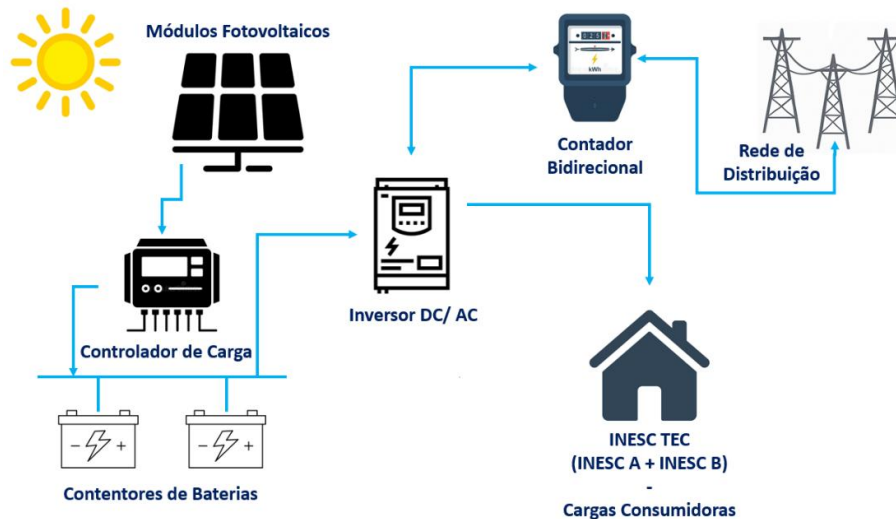


Figura 91 – Esquema do Sistema Solar Fotovoltaico previsto

- Otimização do autoconsumo da eletricidade gerada localmente (**E4**);

Este serviço visa maximizar o aproveitamento da energia renovável local, neste caso a energia proveniente do sistema solar fotovoltaico, através da monitorização dos perfis de consumo e de produção. A estratégia inclui a gestão automática de cargas e do armazenamento, recorrendo a temporizadores, sistemas domóticos e algoritmos de otimização para ajustar, em tempo real, o funcionamento dos dispositivos e a utilização da energia armazenada [46].

Nesse sentido, impor-se-á uma gestão automatizada do consumo de eletricidade local, com base na disponibilidade de energia renovável, assim como nas necessidades energéticas atuais e previstas. Para tal ser possível, deverão existir contadores adequados, que realizem o registo do consumo do edifício e a produção de energia. Neste ponto, terá de se avaliar se os contadores existentes servirão para o efeito, ou se deverão ser substituídos por novos.

Concomitantemente, deverá ser instalado um controlador de cargas automático, que esteja ligado a certos dispositivos do edifício, e que esteja devidamente configurado para responder às medições e ativar/desativar o funcionamento desses dispositivos específicos. A par disso, será necessária a instalação de tomadas e dispositivos inteligentes.

O controlador a instalar, deverá ter integrado, ou ser capaz de comunicar com um algoritmo apropriado, que será o responsável por processar as informações adicionais recebidas de outros sensores (ocupação, meteorologia, etc.) e, com essas informações, fazer previsões para as necessidades energéticas do edifício. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

- Suporte de modos de funcionamento em (micro)rede (**E8**);

Espera-se que passe a existir uma gestão automatizada do consumo de eletricidade, ao nível do edifício, e do fornecimento de eletricidade à rede elétrica, quando se determinar vantajoso. Terá de existir comunicação entre a rede e o edifício, e o controlo automático fará o ajuste do consumo e a injeção, baseando-se na troca de

informações, através de protocolos de comunicação específicos. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- Relatórios de informação sobre o armazenamento de energia (**E11**);

Como já foi referido no serviço E3, prevê-se que passe a existir armazenamento da energia elétrica produzida pelo sistema solar fotovoltaico, instalado na cobertura do edifício. Desta forma, o serviço E11 passará a ser avaliável.

Os relatórios de armazenamento de energia fornecem dados detalhados que são passíveis de uso para otimização operacional, permitindo opcionalmente, a deteção precoce de falhas, agilizando a manutenção e reduzindo custos e o tempo de inatividade [46].

O acesso a dados sobre o armazenamento de energia, permite aos utilizadores monitorizar a operação do sistema e os ciclos e perfis de carga e de descarga, facilitando a manutenção preventiva e a otimização do desempenho [46].

Analisando o que foi apresentado, esperam-se obter relatórios centralizados, ou remotos, dos dados atuais, dos dados históricos, e uma avaliação de desempenho, com previsões e/ ou comparações (*benchmarking*). Os algoritmos serão integrados para avaliar o desempenho do sistema.

O objetivo é que esta avaliação de desempenho inclua *benchmarking*, de forma a comparar o desempenho do sistema com os padrões espectáveis para esta tipologia de edifício. Será ainda integrado um algoritmo de previsão, de modo que se forneçam informações sobre o estado futuro do sistema de armazenamento. Através dessa informação, os utilizadores poderão ajustar o funcionamento do sistema. Estes relatórios serão de extrema relevância para ser possível avaliar o desempenho do sistema de armazenamento de energia. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

- Relatórios de informação sobre o consumo de eletricidade (**E12**).

A informação reportada, relativa ao consumo de eletricidade, apresenta dados pormenorizados, passíveis de serem utilizados para a identificação de padrões, que permitam a otimização do uso da eletricidade, promovendo, assim, a melhoria da eficiência energética [46].

Pretende-se que a análise do consumo energético passe a ser esquematizada pelos vetores energéticos (eletricidade e gás natural) e por serviços/ utilização final (AVAC, iluminação, elevadores, AQS, carregamento de veículos elétricos, redes e sistemas auxiliares, entre outros). Com esta classificação, tornar-se-á possível segmentar e analisar o consumo energético de uma forma mais criteriosa.

Prevê-se que venham a ser implementados relatórios informativos sobre o consumo elétrico, incorporando *feedback* e *benchmarking* em tempo real, ao nível do edifício, devido aos dados recolhidos pelo contador serem enviados para uma plataforma baseada na nuvem, ou aplicação móvel. Nessa plataforma/ aplicação, será fornecido o acesso a dados atuais e históricos, e a comparação é realizada entre os dados habituais do edifício com um edifício padrão da mesma tipologia. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- **Domínio técnico do Carregamento de Veículos Elétricos:**
- Capacidade de carregamento de veículos elétricos (**EV15**);

Objetiva-se ampliar os pontos de carregamento, nomeadamente no estacionamento em frente à fachada Sul do edifício, de tal modo que mais de 50% dos lugares de estacionamento do INESC A, passem a estar equipados com pontos de carregamento.

Para atingir este objetivo, ter-se-ão de instalar, no mínimo dezanove postos de carregamentos simples (ou dez postos de carregamento duplos), no estacionamento Sul. Passariam assim a existir mais dezanove (ou vinte) lugares de estacionamento equipados com pontos de carregamento, ou seja, um total de vinte e nove (ou trinta) lugares com pontos de carregamento.

No caso da instalação dos dezanove postos de carregamentos simples, ter-se-ia que, 51.8% dos lugares de estacionamento do edifício estariam equipados com pontos de carregamento.

No caso da instalação dos dez postos de carregamento duplos, ter-se-ia que, 53.6% dos lugares de estacionamento do edifício estariam equipados com pontos de carregamento. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 4**, uma vez que o valor se encontra acima dos 50%.

- Balanceamento da rede de carregamento de veículos elétricos (**EV16**);

O carregamento de veículos elétricos pode ser otimizado através de “carregamento inteligente”, permitindo a sua realização em períodos de menor custo da eletricidade e/ou quando o impacto na carga da rede elétrica seja reduzido [46].

O serviço em questão procura avaliar o carregamento inteligente de veículos elétricos, visando a coordenação do processo de carregamento com as condições operacionais da rede elétrica [46].

É expectável que os carregamentos passem a ser controlados bidireccionalmente (V2G – *Vehicle-to-Grid* ou V2B – *Vehicle-to-Building*). Neste modelo, a potência fornecida à bateria poderá ser ajustada dinamicamente, através de sinais de comunicação, permitindo a otimização automática do carregamento para mitigar sobrecargas na rede, integrar energia proveniente das fontes renováveis e privilegiar períodos fora das horas de ponta, reduzindo os custos [46]. Podem ser tidos em consideração diversos fatores, tais como:

- Hora de partida desejada pelo utilizador do veículo;
- Nível mínimo de carga necessário para a viagem;
- Estado da bateria e temperatura;
- Sinais e condições da rede elétrica;
- Tarifas horárias e dinâmicas da energia;
- Disponibilidade e prioridades do utilizador;
- Eventos ou restrições emergentes;
- Disponibilidade de energia renovável.

Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- Informação sobre conectividade e tarifário de carregamento de veículos elétricos (**EV17**).

Prevê-se que passem a existir relatórios de informações para os utilizadores, acerca do estado do carregamento, com identificação automática e autorização do condutor para a estação de carregamento, em conformidade com a norma ISO 15118, em complementaridade com o protocolo OCPP (*Open Charge Point Protocol*) [46].

A ISO 15118 é uma norma de protocolo de comunicação, desenvolvida para veículos elétricos. Esta norma define um método seguro para se efetuar a troca de informações entre o posto de carregamento e o veículo, facilitando a identificação e autorização do condutor para a estação de carregamento (função *Plug & Charge* da ISO 15118) [79].

Assim, os utilizadores poderão aceder a informações acerca do nível e estado da carga do veículo, horários de início e finalização do carregamento e do consumo energético. Parte das informações pode ser visualizada através das luzes indicativas e do ecrã integrado no posto de carregamento, enquanto outras só ficarão visíveis após uma consulta numa plataforma *web*. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- **Domínio técnico da Monitorização e Controlo:**
- Gestão do período de funcionamento (**MC3**);

Pretende-se que passe a existir um controlo para ligar/ desligar as instalações de AVAC, com base nas cargas do edifício, de forma a adequar a sua produção à carga térmica necessária. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- Detetar avarias nos sistemas técnicos do edifício e apoio ao diagnóstico dessas avarias (**MC4**);

Prevê-se que venha a existir uma comunicação centralizada para as avarias e os alarmes detetados para todos os sistemas técnicos relevantes. Os contadores/ monitorizadores serão utilizados para fazer medições de todos os sistemas técnicos, que se considerem relevantes, utilizando posteriormente os dados gravados para que, o SACE detete qualquer avaria e faça disparar alarmes. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- Detecção de ocupação: serviços conectados (**MC9**);

Tem-se como objetivo futuro que a deteção de ocupação possibilite a regulação automática dos sistemas de iluminação e AVAC, otimizando a eficiência energética e eliminando consumos energéticos desnecessários em áreas ou períodos sem utilização.

Serão aproveitados os sensores de deteção e presença existentes em zonas como corredores, WC's, átrios e escadas. Com a instalação dos multisensores já anunciada, passará a haver deteção de ocupação em todas as áreas de trabalho, o que irá melhorar significativamente a avaliação deste serviço. Somente em áreas técnicas e zonas de arrumos é que não fará sentido detetar a ocupação.

Com as ações de melhoria previstas, cerca de 5.9% da área útil interior do edifício, não terá qualquer tipo de deteção de ocupação, pelo que se avalia essa mesma área com o **Nível 0**. Por outro lado, cerca de 94.1% da área útil interior do edifício possuirá deteção centralizada de ocupação. Essa deteção estará interligada com o sistema de iluminação e com o sistema de AVAC. Serão recolhidos os dados dos vários sensores, que serão processados e analisados pelo sistema centralizado e, com base

nesse processamento de dados, será ajustado o funcionamento dos sistemas já mencionados, de forma coordenada. Desta forma, avalia-se essa área com o **Nível 2**.

- Relatórios centralizados de desempenho e consumo de energia dos sistemas técnicos (**MC13**);

A determinação desta ação de melhoria segue a ideologia no serviço E12, do domínio da eletricidade. Esperam-se obter relatórios centralizados, ou remotos, acerca do consumo energético em tempo real, por vetor energético (eletricidade e gás natural), combinando os dados dos sistemas técnicos do SACE, de todos os principais domínios, numa interface única de relatório. Está prevista a incorporação de *feedback* e *benchmarking* em tempo real. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

- Integração com a Rede Inteligente (*Smart Grid*) (**MC25**);

A Integração em Redes Inteligentes consiste na implementação de funcionalidades que ajustam a procura de energia em função das condições e das necessidades da rede. A gestão do lado da procura é essencial para equilibrar a oferta e o consumo, deslocando cargas para períodos de menor utilização e potenciando o aproveitamento de fontes renováveis [46].

Tem-se como objetivo que se institua a funcionalidade de gestão do lado da procura, de forma coordenada entre os múltiplos sistemas técnicos do edifício, através da concretização de um controlo do SACE bem estruturado.

À luz do exposto, a integração em redes inteligentes permitirá otimizar a flexibilidade da procura, recorrendo a preços dinâmicos e à prestação de serviços de balanceamento da rede elétrica. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- Relatórios de informação sobre o desempenho e a operação da DSM (**MC28**);

Visa-se que seja disponibilizado *feedback* sobre as ações de DSM e o respetivo impacto, através de relatórios de informação sobre o histórico corrente e previsto da DSM, incluindo os fluxos de energia geridos [46].

Todos os dados poderão ser analisados através de algoritmos estatísticos, capazes de fazer as previsões, com o auxílio de autoaprendizagem. Com o auxílio deste tipo de algoritmos, será possível reportar padrões, tendências e anomalias verificadas. Com a inclusão de um sistema de notificações, conseguir-se-á informar os utilizadores acerca de comportamentos inesperados do sistema, caracterizando a anomalia numa escala de gravidade, para facilitar as ações de manutenção.

A aplicação de métodos de reporte de desempenho e de avaliação funcional da DSM, proporcionará aos utilizadores uma visão consolidada da eficácia das ações e operações implementadas. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- Cancelamento/suspensão do sistema de controlo baseado na gestão do lado da procura (**MC29**);

Perspetiva-se que haja a capacidade de os utilizadores substituírem a gestão automatizada de energia no âmbito do DSM, devido a preferências de ajuste térmico distintas, ou ainda devido a situações de emergência [46].

A verdade é que, a gestão do lado da procura poderá interferir com outros objetivos de gestão de energia, como o conforto. Com a função prevista, os utilizadores poderão sobrepor-se às suas definições, sempre que necessário [46].

Resumindo, o objetivo é possuir uma anulação programada da DSM, e a sua reativação, por um, ou mais utilizadores do edifício. Para tal, ter-se-ão de definir horários, como determinados períodos do dia, ou da semana, para anular o controlo da DSM. Para tratar da anulação e reativação, ter-se-á de utilizar um painel de controlo, uma aplicação móvel, ou ainda uma interface *web*. O método de interface será determinado à *posteriori*. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

- Plataforma única que permite o controlo automatizado e a coordenação entre sistemas técnicos + otimização do fluxo de energia com base nos sinais de ocupação, meteorologia e da rede (**MC30**).

Um dos objetivos definidos é a implementação de uma plataforma integrada e unificada. Esta plataforma facultará o controlo automatizado, e a coordenação, entre todos os sistemas técnicos. Viabilizará ainda a otimização do fluxo energético com base nos sinais de ocupação, sinais meteorológicos e sinais da rede, de forma a otimizar todas as operações dos sistemas. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

Depois de inseridos os novos dados na plataforma de cálculo, considerando as medidas de melhorias propostas, obtiveram-se os seguintes resultados. Na Figura 92 são apresentados os resultados globais desta avaliação. Na Figura 93 são reveladas as pontuações detalhadas, pelos diferentes critérios de impacto (Pontuações de Impacto), e pelos diferentes domínios técnicos (Pontuações dos Domínios). Já na Figura 94 é apresentado um gráfico de impacto, que revela, de forma ilustrativa, as pontuações de impacto apresentadas na Figura 93, desde o critério de impacto da “Eficiência Energética”, até ao critério de impacto da “Informação aos Ocupantes”, estando a legenda de cores apresentada do lado direito da figura.

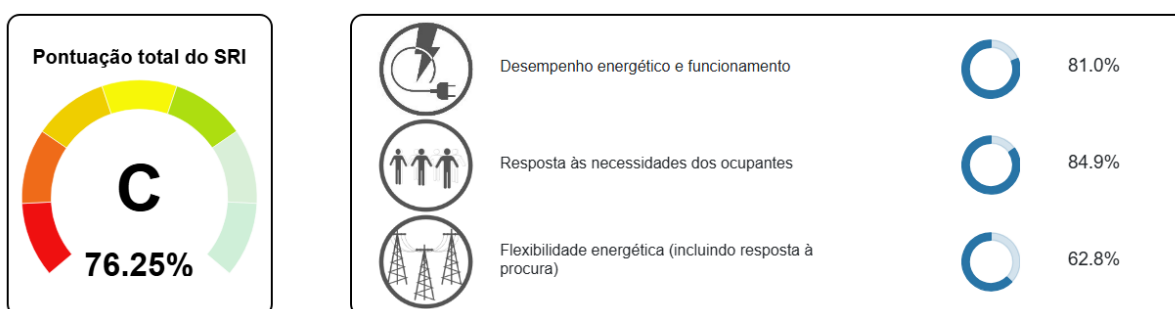


Figura 92 – Resultados globais da avaliação, pós medidas – Pontuação total do SRI e Pontuações desagregadas pelas 3 funcionalidades principais

		7 IMPACTOS							
		Eficiência energética	Flexibilidade energética	Conforto	Facilidade de utilização	Saúde	Manutenção	Informação aos ocupantes	SRI
	Ponderações de impacto	93%	63%	87%	84%	78%	60%	91%	76.25%
9 DOMÍNIOS	Aquecimento	100%	64%	90%	88%	67%	50%	100%	75%
	AQS	67%	38%	-	80%	-	50%	100%	56%
	Arrefecimento	94%	62%	75%	88%	67%	50%	100%	72%
	Ventilação	100%	-	100%	100%	100%	50%	67%	83%
	Iluminação	80%	-	70%	70%	42%	-	-	68%
	Envolvente do Edifício Dinâmica	100%	-	80%	100%	75%	100%	100%	94%
	Eletricidade	60%	89%	-	60%	-	33%	89%	69%
	Carregamento Veículos Elétricos	-	100%	-	100%	-	-	100%	100%
	Monitorização e Controlo	87%	70%	98%	82%	75%	90%	89%	81%

Figura 93 – Pontuações detalhadas, pós medidas, pelos diferentes critérios de impacto, e pelos diferentes domínios técnicos

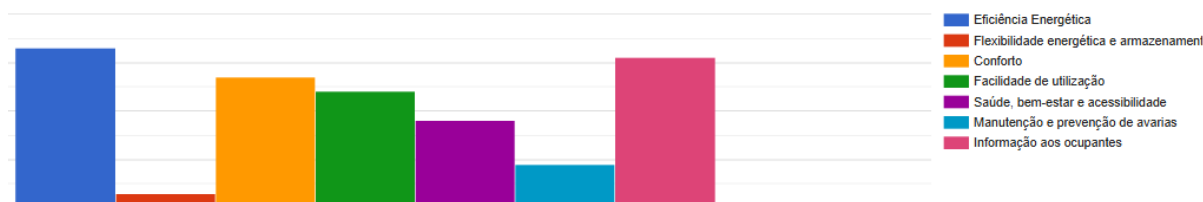


Figura 94 – Gráfico de Impacto, pós medidas

Torna-se importante realçar que, as medidas de melhoria propostas foram analisadas criteriosamente, de modo que fizesse sentido a sua implementação no edifício, tentando corrigir os pontos mais críticos existentes. Tentou-se fazer com que as medidas de melhoria propostas fizessem melhorar as pontuações das três funcionalidades principais.

5.1.3 Considerações gerais acerca da avaliação SRI ao Edifício A

Face ao estado original do edifício, com as medidas propostas deu-se uma evolução significativa da Classe G (17.1%) para a Classe C (76.3%), passando assim o edifício de um nível muito baixo, para um nível satisfatório de “inteligência”.

Relativamente à funcionalidade principal do “Desempenho energético e funcionamento”, passou-se de uma avaliação de 21.7% para 81%, podendo caracterizar-se como um grande salto, fruto da introdução de sistemas de controlo e de medidas de otimização energética, com foco ainda na manutenção e previsão de avarias.

Relativamente à funcionalidade principal da “Resposta às necessidades dos ocupantes”, passou-se de uma avaliação de 21.9% para 84.9%, podendo caracterizar-se como um evidente reforço ao nível do conforto, facilidade de utilização, saúde e bem estar e disponibilização de informações aos ocupantes. Este impacto teve como base soluções adaptativas e interativas.

Por último, relativamente à funcionalidade principal da “Flexibilidade energética” passou-se de uma avaliação de 7.8% para 62.8%, podendo admitir-se que existiu uma evolução expressiva, revelando agora capacidade de integração com a rede, de resposta à procura e de melhor aproveitamento da energia produzida através do sistema solar fotovoltaico.

Concluindo, as melhorias implementadas permitiram:

- Aumentar bastante a eficiência do SACE e dos seus sistemas técnicos;
- Melhorar o conforto e qualidade do ambiente interior, para os ocupantes;
- Tornar o edifício mais flexível e preparado para o futuro energético.

A subida da Classe G para a Classe C comprova a eficácia das intervenções, embora ainda exista margem para evolução até às classes B ou A, que exigiriam níveis de automação e integração ainda mais avançados.

Face às pontuações expostas na Figura 87, dos estado atual do edifício, nomeadamente as pontuações de impacto e as pontuações por domínio, verificou-se na Figura 93 que houve uma melhoria geral significativa desses resultados, devido às medidas de melhoria propostas nos vários serviços dos nove domínios técnicos.

Na Figura 95 é apresentada uma comparação gráfica resumida, entre o estado atual do edifício e o estado previsto do edifício, com as medidas de melhoria.

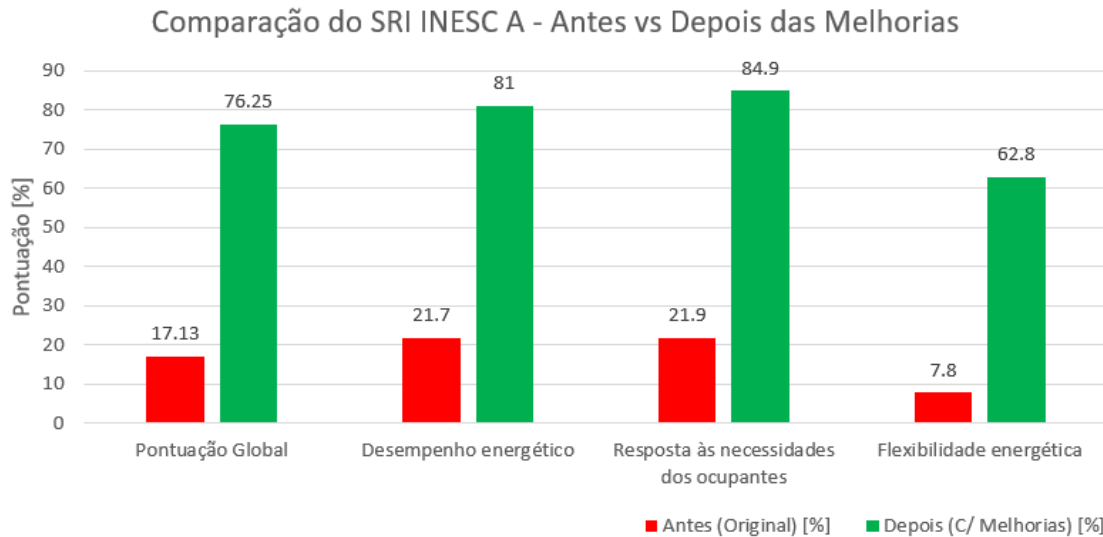


Figura 95 – Comparação gráfica resumida, entre o estado atual do edifício e o estado previsto do edifício, com as medidas de melhoria

A Figura 95 mostra de forma clara um salto muito expressivo em todas as dimensões, evidenciando uma evolução de 59,12 pontos percentuais na pontuação global, com uma subida de quatro classes na escala do SRI.

Contabiliza-se ainda um aumento de 59,3 pontos percentuais no desempenho energético, de 63 pontos percentuais na resposta às necessidades dos ocupantes e de 55 pontos percentuais na flexibilidade energética.

Resumindo, a pontuação final obtida do SRI, para o INESC A com as medidas de melhoria, é uma pontuação alta, que significa que o edifício estará bem equipado, com tecnologias inteligentes e sistemas otimizados, que melhoram a sua eficiência energética, conforto e desempenho em geral, permitindo a redução do consumo energético e, por sua vez, a redução da fatura e a pegada de carbono do edifício.

O resultado revela ainda a promoção de um maior conforto interior, ao melhorar a qualidade do ar, a iluminação e as condições térmicas, beneficiando a saúde e a produtividade dos ocupantes. Revela ainda que o edifício tem a capacidade de se adaptar às necessidades dos ocupantes e de se integrar com fontes de energia renováveis (neste caso em específico, a energia solar) e com redes inteligentes.

5.2 Edifício B

5.2.1 Avaliação do estado atual do edifício

Na plataforma de cálculo *SRI2MARKET*, à semelhança do que fora realizado para o INESC A, começou-se então por preencher vários campos, relativamente a informações do projeto, desde os dados gerais, como se pode verificar na Figura 96, as minhas informações enquanto perito, como se verifica na Figura 97, as características gerais do edifício, apresentadas na Figura 98, havendo ainda um campo de seleção da metodologia, onde se selecionam os domínios técnicos que se pretende ter em consideração no processo de avaliação, como está apresentado na Figura 99. Torna-se necessário referir que, a avaliação realizada ao INESC B torna-se semelhante, em muitos serviços, à realizada ao INESC A.

Dados Gerais

Nome do Projecto:
INESC B

País: Portugal ▼ Tipologia de Edifício: Não Residencial ▼

Utilização do edifício: não residencial - escritórios ▼

Catálogo: Método de cálculo B ▼

Zona Climática: Europa do Sul ▼

Fatores de ponderação padrão: Europa do Sul Não Residencial B ▼

Tipo de avaliação: Estado atual do edifício ▼

Os dados de suporte a esta avaliação devem refletir o atual estado do edifício ou um cenário com medidas de melhoria

Fase de ensaio/testes oficial:
 Clicar se esta avaliação fizer parte de uma fase de testes/ensaio oficial no Estado-Membro

Figura 96 – Informações do Projeto – Dados Gerais

Informações do Perito

Organização: INESC TEC

Endereço de e-mail: rfmarts@outlook.pt Número de telefone: Número de telefone

Figura 97 – Informações do Projeto – Informações do Perito

Eficiência energética num edifício de serviços: estudo de medidas de melhoria do SACE

Características gerais do edifício

Área útil do edifício:	Ano de construção:
<input type="text" value="1879"/>	<input type="text" value="2011"/>
Estado do edifício:	Potência nominal global dos sistemas de climatização:
<input type="text" value="Original"/>	<input type="text" value="70 - 290 kW"/>
Descrição do edifício:	
<input type="text" value="Associação privada sem fins lucrativos, declarada de utilidade pública, tendo como principais atividades a investigação científica e o desenvolvimento tecnológico, bem como"/>	
Morada:	
<input type="text" value="Rua Dr. Roberto Frias, Campus da FEUP, 4200-465 Porto, Portugal"/>	
Classe energética:	
<input type="text" value="C"/>	
Classe energética no Certificado Energético	

Figura 98 – Informações do Projeto – Características Gerais do Edifício

Seleção da Metodologia

Aquecimento:

O domínio Aquecimento é avaliável?

AQS:

O domínio AQS é avaliável?

Arrefecimento:

O domínio Arrefecimento é avaliável?

Ventilação:

O domínio Ventilação é avaliável?

Iluminação:

O domínio Iluminação é avaliável?

Envolvente do Edifício Dinâmica:

O domínio Envolvente do Edifício Dinâmica é avaliável?

Eletricidade:

O domínio Eletricidade é avaliável?

Carregamento de Veículos Elétricos:

O domínio Carregamento de Veículos Elétricos é avaliável?

Monitorização e Controlo:

O domínio de Monitorização e Controlo é avaliável?

Gravar

Figura 99 – Informações do Projeto – Seleção da Metodologia – Identificação dos domínios técnicos a avaliar

Efetuada os preenchimentos acima ilustrados, segue-se então para a avaliação propriamente dita, começando pelo domínio do Aquecimento e terminando no domínio da Monitorização e Controlo.

Foi utilizada a Tabela 14 como auxiliar ao processo de avaliação que se segue, estando esta presente no ANEXO IV.

- **Domínio técnico do Aquecimento:**

De forma a se determinarem os níveis de funcionalidade adequados, teve de se responder a algumas questões, já apresentadas na avaliação do INESC A. Tendo presente essas questões, começa-se a avaliação da aptidão dos serviços para as tecnologias inteligentes, que compõe o domínio técnico do aquecimento:

- Controlo da dissipação de calor (**H1a**) – Todos os dissipadores de calor incluídos, exceto TABS;

Ora, a temperatura do ar interior é regulada, de forma a ser mantido o ponto de ajuste desejado durante o período de utilização do edifício, através de termostatos. Este ponto de ajuste é definido de forma individual, em cada espaço de utilização, seja este um gabinete, uma sala de reunião, ou um *Open Space*. Isto significa que:

- a) O nível de funcionalidade é superior ao Nível 0, dado que a temperatura interior é regulada;
- b) O nível de funcionalidade é superior ao Nível 1, uma vez que a temperatura do ponto de ajuste é definida de forma individualizada, em cada zona, e não de forma centralizada, com o ponto de ajuste comum para todas as zonas;
- c) O nível de funcionalidade é inferior ao Nível 3, uma vez que não existe troca de informações entre os controladores e o SACE.

O calor dissipado no espaço é ajustado por uma função de controlo exclusiva do espaço que está a ser controlado, sem qualquer troca de informações para fora do espaço controlado. Deste modo, os espaços do edifício podem ser caracterizados como zonas térmicas individualizadas, permitindo aos ocupantes definir os pontos de ajuste de temperatura, para cada modo de funcionamento, em cada zona. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

Tanto o Nível 1, como o Nível 2, dependem de controladores, baseados em microprocessadores, que controlam as condições do ambiente interior, numa ou em mais zonas do edifício. Os níveis mais elevados do SRI, neste serviço, mais concretamente os Níveis 3 e 4, exigem que exista uma forma desses controladores baseados em microprocessadores, troquem informações e coordenarem a sua operação. Para tal acontecer, isto implica que:

- a) Exista um SACE instalado no edifício (o que se comprova);
- b) Os controladores estejam conectados ao SACE (o que não se comprova).

Muito embora o edifício possua uma rede extensa de sensores, que possibilitam a visibilidade sobre os diversos componentes consumidores de energia, a integração de controladores não existe. Para que isso fosse verdade, o controlo da temperatura interior de uma determinada zona, deveria ter em consideração o estado da outra zona.

- Controlo do aquecimento nos elementos construtivos termoativos. Modo de aquecimento (**H1b**) – Apenas TABS;

Uma vez que não existem no edifício, elementos construtivos termoativos, tais como lajes de betão com tubos de água embutidos para ocorrer transferência de calor, piso radiante, paredes termoativas, sistemas combinados com bombas de calor geotérmicas (trocas térmicas com o solo), este serviço classifica-se como **N.A.** (não aplicável).

- Armazenamento e transferência de energia térmica (**H1c**) – Catálogo A;

A este serviço é atribuída a classificação de **N.A.** (não aplicável), uma vez que apenas é aplicável ao Catálogo A, mas o Catálogo selecionado para esta avaliação foi o Catálogo B.

- Controlo da temperatura de água quente da rede de distribuição (ida ou retorno) (**H1c**) – Catálogo B;

Relativamente ao controlo da temperatura do fluido de distribuição, a temperatura média da água de distribuição fica dependente da temperatura exterior. Verificou-se isto com base nos seguintes factos:

- c) Existe, pelo menos, um sensor para medição de temperatura exterior instalado na cobertura do edifício, tal como no INESC A;
- d) Foi definida e aplicada, pela empresa fornecedora de AVAC, uma curva de aquecimento.

Ora, a compensação meteorológica significa que a temperatura média da água de distribuição é reduzida com base na compensação da temperatura exterior. O facto de existir este tipo de compensação, indica que o serviço é avaliado com o **Nível 1**.

- Controlo das bombas de distribuição na rede de aquecimento (**H1d**);

As cinco bombas de circulação de água quente funcionam com um controlo por acionamento de velocidade variável, ou seja, as bombas são automaticamente ligadas ou desligadas e, quando ligadas, podem funcionar a velocidades diferentes com base em diferenças de pressão constantes ou variáveis. Neste edifício, dado que também é mais recente, face ao anteriormente avaliado, todas as bombas de circulação já possuem VFD. Posto isto, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

- Controlo do funcionamento do TES (**H1f**) – Os Sistemas Termoativos (TABS) não são considerados TES;

No INESC B não existe armazenamento de energia térmica, no que diz respeito ao aquecimento. Assim sendo, não existe infraestrutura mínima para que este serviço seja avaliado, pelo que se classifica como **N.A.** (não aplicável).

- Controlo do gerador de calor (combustão e redes urbanas de calor) (**H2a**) – Apenas para geradores de combustão e de aquecimento em redes urbanas;

Sabe-se que a temperatura da caldeira é mantida a uma temperatura constante predefinida, dentro de um desvio de controlo definido. Existe uma regulação mecânica da temperatura, entre os 45°C e os 50°C. Assim, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

- Controlo do gerador de calor (bomba de calor) (**H2b**);

A única bomba de calor do INESC B não faz parte do sistema de aquecimento, estando o seu funcionamento somente interligado com o fornecimento de AQS para o bar e para o chuveiro do WC dos deficientes. Assim sendo, não existe infraestrutura mínima para que este serviço seja avaliado, pelo que se classifica como **N.A.** (não aplicável).

- Sequência de funcionamento dos geradores de calor (**H2d**);

No INESC B, existe somente um gerador de calor: uma caldeira a gás natural. Dado este facto, não existe capacidade de sequenciação avaliável. Assim sendo, classifica-se este serviço como **N.A.** (não aplicável).

- Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema de aquecimento (**H3**);

Solicitou-se ao gestor técnico do edifício informações relativas ao desempenho do sistema de aquecimento, sendo que, a única informação disponível é a informação que diz respeito à faturação total por vetor energético (eletricidade e gás natural), sem a divisão dos gastos nas diferentes utilizações finais da energia, não existindo qualquer funcionalidade de relatórios associada. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

- Flexibilidade e interação com a rede (**H4**).

O sistema de aquecimento tem o seu funcionamento anexado a um horário predefinido, que reflete as horas de funcionamento do edifício, sem qualquer tipo de informação adicional da rede. Assim sendo, não existe qualquer flexibilidade ou interação com a rede, resultando no facto do nível de funcionalidade atribuído ser o **Nível 0**.

Na Figura 100 fica visível a inserção realizada na plataforma de cálculo, relativa à avaliação do domínio do aquecimento.

Controlo da dissipação de calor: (H1a)	2 - Controlo individual do espaço (por exemplo, válvulas termostáticas ou controlador eletrónico)	Percentagem: 100.0
Controlo do aquecimento nos elementos construtivos termoativos (modo de aquecimento): (H1b)	Não aplicável	Percentagem: 100.0
Controlo da temperatura de água quente da rede de distribuição (ida ou retorno): (H1c_CatalogueB)	1 - Controlo de compensação de temperatura exterior	Percentagem: 100.0
Controlo das bombas de distribuição na rede de aquecimento: (H1d)	3 - Controlo de bomba de velocidade variável (estimativas da unidade de bomba (interna))	Percentagem: 100.0
Controlo do funcionamento do armazenamento de energia térmica: (H1f)	Não aplicável	Percentagem: 100.0
Controlo do gerador de calor (combustão e redes urbanas de calor): (H2a)	0 - Controlo de temperatura constante	Percentagem: 100.0
Controlo do gerador de calor (bomba de calor): (H2b)	Não aplicável	Percentagem: 100.0
Sequência de funcionamento dos geradores de calor: (H2d)	Não aplicável	Percentagem: 100.0
Relatório com informações sobre o desempenho do sistema de aquecimento: (H3)	0 - Nenhum	Percentagem: 100.0
Flexibilidade e interação com a rede: (H4)	0 - Sem controlo automático	Percentagem: 100.0

Figura 100 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio do aquecimento, através da plataforma de cálculo

- **Domínio técnico do Arrefecimento:**

- Controlo da dissipação de frio (**C1a**) – Todos os dissipadores de frio incluídos, exceto TABS;

Ora, a temperatura do ar interior é regulada, de forma a ser mantido o ponto de ajuste desejado durante o período de utilização do edifício. Os ocupantes do edifício podem definir os pontos de regulação da temperatura, para cada zona, de forma individual. Isto significa que:

- a) O nível de funcionalidade é superior ao Nível 0, dado que a temperatura interior é regulada;
- b) O nível de funcionalidade é superior ao Nível 1, uma vez que a temperatura do ponto de ajuste é definida de forma individualizada, em cada zona, e não de forma centralizada, com o ponto de ajuste comum para todas as zonas;
- c) O nível de funcionalidade é inferior ao Nível 3, uma vez que não existe troca de informações entre os controladores e o SACE.

O calor removido no espaço é ajustado por uma função de controlo exclusiva do espaço que está a ser controlado, sem qualquer troca de informações para fora do espaço controlado. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- Controlo do arrefecimento nos elementos construtivos termoativos (modo de arrefecimento) (**C1b**) – Apenas TABS;

Uma vez que não existem no edifício, elementos construtivos termoativos, tais como lajes de betão com tubos de água embutidos para ocorrer transferência de calor, piso radiante, paredes termoativas, sistemas combinados com bombas de calor geotérmicas (trocas térmicas com o solo), este serviço classifica-se como **N.A.** (não aplicável).

- Controlo da temperatura de água arrefecida na rede de distribuição (ida ou retorno) (**C1c**);

Relativamente ao controlo da temperatura do fluido de distribuição, a temperatura média da água de distribuição fica dependente da temperatura exterior. Verificou-se isto com base nos seguintes factos:

- a) Existe, pelo menos, um sensor para medição de temperatura exterior instalado na cobertura do edifício;
- b) Foi definida e aplicada, pela empresa fornecedora de AVAC, uma curva de aquecimento.

Ora, a compensação meteorológica significa que a temperatura média da água de distribuição é reduzida com base na compensação da temperatura exterior. O facto de existir este tipo de compensação, indica que o serviço é avaliado com o **Nível 1**.

- Controlo das bombas de distribuição na rede de arrefecimento (**C1d**);

As oito bombas de circulação de água refrigerada funcionam com um controlo por acionamento de velocidade variável, ou seja, as bombas são automaticamente ligadas ou desligadas e, quando ligadas, podem funcionar a velocidades diferentes com base em diferenças de pressão constantes ou variáveis. Neste edifício, dado que também é mais recente, face ao anteriormente avaliado, todas as bombas de circulação já possuem VFD. Posto isto, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

- Encravamento/relação entre o controlo na distribuição e/ou nas unidades terminais de aquecimento e arrefecimento (**C1f**);

A funcionalidade de encravamento/relação, garante que os sistemas de aquecimento e de arrefecimento não possam funcionar em simultâneo, na mesma divisão. No caso do INESC B, à semelhança do INESC A, a possibilidade de aquecimento e arrefecimento simultâneos é minimizada, ou seja, existe um encravamento/relação parcial, levando a que o nível de funcionalidade atribuído seja o **Nível 1**.

- Controlo do funcionamento do armazenamento de energia térmica (TES) (**C1g**)
– Os Sistemas Termoativos (TABS) não são considerados TES;

No que diz respeito ao armazenamento de energia térmica, mais concretamente do armazenamento de frio, no edifício existe um banco de gelo, estando o seu carregamento ativado durante um horário definido, ou seja, estando anexado a um controlo temporizado. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 1**.

- Controlo do gerador de arrefecimento (**C2a**);

O *chiller* possui um controlo com vários escalões, dependendo da carga ou da procura (da necessidade do edifício), que se reflete diretamente no acionamento dos compressores. Os compressores são ligados e desligados automaticamente. Quando ligados, eles podem funcionar a velocidades diferentes, com base em escalões fixos. Existe um seletor que determina qual, ou quais compressores funcionam. Assim, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 1**.

- Sequência de funcionamento dos equipamentos produtores de água arrefecida (**C2b**);

No edifício, o único equipamento produtor de água arrefecida é o *chiller*, pelo que não existe capacidade de sequenciação avaliável. Assim, a este serviço é atribuída a classificação de **N.A.** (não aplicável).

- Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema de arrefecimento (**C3**);

Solicitou-se ao gestor técnico do edifício informações relativas ao desempenho do sistema de arrefecimento sendo que, a única informação disponível é a informação que diz respeito à faturação total por vetor energético (eletricidade e gás natural), sem a divisão dos gastos nas diferentes utilizações finais da energia, não existindo qualquer funcionalidade de relatórios associada. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

- Flexibilidade e interação com a rede (**C4**).

O sistema de arrefecimento tem o seu funcionamento anexado a um horário predefinido, que reflete as horas de funcionamento do edifício, sem qualquer tipo de informação adicional da rede. O sistema de arrefecimento não recebe, nem reage aos sinais da rede, não existindo qualquer flexibilidade ou interação com esta, resultando no facto do nível de funcionalidade atribuído ser o **Nível 0**.

Na Figura 101 fica visível a inserção realizada na plataforma de cálculo, relativa à avaliação do domínio do arrefecimento.

Controlo da dissipação de frio: (C1a)	2 - Controlo individual do espaço	Percentagem:	100.0	+	?
Controlo do arrefecimento nos elementos construtivos termossíveis (modo arrefecimento): (C1b)	Não aplicável	Percentagem:	100.0	+	?
Controlo da temperatura de água arrefecida na rede de distribuição (ida ou retorno): (C1c)	1 - Controlo de compensação de temperatura exterior	Percentagem:	100.0	+	?
Controlo das bombas de distribuição na rede de aquecimento: (C1d)	3 - Controlo de bomba de velocidade variável (estimativas da unidade de bomba (interna))	Percentagem:	100.0	+	?
Encravamento/relação entre o controlo na distribuição e/ou nas unidades terminais de aquecimento e arrefecimento: (C1f)	1 - Encravamento/relação parcial (dependente do sistema de AVAC)	Percentagem:	100.0	+	?
Controlo do funcionamento do armazenamento de energia térmica: (C1g)	1 - Controlo temporizado	Percentagem:	100.0	+	?
Controlo do gerador de arrefecimento: (C2a)	1 - Controlo com vários escalões do gerador de calor, dependendo da carga ou procura (por exemplo, ligar/desligar de vários co	Percentagem:	100.0	+	?
Sequência de funcionamento dos equipamentos produtores de água arrefecida: (C2b)	Não aplicável	Percentagem:	100.0	+	?
Relatório com informações sobre o desempenho do sistema de arrefecimento: (C3)	0 - Nenhum	Percentagem:	100.0	+	?
Flexibilidade e interação com a rede: (C4)	0 - Sem controlo automático	Percentagem:	100.0	+	?

Figura 101 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio do arrefecimento, através da plataforma de cálculo

- **Domínio técnico da Água Quente Sanitária:**

Como já foi referido, no INESC B existe um circuito de água quente dedicado para a AQS. No logradouro do edifício, no Piso -1, existe uma bomba de calor responsável pelo fornecimento de AQS ao bar e ao chuveiro do WC dos deficientes.

- Controlo do aquecimento da água quente armazenada, com aquecimento elétrico direto ou com bomba de calor (**DHW1a**);

O equipamento responsável pelo aquecimento da água é a bomba de calor supramencionada, estando a ela associada uma unidade exterior e um depósito de acumulação, que é o responsável pelo armazenamento da AQS. O carregamento do armazenamento é automaticamente ligado e desligado, com base na temperatura de armazenamento da AQS. Assim, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**. Portanto, o circuito de água dedicado à AQS, fornece água quente a uma temperatura constante durante as horas de ocupação do edifício, sendo o carregamento do armazenamento ligado e desligado de forma automática, de forma a conseguir manter essa temperatura.

- Controlo da carga do armazenamento de AQS (**DHW1b**) – Catálogo A;

A este serviço é atribuída a classificação de **N.A.** (não aplicável), uma vez que apenas é aplicável ao Catálogo A, mas o Catálogo selecionado para esta avaliação foi o Catálogo B.

- Controlo do aquecimento da água quente armazenada, com aquecedores de água (**DHW1b**) – Catálogo B;

Uma vez que o único método existente no edifício para produção da AQS é o aquecimento através da bomba de calor, não existindo aquecedores de água, a este serviço é atribuída a classificação de **N.A.** (não aplicável).

- Controlo de aquecimento da água armazenada, com coletor solar e geração de calor suplementar (**DHW1d**);

No edifício não está instalado qualquer tipo de sistema solar térmico, ou seja, não existem coletores solares. Assim, a este serviço é atribuída a classificação de **N.A.** (não aplicável).

- Sequenciação no caso de diferentes geradores de AQS (**DHW2b**);

A aptidão para as tecnologias inteligentes do serviço de sequenciação não é aplicável a este serviço, pelo que não existe capacidade de sequenciação avaliável, uma vez que o único equipamento responsável pelo fornecimento AQS é a bomba de calor, localizada no logradouro do INESC B. Assim, a este serviço é atribuída a classificação de **N.A.** (não aplicável).

- Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema de água quente para uso doméstico (**DHW3**).

Não existe nenhum mecanismo que forneça informações relevantes acerca do desempenho do sistema de AQS. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

Na Figura 102 fica visível a inserção realizada na plataforma de cálculo, relativa à avaliação do domínio da AQS.

Controlo do aquecimento da água quente armazenada, com aquecimento elétrico direto ou com bomba de calor: (DHW1a)	0 - Controlo automático on/off	Percentagem: 100.0	+
Controlo do aquecimento da água quente armazenada, com aquecedores de água: (DHW1b_CatalogueB)	Não aplicável	Percentagem: 100.0	+ ?
Controlo de aquecimento da água armazenada, com coletor solar e geração de calor suplementar: (DHW1d)	Não aplicável	Percentagem: 100.0	+
Sequenciação no caso de diferentes geradores de AQS: (DHW2b)	Não aplicável	Percentagem: 100.0	+ ?
Relatório com informações sobre o desempenho do sistema AQS: (DHW3)	0 - Nenhum	Percentagem: 100.0	+ ?

Figura 102 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio da AQS, através da plataforma de cálculo

- **Domínio técnico da Ventilação:**

O edifício utiliza ventilação mecânica, que fornece ar fresco temperado aos seus espaços.

- Controlo do caudal de ar fornecido ao nível do espaço (**V1a**);

O sistema de ventilação funciona com base num cronograma de ocupação predefinido sendo que, quando foi questionado ao gestor técnico do edifício se o sistema de ventilação poderia ser encontrado a funcionar durante um dia em que, por algum motivo, o edifício não estivesse a ser utilizado, a resposta foi positiva. Ou seja, o sistema funciona de acordo com um determinado horário e, quando funciona, está normalmente na velocidade máxima. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 1**.

- Controlo do caudal de ar ou pressão ao nível da unidade de tratamento do ar (**V1c**);

Os ventiladores da UTAN são controlados através de um mecanismo de temporização para ligar/ desligar. O sistema funciona em determinados momentos, e quando funciona, a sua velocidade é ajustada com base na pressão da conduta, existindo uma regulação por pressão. Desta forma, durante o período nominal de ocupação, a pressão dos ventiladores é variável, disponibilizando um fornecimento contínuo de caudal de ar em carga ajustável, uma vez que existem VFD's que regulam a velocidade dos ventiladores. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 1**.

- Controlo da recuperação de calor: prevenção do sobreaquecimento (**V2c**);

No INESC B existe controlo de sobreaquecimento, sendo este aplicado com base numa roda térmica, localizada na exaustão do ar. O sistema de ventilação inclui então a funcionalidade para anular a recuperação de calor, evitando o sobreaquecimento. O controlo do sobreaquecimento pode parar, modular ou sobrepor o funcionamento do permutador de calor. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 1**.

- Controlo da temperatura do ar na unidade de tratamento do ar (**V2d**);

O ponto de ajuste da temperatura do ar fornecido é constante e só pode ser alterado centralmente pelo gestor técnico do edifício. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 1**.

- *Free-cooling* mecânico (**V3**);

Uma vez que a UTAN não tem atualmente a capacidade de realizar *free-cooling*, não existindo a infraestrutura mínima necessária para que esta estratégia de climatização seja concretizada de outra forma, a este serviço é atribuída a classificação de **N.A.** (não aplicável).

- Relatórios de informação sobre a QAI (**V6**).

Existem pelo edifício vários sensores Aranet em locais de trabalho e de passagem, que fazem a medição de alguns parâmetros, tais como a temperatura, a humidade relativa e os níveis de CO₂ no espaço. Todavia, estes sensores apenas fazem as medições, sendo os registos guardados num servidor denominado por Sentinel, mas não tendo qualquer influência, ou troca de informações com o sistema de climatização.

Não existe, portanto, nenhum mecanismo para monitorizar a qualidade do ar, num formato de relatório. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

Na Figura 103 fica visível a inserção realizada na plataforma de cálculo, relativa à avaliação do domínio da ventilação.

Controlo do caudal de ar fornecido ao nível do espaço: (V1a)	Percentagem:
1 - Controlo com horário	100.0 + ?
Controlo de caudal de ar ou pressão na unidade de tratamento de ar: (V1c)	Percentagem:
1 - Controlo de tempo on/of. Fornecimento contínuo de fluxo de ar para uma carga máxima	100.0 + ?
Controlo da recuperação de calor: prevenção do sobreaquecimento: (V2c)	Percentagem:
1 - Com controlo de sobreaquecimento: Modular ou fazer bypass ao recuperador de calor cc	100.0 + ?
Controlo da temperatura do ar na unidade de tratamento do ar: (V2d)	Percentagem:
1 - Setpoint constante	100.0 + ?
Free-cooling mecânico: (V3)	Percentagem:
Não aplicável	100.0 + ?
Relatório com informações sobre QAI: (V6)	Percentagem:
0 - Nenhum	100.0 + ?

Figura 103 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio da ventilação, através da plataforma de cálculo

- **Domínio técnico da Iluminação:**
- Controlo de ocupação para iluminação interior (**L1a**);

Com base nos vários levantamentos realizados, foi possível aferir os níveis de funcionalidade existentes no edifício, relativos ao controlo de ocupação para iluminação interior.

Cerca de 75.6% da área interior iluminada é controlada através de comutação manual, ou seja, interruptores manuais de ligar/ desligar. Os interruptores manuais instalados no edifício, vão desde interruptores simples e interruptores duplos, até controladores KNX de quatro/ oito botões. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído a 75.6% da área interior iluminada, é o **Nível 0**. Este nível diz respeito maioritariamente às zonas de trabalho, desde gabinetes, salas de reuniões, *open spaces*, entre outras.

Cerca de 24.4% da área interior iluminada é controlada através de deteção automática, com *auto on*. O sistema de controlo liga, diminui (regulação de fluxo) ou desliga as luzes automaticamente, sempre que existe ocupação na área iluminada, proporcionando maior eficiência energética, bem como um acréscimo de conforto e comodidade para os utilizadores do edifício. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído a 24.4% da área interior iluminada, é o **Nível 2**. Este nível diz respeito maioritariamente às zonas de átrios, corredores e WC's. Nestes espaços, existem sensores de presença e de movimento, que enviam sinais aos controladores do SACE.

- Iluminância/Controlo de luz natural (**L2**).

Os controlos de iluminação não têm em consideração qualquer informação acerca dos níveis de luz natural, não existindo sequer nenhum mecanismo para realizar as medições dos níveis de luz natural, nos diferentes espaços do edifício. No edifício existe um controlo manual para apagar as luzes, setorizadas por zonas ou espaços. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 1**.

Na Figura 104 fica visível a inserção realizada na plataforma de cálculo, relativa à avaliação do domínio da iluminação.

Controlo de ocupação para iluminação interior: (L1a)	Porcentagem:
0 - Interruptor manual on/off	75.572
2 - Detecção automática (auto on)	24.427999999999999
Iluminância/Controlo de luz natural: (L2)	Porcentagem:
1 - Manual (por espaço / zona)	100.0

Figura 104 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio da iluminação, através da plataforma de cálculo

- **Domínio técnico da Envolvente Dinâmica do Edifício:**
- Controlo dos dispositivos de proteção solar (**DE1**);

Relativamente ao controlo dos dispositivos de proteção solar, verifica-se que todos os espaços que possuem vãos envidraçados, possuem dispositivos de proteção solar, ou seja, dispositivos de sombreamento. Torna-se ainda importante referir que, todas as superfícies envidraçadas que façam uma delimitação entre o interior e o exterior do edifício, possuem película de proteção solar.

Os dispositivos de sombreamento são operados manualmente, e contemplam cintas de persianas em rolo e correntes de estores verticais. Note-se que o funcionamento destes dispositivos é baseado somente em operações manuais. Para além do controlo relativo à proteção ao nível interior, na parte exterior do edifício, mais concretamente na fachada Sul, existem palas de betão armado. Estas estruturas auxiliam bastante no controlo do excesso de calor provocado pela incidência solar, nomeadamente nas estações quentes. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

- Controlo de janela aberta ou fechada, combinado com o sistema AVAC (**DE2**);

Relativamente ao edifício em questão, no controlo de janela aberta ou fechada, combinado com o sistema de AVAC, as janelas só podem ser abertas ou fechadas manualmente pelos utilizadores, caso contrário elas permanecem fixas.

Em conformidade com o que precede, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

- Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema da envolvente dinâmica do edifício (**DE4**).

Não existe qualquer tipo de relatório de informação sobre o desempenho do sistema da envolvente dinâmica do edifício. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

Na Figura 105 fica visível a inserção realizada na plataforma de cálculo, relativa à avaliação do domínio da envolvente dinâmica do edifício.

Controlo dos dispositivos de proteção solar: (DE1)	Percentagem:
0 - Operação manual	100.0 + ?
Controlo de abertura/fecho de janelas, combinado com sistema AVAC: (DE2)	Percentagem:
0 - Operação manual ou apenas janelas fixas	100.0 + ?
Relatar informações sobre o desempenho de sistemas dinâmicos na envolvente dos edifícios: (DE4)	Percentagem:
0 - Sem relatórios	100.0 + ?

Figura 105 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio da envolvente dinâmica do edifício, através da plataforma de cálculo

- **Domínio técnico da Eletricidade:**
- Relatórios de informação sobre a produção local de eletricidade (**E2**);

A monitorização da produção local de energia elétrica é realizada através do envio de dados operacionais dos inversores para uma *WebBox*, através de comunicação RS485. A *WebBox* recolhe, armazena e retransmite esses dados para a plataforma de monitorização, permitindo análise remota do desempenho do sistema fotovoltaico.

O *software* utilizado é baseado na nuvem, permitindo a visualização e análise dos dados, acessíveis a alguns utilizadores, via aplicação *web* ou móvel. Desta forma, é disponibilizada a alguns utilizadores uma caracterização pormenorizada da produção solar, permitindo otimizar a sua exploração e evidenciar requisitos de manutenção [46].

Os dados que são recolhidos, são visualizados através de *dashboards*, sendo que os dados são armazenados e podem ser recuperados. Alguns utilizadores têm acesso aos valores atuais e aos dados históricos, através da interface utilizada. Deste modo, torna-se possível identificar padrões e tendências, levando a que exista uma visão melhorada da utilização e operação do sistema. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- Armazenamento de eletricidade (produzida localmente) (**E3**);

Não existe nenhum tipo de armazenamento de eletricidade no INESC B. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

- Otimização do autoconsumo da eletricidade gerada localmente (**E4**);

Atualmente, no edifício, não existe qualquer tipo de mecanismo para otimizar o autoconsumo da eletricidade produzida localmente. A eletricidade produzida é consumida pelo edifício, logo que estiver disponível. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

- Controlo de centrais de produção combinada de calor e eletricidade (cogeração) (**E5**);

Não existe sistema de cogeração no edifício pelo que, a este serviço é atribuída a classificação de **N.A.** (não aplicável).

- Suporte de modos de funcionamento em (micro)rede (**E8**);

No estado atual do edifício não existe suporte para o modo de funcionamento em micro-rede, pelo que o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

- Relatórios de informação sobre o armazenamento de energia (**E11**);

Não existe nenhum tipo de armazenamento de eletricidade no INESC B, pelo que também não poderão existir quaisquer tipos de relatórios acerca do armazenamento de energia. Assim sendo, a este serviço é atribuída a classificação de **N.A.** (não aplicável).

- Relatórios de informação sobre o consumo de eletricidade (**E12**).

No edifício em análise, não existem relatórios relativos aos consumos de eletricidade. O edifício em avaliação, quantifica o consumo energético exclusivamente através da análise das faturas energéticas, nomeadamente as referentes ao fornecimento de eletricidade e gás natural. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

Na Figura 106 fica visível a inserção realizada na plataforma de cálculo, relativa à avaliação do domínio da eletricidade.

Relatório com informações sobre a geração local de eletricidade: (E2)	2 - Valores reais e dados históricos	100.0	+	?
Armazenamento de eletricidade (gerada localmente): (E3)	0 - Nenhum	100.0	+	?
Otimizar o autoconsumo de eletricidade gerada localmente: (E4)	0 - Nenhum	100.0	+	?
Controlo das centrais de produção combinada de calor e eletricidade (cogeração): (E5)	Não aplicável	100.0	+	?
Suporte de modos de operação de micro-redes: (E8)	0 - Nenhum	100.0	+	?
Relatório com informações sobre o armazenamento de energia: (E11)	Não aplicável	100.0	+	?
Relatório com informações sobre o consumo de eletricidade: (E12)	0 - Nenhum	100.0	+	?

Figura 106 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio da eletricidade, através da plataforma de cálculo

- **Domínio técnico do Carregamento de Veículos Elétricos:**
- Capacidade de carregamento de veículos elétricos (**EV15**);

Como já foi referido, o edifício dispõe de dois parques de estacionamento, localizados respetivamente na fachada Norte e na fachada Sul. Importa salientar que o parque situado na fachada Sul é partilhado entre o INESC A e o INESC B. Assim, para efeitos de avaliação, e de forma a assegurar a maior precisão possível, considerou-se a

afetação de 50% da capacidade desse parque em frente à fachada Sul, ao INESC A e os restantes 50% ao INESC B.

Relativamente ao estacionamento na fachada Norte do INESC B, existem cinco lugares de estacionamento, sendo um dedicado para motociclos. Desses cinco lugares, existem quatro postos de carregamento, não existindo tomadas.

Relativamente ao estacionamento na fachada Sul do edifício completo (A+B), existem 78 lugares de estacionamento na ala central do parque, e ainda 24 lugares de estacionamento encostados à parte Norte da FEUP. Deste considerável número de lugares de estacionamento, apenas existem cinco postos de carregamento duplos, permitindo o carregamento de até dez veículos 100% elétricos ou híbridos *plug-in*.

Como já foi mencionado, para o efeito desta avaliação, vão então considerar-se que, na fachada Sul do edifício completo, de um total de 102 lugares de estacionamento, 51 lugares serão afetos ao INESC A e os restantes 51 lugares serão afetos ao INESC B. Posto isto, do total de dez lugares de estacionamento com pontos de carregamento, na fachada Sul, cinco lugares serão afetos ao INESC A e os restantes cinco lugares serão afetos ao INESC B.

Neste sentido, no INESC B existe um total de 56 lugares de estacionamento, em que nove lugares têm acesso a ponto de carregamento.

Por conseguinte, conclui-se que 16% dos lugares de estacionamento do edifício estão equipados com pontos de carregamento. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**, uma vez que o valor se encontra entre os 10 e os 50%.

- Balanceamento da rede de carregamento de veículos elétricos (**EV16**);

Os carregamentos não são controlados, ou seja, não são utilizados sinais de controlo no carregamento dos veículos. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

- Informação sobre conectividade e tarifário de carregamento de veículos elétricos (**EV17**).

Relativamente à conectividade e tarifário de carregamento dos veículos elétricos, não há informações de carregamento fornecidas ao ocupante do edifício pelo que, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

Na Figura 107 fica visível a inserção realizada na plataforma de cálculo, relativa à avaliação do domínio do carregamento de veículos elétricos.

Capacidade de carregamento VE: (EV15)	Percentagem:
3 - 10-50% o de estacionamento tem ponto de carregamento	100.0 + ?
Balanceamento da rede de carregamento de VE: (EV16)	Percentagem:
0 - Não presente (carregamento não controlado)	100.0 + ?
Informação sobre conectividade e tarifário de carregamento de veículos elétricos: (EV17)	Percentagem:
0 - Não há informação disponível	100.0 + ?

Figura 107 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio do carregamento de veículos elétricos, através da plataforma de cálculo

- **Domínio técnico da Monitorização e Controlo:**

- Gestão do período de funcionamento (**MC3**);

No caso do edifício em avaliação, existe uma configuração do tempo de funcionamento das instalações de AVAC, de acordo com um calendário predefinido. Assim, existem configurações diferentes, com base em diferentes dias da semana, ou na hora do dia. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 1**.

- Detetar avarias nos sistemas técnicos do edifício e apoio ao diagnóstico dessas avarias (**MC4**);

Ao que se conseguiu apurar nos levantamentos ao edifício, dos sistemas técnicos existentes, apenas existe comunicação centralizada para as avarias e para os alarmes detetados no sistema de AVAC, no sistema de iluminação, no sistema de segurança, nomeadamente a videovigilância e no sistema de redes (telecomunicações). Posto isto, admite-se que são monitorizados pelo menos 2 sistemas técnicos relevantes, dos quais podem ser detetadas avarias e disparados alarmes. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 1**.

- Deteção de ocupação: serviços conectados (**MC9**);

No caso do edifício em estudo, existem sensores de presença e de movimento espalhados ao longo do mesmo, principalmente em corredores, WC's, átrios e escadas. Esta deteção de ocupação é dedicada a uma função em específico, que é a iluminação. Para além deste tipo de deteção, existe ainda o sistema de videovigilância, que é constituído por diversas câmaras ao longo do edifício e uma central. As câmaras existentes estão localizadas em locais estratégicos, para fazer controlo de intrusão, sem qualquer tipo de identificação pessoal, não estando interligadas, de nenhuma forma, com os sistemas de iluminação ou AVAC.

Após os levantamentos necessários, verificou-se que em 75.6% da área útil interior do edifício, não existe qualquer tipo de deteção de ocupação, pelo que se avalia essa mesma área com o **Nível 0**. Por outro lado, cerca de 24.4% da área útil interior do edifício possui deteção de ocupação para reação do sistema de iluminação. Desta forma, avalia-se essa área com o **Nível 1**.

- Relatórios centralizados de desempenho e consumo de energia dos sistemas técnicos (**MC13**);

No edifício em análise, não existem relatórios relativos aos consumos de eletricidade dos sistemas existentes. O edifício em avaliação, quantifica o consumo energético exclusivamente através da análise das faturas energéticas, nomeadamente as referentes ao fornecimento de eletricidade e gás natural. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

- Integração com a Rede Inteligente (*Smart Grid*) (**MC25**);

Não existe harmonização entre a rede e os sistemas técnicos, ou seja, o edifício funciona independentemente da carga da rede. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

- Relatórios de informação sobre o desempenho e a operação da DSM (**MC28**);

Não existem relatórios com informações relativas ao desempenho e à operação da gestão do lado da procura, uma vez que ainda não existe este tipo de gestão. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

- Cancelamento/suspensão do sistema de controlo baseado na gestão do lado da procura (**MC29**);

Não existe controlo da gestão do lado da procura, pelo que o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

- Plataforma única que permite o controlo automatizado e a coordenação entre sistemas técnicos + otimização do fluxo de energia com base nos sinais de ocupação, meteorologia e da rede (**MC30**).

Não existe uma plataforma única para coordenar todos os sistemas técnicos. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 0**.

Na Figura 108 fica visível a inserção realizada na plataforma de cálculo, relativa à avaliação do domínio da monitorização e controlo.

Gestão do período de funcionamento: (MC3) 1 - Estabelecido individualmente seguindo um horário de funcionamento pré-estabelecido incluindo os períodos pré-ocupação	Percentagem: 100.0
Deteção de avarias de sistemas técnicos do edifício e apoio ao diagnóstico dessas avarias: (MC4) 1 - Com indicação central de avarias detetadas e alarmes para pelo menos 2 sistemas técnicos relevantes no edifício	Percentagem: 100.0
Deteção de ocupação: serviços conectados: (MC5) 0 - Nenhum 1 - Deteção de ocupação para funções individuais, por exemplo, iluminação	Percentagem: 75.572 24.427999999999997
Relatórios centrais de desempenho dos sistemas técnicos do edifício: (MC13) 0 - Nenhum	Percentagem: 100.0
Integração Smart Grid: (MC25) 0 - Sem harmonização entre os sistemas energéticos da rede e o edifício, o edifício é operado independentemente da carga da rede	Percentagem: 100.0
Relatório com informações sobre o desempenho e a operação da gestão do lado da procura: (MC28) 0 - Nenhum	Percentagem: 100.0
Cancelamento/suspensão do sistema de controlo baseado na gestão do lado da procura: (MC29) 0 - Sem gestão do lado da procura	Percentagem: 100.0
Plataforma única que permite o controlo e coordenação automatizados entre sistemas técnicos + otimização do fluxo de energia com base em sinais de ocupação, meteorologia e da rede: (MC30) 0 - Nenhum	Percentagem: 100.0

Figura 108 – Avaliação dos diferentes serviços, do domínio da monitorização e controlo, através da plataforma de cálculo

Depois de avaliados todos os domínios técnicos, seguem-se os resultados globais desta avaliação, que são apresentados na Figura 109, que se segue. Na Figura 110, são reveladas as pontuações detalhadas, pelos diferentes critérios de impacto (Pontuações de Impacto), e pelos diferentes domínios técnicos (Pontuações dos Domínios). Já na Figura 111 é apresentado um gráfico de impacto, que revela de forma ilustrativa, as pontuações de impacto apresentadas na Figura 110, desde o critério de impacto da Eficiência Energética, até ao critério de impacto da Informação aos Ocupantes, estando a legenda de cores apresentada do lado direito da figura.

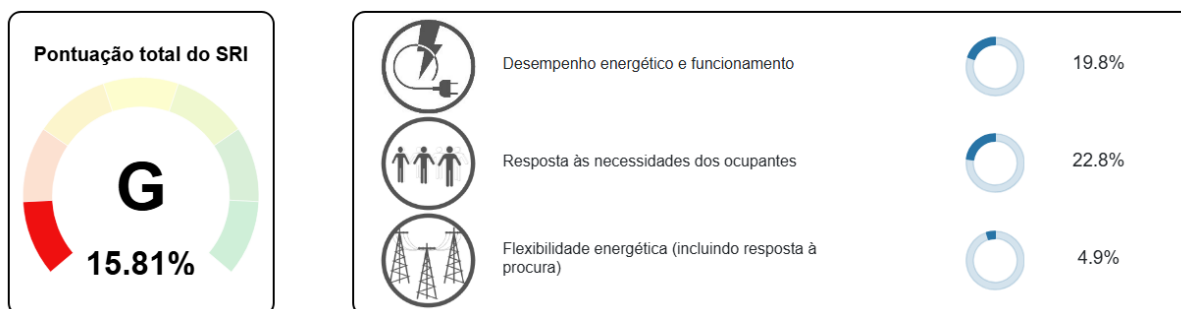


Figura 109 – Resultados globais da avaliação – Pontuação total do SRI e Pontuações desagregadas pelas 3 funcionalidades principais

Analisando a Figura 109, verifica-se que o INESC B alcançou uma pontuação total de 15.8%, o que inclui o edifício na Classe G. Esta pontuação final é extremamente baixa, revelando que existe um nível de “inteligência” muito reduzido no edifício. Este valor reflete uma situação de desempenho deficiente do SACE, com ausência de funcionalidades de automação, de gestão energética e de interação com os utilizadores.

No que diz respeito à funcionalidade principal de “Desempenho energético e funcionamento”, obteve-se um resultado de 19.8%, o que é um valor relativamente baixo. Isto significa que os sistemas existentes têm pouca capacidade de otimização automática do consumo energético e que, existe uma implementação pobre ao nível da monitorização, do controlo inteligente da climatização, da iluminação, entre outros fatores.

Analisando agora a funcionalidade principal de “Resposta às necessidades dos ocupantes”, obteve-se um resultado de 22.8%, o que também é um resultado baixo. Este resultado revela que o edifício oferece soluções limitadas de conforto, saúde e bem-estar, baseadas em tecnologia inteligente. Permite ainda concluir que existe uma baixa adaptabilidade às preferências dos utilizadores, pouca monitorização da qualidade do ar interior, iluminação adaptativa ou de ferramentas de interação entre os utilizadores e o sistema.

No que diz respeito à funcionalidade principal de “Flexibilidade energética”, obteve-se um resultado de 4.9%, o que é um valor praticamente nulo. Este resultado demonstra uma quase inexistente capacidade de integração com a rede elétrica e a falta de capacidade de resposta à procura. Pode-se afirmar que o edifício representa uma carga rígida para a rede, sem nenhum contributo para a sua estabilização.

		7 IMPACTOS							
		Eficiência energética	Flexibilidade energética	Conforto	Facilidade de utilização	Saúde	Manutenção	Informação aos ocupantes	SRI
	Ponderações de impacto	34%	5%	33%	21%	28%	6%	9%	15.81%
9 DOMÍNIOS	Aquecimento	42%	0%	38%	38%	67%	0%	0%	19%
	AQS	0%	0%	-	0%	-	0%	0%	0%
	Arrefecimento	47%	12%	38%	38%	67%	0%	0%	24%
	Ventilação	36%	-	43%	50%	25%	0%	0%	24%
	Iluminação	25%	-	30%	30%	0%	-	-	22%
	Envolvente do Edifício Dinâmica	0%	-	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Eletricidade	25%	0%	-	0%	-	25%	33%	13%
	Carregamento Veículos Elétricos	-	-50%	-	50%	-	-	0%	-25%
	Monitorização e Controlo	16%	10%	41%	13%	25%	11%	11%	15%

Figura 110 – Pontuações detalhadas, pelos diferentes critérios de impacto, e pelos diferentes domínios técnicos

Segue uma análise sucinta às pontuações detalhadas do SRI, apresentadas na Figura 110, organizada pelos critérios de impacto e pelos domínios técnicos.

Começando então pelos critérios de impacto:

- **Eficiência energética (34%):** Desempenho baixo-médio, com contribuições relevantes pelo arrefecimento (47%) e aquecimento (42%), seguindo a ventilação (36%). Os restantes domínios tiveram um baixo impacto.
- **Flexibilidade energética (5%):** Desempenho quase nulo, em que os únicos contributo foram pela monitorização e controlo (10%) e pelo arrefecimento (12%), tendo ainda um impacto negativo pelo carregamento de veículos elétricos (-50%).
- **Conforto (33%):** Desempenho baixo, com valores razoáveis na ventilação (43%) monitorização e controlo (41%). Contudo, globalmente limitado;
- **Facilidade de utilização (21%):** Desempenho baixo, com maior peso no carregamento de veículos elétricos (50%) e na ventilação (50%). Algum peso no aquecimento (38%), arrefecimento (38%) e iluminação (30%);
- **Saúde (28%):** Desempenho baixo, com destaque no aquecimento (67%) e arrefecimento (67%), sinal de algum contributo para as condições do ambiente;
- **Manutenção (6%):** Desempenho muito baixo, com contributo apenas da eletricidade (25%) e da monitorização e controlo (11%);

- **Informação aos ocupantes (9%):** Desempenho muito baixo, com contributo apenas da eletricidade (33%) e da monitorização e controlo (11%).

As pontuações detalhadas pelos critérios de impacto, podem ser analisadas, de uma forma mais visual, através da Figura 111.

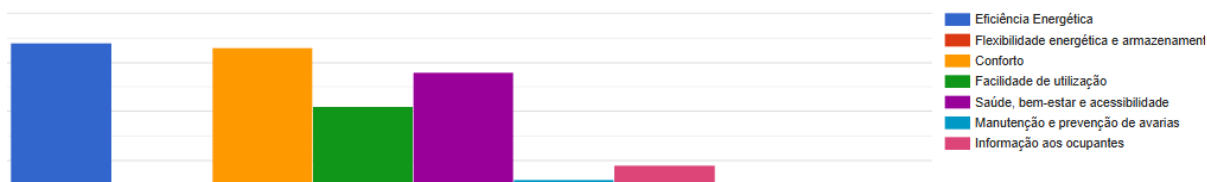


Figura 111 – Gráfico de Impacto

Analisando agora a avaliação dos domínios técnicos:

- **Aquecimento (19%):** Médio, com contribuindo em grande parte dos critérios de impacto;
- **AQS (0%):** Sem contributos;
- **Arrefecimento (24%):** Relevante, sobretudo na eficiência, facilidade de utilização, saúde e conforto;
- **Ventilação (24%):** Relevante, sobretudo na facilidade de utilização e no conforto;
- **Iluminação (22%):** Importância equilibrada entre eficiência, conforto e facilidade de utilização;
- **Envolvente dinâmica do edifício (0%):** Sem contributos.
- **Eletricidade (13%):** Fraco, tendo apenas algum impacto ao nível da eficiência energética, manutenção e informação aos ocupantes;
- **Carregamento de veículos elétricos (-25%):** Pior resultado, revelando inadequação nas soluções instaladas;
- **Monitorização e controlo (15%):** Domínio mais transversal, com desempenho razoável no conforto.

5.2.2 Determinação de medidas de melhoria e nova avaliação do edifício, considerando essas mesmas medidas

As ações de melhoria propostas referem-se aos serviços que se seguem, devidamente organizadas pelos domínios técnicos. Em cada serviço é especificada a ação de melhoria que se pretende realizar. Todos os restantes serviços mantêm a sua avaliação, conforme a avaliação do estado atual do edifício, uma vez que não sofreram qualquer impacto pelas medidas de melhoria propostas.

Foi utilizada a Tabela 15 como auxiliar ao processo de avaliação que se segue, estando esta presente no ANEXO IV.

- **Domínio técnico do Aquecimento:**
- Controlo da dissipação de calor (**H1a**) – Todos os dissipadores de calor incluídos, exceto TABS;

Pretende-se aprimorar o controlo da dissipação de calor, permitindo que exista controlo individual do espaço com comunicação entre os controladores e o SACE, e deteção de ocupação. As funções de comunicação devem possibilitar a partilha de pontos de referência, de procura e de outras informações importantes, relativas ao seu estado. Permitem ainda obter informações acerca da procura de energia, de forma a se utilizar à *posteriori*, para controlar a distribuição e a produção de calor, mantendo no mínimo o tempo de funcionamento e selecionando as configurações de funcionamento ideais.

Pretende-se ainda ter a função do controlo de deteção de ocupação, tornando o serviço ainda mais inteligente. Espera-se atingir estas funcionalidades, com a instalação de multisensores pelo edifício, de forma a ser possível fazer medições de alguns parâmetros, já mencionados nas medidas de melhoria propostas, neste mesmo serviço, no INESC A.

Para tal melhorias serem efetivas, torna-se ainda necessário que se aprimore o SACE existente, permitindo a comunicação entre os diversos controladores e o mesmo. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 4**.

- Controlo da temperatura de água quente da rede de distribuição (ida ou retorno) (**H1c**) – Catálogo B;

Pretende-se que exista um controlo baseado na procura, em que a temperatura média da água de distribuição dependa da carga de aquecimento das zonas, ou seja, de medições da temperatura interior, realizadas pelos multisensores. Desta forma, a temperatura média da água de distribuição será reduzida com base em medições da temperatura interior. Assim sendo, com o *feedback* da temperatura interior, o nível de funcionalidade atribuído ser o **Nível 2**.

- Controlo do gerador de calor (combustão e redes urbanas de calor) (**H2a**) – Apenas para geradores de combustão e de aquecimento em redes urbanas;

Pretende-se que a caldeira passe a ter um controlo de temperatura variável, dependente da carga. Desta forma, a temperatura da caldeira será modificada com base na carga térmica do sistema, dependendo da configuração para o valor da temperatura da água de fornecimento. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema de aquecimento (**H3**);

Esperam-se obter relatórios centralizados, ou remotos, dos KPI's atuais, dos dados históricos, e uma avaliação de desempenho, com previsões e/ ou comparações (*benchmarking*). Alguns KPI's relevantes para o sistema atual, foram já descritos, com rigor, nas medidas de melhoria propostas, neste mesmo serviço, no INESC A, sendo os mesmos para o INESC B, mas claro, com ajustes aos equipamentos do edifício.

Estes relatórios serão de extrema relevância para ser possível avaliar o desempenho do sistema de aquecimento. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

- Flexibilidade e interação com a rede (**H4**).

Pretende-se que o sistema de aquecimento passe a ter um controlo flexível através de sinais da rede. Deste modo, com alterações ao algoritmo atual, o sistema de aquecimento pode ser modificado através de sinais da rede exterior, ajustando o seu funcionamento em conformidade com os sinais que receber, como por exemplo, pelo preço da eletricidade, enquadrando-se no conceito de Gestão da Procura. Para tal ser possível, é necessário integrar um algoritmo de controlo dos sinais da rede. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

- **Domínio técnico do Arrefecimento:**

- Controlo da dissipação de frio (**C1a**) – Todos os dissipadores de frio incluídos, exceto TABS;

Pretende-se aprimorar o controlo da dissipação de frio, permitindo que exista controlo individual do espaço com comunicação entre os controladores e o SACE, e deteção de ocupação, à semelhança do serviço H1a, do domínio do Aquecimento. As funções de comunicação devem possibilitar a partilha de pontos de referência, de procura e de outras informações importantes, relativas ao seu estado.

Permite ainda obter informações acerca da procura de energia, de forma a se utilizar à *posteriori*, para controlar a distribuição e a produção de frio, mantendo no mínimo o tempo de funcionamento e selecionando as configurações de funcionamento ideais. Pretende-se ainda ter a função do controlo de deteção de ocupação, tornando o serviço ainda mais inteligente. Espera-se atingir estas funcionalidades, com a instalação de multisensores pelo edifício, sendo que já foi detalhado nas medidas de melhoria do serviço H1a, do domínio do Aquecimento.

Para tal melhorias serem reais é ainda necessário que se aprimore o SACE existente, permitindo a comunicação entre os diversos controladores e o mesmo. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 4**.

- Controlo da temperatura de água arrefecida na rede de distribuição (ida ou retorno) (**C1c**);

Pretende-se que exista um controlo baseado na procura, em que a temperatura média da água de distribuição dependa da carga de aquecimento das zonas, ou seja, de medições da temperatura interior, realizadas pelos multisensores. Desta forma, a temperatura média da água de distribuição será aumentada com base em medições da temperatura interior. Assim sendo, com o *feedback* da temperatura interior, o nível de funcionalidade atribuído ser o **Nível 2**.

- Encravamento/relação entre o controlo na distribuição e/ou nas unidades terminais de aquecimento e arrefecimento (**C1f**);

Prevêem-se melhorias no que diz respeito ao encravamento/ relação entre o controlo na distribuição e/ ou nas unidades terminais de aquecimento e de arrefecimento. O objetivo é que exista uma função de controlo que garanta que não haverá a possibilidade de aquecimento e arrefecimento simultâneos. Para isso, a construção mecânica hidráulica terá de ser revista e modificada, ou ter-se-á de ponderar uma comutação total no nível de fornecimento, impedindo assim o aquecimento e arrefecimento simultâneos. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- Controlo do funcionamento do armazenamento de energia térmica (TES) (**C1g**)
– Os Sistemas Termoativos (TABS) não são considerados TES;

Espera-se que o controlo do carregamento do banco de gelo passe a ser um controlo baseado na previsão de carga. Desta forma, o carregamento do banco de gelo estará sempre ativado, mas a carga disponível será reduzida quando não for necessária, com base na previsão das necessidades de carga. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema de arrefecimento (**C3**);

Esperam-se obter relatórios centralizados, ou remotos, dos KPI's atuais, dos dados históricos, e uma avaliação de desempenho, com previsões e/ ou comparações (*benchmarking*).

Alguns KPI's relevantes para o sistema atual, foram já descritos, com rigor, nas medidas de melhoria propostas, neste mesmo serviço, no INESC A, sendo os mesmos para o INESC B.

Estes relatórios serão de extrema relevância para ser possível avaliar o desempenho do sistema de arrefecimento. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

- Flexibilidade e interação com a rede (**C4**).

Pretende-se que o sistema de arrefecimento passe a ter um controlo flexível através de sinais da rede. Deste modo, com alterações ao algoritmo atual, o sistema de arrefecimento pode ser modificado através de sinais da rede exterior, ajustando o seu funcionamento em conformidade com os sinais que receber, como por exemplo, pelo preço da eletricidade, enquadrando-se no conceito de Gestão da Procura. Para tal ser possível, é necessário integrar um algoritmo de controlo dos sinais da rede. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

- **Domínio técnico da Água Quente Sanitária:**
 - Controlo do aquecimento da água quente armazenada, com aquecimento elétrico direto ou com bomba de calor (**DHW1a**);

Pretende-se melhorar o controlo do aquecimento da água quente armazenada, realizado pela bomba de calor no logradouro do INESC B. Espera-se que exista um controlo automático para ligar/ desligar, uma ativação do carregamento programado e uma gestão do armazenamento, através de vários sensores. Desta forma, o carregamento do armazenamento de AQS é ativo em horários dedicados, bloqueando o carregamento do armazenamento nos períodos temporais complementares. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- Controlo de aquecimento da água armazenada, com coletor solar e geração de calor suplementar (**DHW1d**);

Como já foi referida na medida de melhoria proposta para este serviço, no INESC A, pretende-se instalar no edifício completo (A+B), um sistema solar térmico, que possibilite a redução de custos energéticos relativamente à AQS, tanto no INESC A, como no INESC B.

Por conseguinte, espera-se que exista um controlo automático da carga de armazenamento solar (reservatório solar), como prioridade principal, e da carga de

armazenamento suplementar (reservatório de apoio – depósito auxiliar da bomba de calor), com prioridade secundária. Ambiciona-se que o controlo da temperatura fornecida, seja baseado nas necessidades, ou na gestão do armazenamento com multisensores. Assim, quando a energia solar não for suficiente para fazer face às necessidades, a bomba de calor entrará em funcionamento.

Em conformidade, a carga do armazenamento de AQS está sempre ativada, dando prioridade à carga do armazenamento solar, em relação à carga do armazenamento suplementar de AQS. A deteção através de multisensor(es), indica a capacidade térmica restante no elemento de amortecimento, evitando a recarga precoce, sendo fornecida à bomba de calor, a temperatura da água fornecida. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- Sequenciação no caso de diferentes geradores de AQS (**DHW2b**);

Com a instalação de um sistema solar térmico, integrado com o apoio da bomba de calor, passam a existir dois geradores de calor. Posto isto, passa então a existir capacidade de sequenciação avaliável.

Pretende-se que haja um controlo de acordo com uma prioridade fixa, sendo que a cada gerador é atribuída uma prioridade fixa arbitrária, como já se referiu no serviço DHW1d, imediatamente acima no documento. Pode-se então afirmar que as prioridades são baseadas numa lista de prioridades fixa. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 1**.

- Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema de água quente para uso doméstico (**DHW3**).

Esperam-se obter relatórios centralizados, ou remotos, dos KPI's atuais, dos dados históricos, que façam uma avaliação do desempenho do sistema, incluindo previsões e/ ou avaliação comparativa (*benchmarking*).

Alguns KPI's relevantes para o sistema atual, foram já descritos, com rigor, nas medidas de melhoria propostas, neste mesmo serviço, no INESC A, sendo os mesmos para o INESC B, mas claro, com ajustes aos equipamentos do edifício.

Estes relatórios serão de extrema relevância para ser possível avaliar o desempenho do sistema de AQS. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

- **Domínio técnico da Ventilação:**

- Controlo do caudal de ar fornecido ao nível do espaço (**V1a**);

Como já foi anteriormente referido, nas medidas de melhoria dos serviços H1a e C1a, estimam-se futuras instalações de multisensores pelo edifício, de forma a ser possível fazer medições de alguns parâmetros, já mencionados nas medidas de melhoria propostas, neste mesmo serviço, no INESC A.

Para tal melhorias serem reais, é ainda necessário que se aprimore o SACE existente, permitindo a comunicação entre os diversos controladores e o mesmo.

O sistema de ventilação passará a ser apoiado pelos multisensores, para manter os níveis de qualidade do ar, passando a existir DCV.

O caudal de ar de ventilação será controlado ao nível da zona, e ajustado automaticamente, conforme a necessidade real. Assim sendo, admite-se que o sistema de ventilação funcionará através de um controlo local, com base nas

necessidades medidas nos multisensores relativas à qualidade do ar interior, com caudal local de/ para a zona, regulado por elementos de amortecimento.

O sistema funciona de acordo com as necessidades de cada área, podendo adotar uma velocidade variável proporcional às necessidades de cada espaço. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 4**.

- Controlo do caudal de ar ou pressão ao nível da unidade de tratamento do ar (**V1c**);

Prevê-se que passe a existir um controlo automático de caudal ou pressão, através de um fornecimento de caudal de ar dependente da carga para as necessidades de todos os espaços ligados. A velocidade dos ventiladores será controlada, de forma a manter constante a pressão estática na conduta de ventilação principal. Isto significa que o edifício passará a munir-se de um controlo DCV com pressão controlada. Os ventiladores são desligados quando se deteta que a qualidade do ar está dentro dos níveis padrão, que podem ser constantes ou dinâmicos.

Como a UTAN existente já está preparada para assumir estas funções, uma vez que já possui VFD's que regulem a velocidade dos ventiladores conforme as necessidades de insuflação ou extração, não existe a necessidade de aquisição de uma nova para obtenção de um nível superior de funcionalidade. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

- Controlo da recuperação de calor: prevenção do sobreaquecimento (**V2c**);

Pretende-se que a UTAN atual continue a ter a funcionalidade de controlo de sobreaquecimento, mas que esta função de controlo tenha como base os multisensores instalados nos vários espaços.

Desta forma, irá modular ou controlar a recuperação de calor, com base nas informações de temperatura recolhidas pelos multisensores. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- Controlo da temperatura do ar na unidade de tratamento do ar (**V2d**);

Pretende-se melhorar o controlo da temperatura do ar, na UTAN, com um ponto de ajuste (*setpoint*) variável com compensação dependente da carga. Posto isto, um circuito de controlo permitirá controlar a temperatura do ar fornecido, sendo o ponto de ajuste determinado em função da carga nos diferentes espaços.

Espera-se conseguir atingir este objetivo com um sistema de controlo integrado que permita recolher as temperaturas (através dos multisensores que serão instalados) ou as posições dos atuadores nos diferentes espaços. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

- *Free-cooling* mecânico (**V3**);

Pretendem-se fazer modificações à UTAN, de forma que seja possível fazer *free-cooling*, com um controlo com base na entalpia.

Assim, a quantidade de ar exterior (ar novo) e de recirculação (ar recirculado) será modulada durante todos os períodos de funcionamento, de forma a minimizar a quantidade de arrefecimento mecânico. O cálculo será realizado com base nas temperaturas e humidade (entalpia). Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

- Relatórios de informação sobre a QAI (**V6**).

Esperam-se obter relatórios centralizados, ou remotos, que permitam monitorizar em tempo real o sistema, assim como verificar os dados atuais e históricos da QAI, disponível para os ocupantes.

Desta forma, através das leituras dos multisensores, a qualidade do ar do edifício é reportada sob a forma de indicadores instantâneos, seja de forma centralizada, através de um painel físico exibido num subsistema, ou de forma remota, sendo exibidos alguns indicadores (como por exemplo a concentração de CO₂) numa aplicação móvel, ligada via Wi-Fi ao sistema de ventilação. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- **Domínio técnico da Iluminação:**
- Controlo de ocupação para iluminação interior (**L1a**);

Em conformidade com o que foi dito nas ações de melhoria de mesmo serviço, para o INESC A, o INESC B segue na íntegra as medidas propostas, incluindo a integração dos multisensores com o protocolo DALI-2.

Com estas alterações ao sistema de iluminação, a avaliação será claramente melhorada, dado que a inteligência do serviço é melhorada em diversos espaços, como se pode comprovar pela análise seguinte:

Cerca de 11.4% da área interior iluminada será controlada através de comutação manual, ou seja, interruptores manuais de ligar/ desligar. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído a 11.4% da área interior iluminada, é o **Nível 0**.

Cerca de 25.9% da área interior iluminada será controlada através de deteção automática, com *auto on*. O sistema de controlo liga, diminui (regulação de fluxo) ou desliga as luzes automaticamente, sempre que existe ocupação na área iluminada. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído a 25.9% da área interior iluminada, é o **Nível 2**.

Cerca de 62.7% da área interior iluminada será controlada através de deteção automática, com *manual on*. A luz é então ligada através de um interruptor manual, e se não for desligada manualmente, as luzes são automaticamente reduzidas (na sua intensidade) ou totalmente desligadas pelo sistema de controlo automático existente. Este é o nível de funcionalidade que proporciona a maior eficiência energética. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído a 62.7% da área interior iluminada, é o **Nível 3**.

- Iluminância/Controlo de luz natural (**L2**).

Todos os espaços em que forem instalados os multisensores, como previsto, passarão a ser avaliados com **Nível 3**, no que diz respeito ao serviço L2, relativamente à iluminância/ controlo de luz natural. Os restantes espaços interiores do edifício, continuarão a ser avaliados com **Nível 1**, como foram outrora avaliados, no estado atual do edifício.

Deste modo, este serviço avalia-se da seguinte forma:

Cerca de 32.1% da área interior iluminada, terá um controlo manual para apagar as luzes setorizadas por zonas, ou espaços. Neste caso, esta percentagem reflete os espaços onde não estão instalados os multisensores, ou seja, onde não existe qualquer tipo de sensor de presença ou de movimento, ou espaços onde existe sensorização, mas que não é realizada por multisensor, daí não haver medição da

luminosidade. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído a 32.1% da área interior iluminada, é o **Nível 1**.

Cerca de 67.9% da área interior iluminada, terá regulação de intensidade automática. Deste modo, a luz das luminárias será reduzida e, por fim, completamente desligada, quando a luz natural disponível for suficiente para iluminar de forma correta o espaço. As luminárias serão novamente ligadas e aumentará o seu fluxo, se a quantidade de luz natural reduzir. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído a 67.9% da área interior iluminada, é o **Nível 3**.

- **Domínio técnico da Envolvente Dinâmica do Edifício:**
- Controlo dos dispositivos de proteção solar (**DE1**);

Prevê-se que o controlo dos dispositivos de proteção solar passe a ser um controlo combinado entre os sistemas de iluminação, sistemas de AVAC e dispositivos de oclusão. Para tal, ter-se-ão de adquirir novos elementos de sombreamento (toldos, estores, persianas em rolo ou venezianas) que estejam equipados com um motor para realizar a abertura e o fecho.

O controlo que se perspetiva é igual ao que foi indicado como melhoria neste mesmo serviço, para o INESC A. Pode-se comprovar através do esquema explicativo da Figura 89. Assim, o nível de funcionalidade atribuído a este serviço é o **Nível 3**.

- Controlo de janela aberta ou fechada, combinado com o sistema AVAC (**DE2**);

Como medida de melhoria para este serviço, avalia-se a viabilidade de um sistema de controlo de janelas integrado com os sistemas de AVAC do edifício. Pretende-se ter um sistema que faça deteção de janelas (e portas exteriores) abertas/ fechadas, de forma a desligar os sistemas de aquecimento ou arrefecimento. Propõe-se ainda que sejam instaladas janelas com abertura mecânica automatizada, e que essa abertura se baseie nos dados dos sensores do espaço.

O controlo que se perspetiva é o mesmo que foi indicado como melhoria neste mesmo serviço, para o INESC A, estando os detalhes subjacentes a essa ação de melhoria já explicados acima no documento. Tal pode ser comprovado através do esquema explicativo da Figura 90. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído a este serviço é o **Nível 3**.

- Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema da envolvente dinâmica do edifício (**DE4**).

Tem-se como objetivo obter relatórios, centralizados ou remotos, de informações acerca do desempenho do sistema da envolvente dinâmica do edifício. Nesses relatórios devem vir detalhados vários parâmetros, tais como a posição de cada janela/ porta exterior, deteção de avarias, verificação através de manutenção preditiva e os dados recolhidos pelos diversos sensores, tanto em tempo real, como dados históricos. As medições registadas devem seguir uma caracterização por iluminância, temperatura, vento, entre outras. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído a este serviço é o **Nível 4**.

- **Domínio técnico da Eletricidade:**
- Relatórios de informação sobre a produção local de eletricidade (**E2**);

Pretende-se que a monitorização da produção local de energia elétrica seja realizada através de sistemas de monitorização de energia, que utilizem *hardware* instalado em

pontos estratégicos da instalação. Este *hardware* deverá operar via comunicação sem-fios e deverá captar dados da(s) saída(s) energética(s) e ainda parâmetros operacionais dos painéis solares fotovoltaicos e dos inversores.

Espera-se que, aos relatórios atuais, se consiga adicionar a funcionalidade de avaliação do desempenho, mas agora com previsão e/ ou avaliação comparativa (*benchmarking*). Tendo em conta isso, os dados serão analisados, utilizando modelos estatísticos para previsões.

O *hardware* que será colocado no sistema de produção de energia (e outros medidores/sensores), poderão agregar informações adicionais, como por exemplo, os dados meteorológicos. Face ao exposto, os utilizadores com permissões de acesso, poderão avaliar o desempenho do sistema solar fotovoltaico, em relação a vários padrões. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

- Armazenamento de eletricidade (produzida localmente) (**E3**);

Como já foi referido nas medidas de melhoria deste serviço, para o INESC A, existem dois contentores de baterias que se preveem que sejam utilizados como armazenamento para a energia elétrica produzida pelo sistema solar fotovoltaico. O armazenamento da eletricidade produzida localmente, será realizado para o edifício como um todo (INESC A + INESC B), uma vez que a energia produzida será consumida por todo o edifício. O sistema previsto já foi anteriormente exposto e explicado através da Figura 91. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 4**.

- Otimização do autoconsumo da eletricidade gerada localmente (**E4**);

Espera-se integrar uma gestão automatizada do consumo de eletricidade local, com base na disponibilidade de energia renovável, assim como nas necessidades energéticas atuais e previstas. Para tal ser possível, deverão existir contadores adequados, que realizem o registo do consumo do edifício e a produção de energia. Neste ponto, terá de se avaliar se os contadores existentes servirão para o efeito, ou se deverão ser substituídos por novos.

Do mesmo modo, deverá ser instalado um controlador de cargas automático, que esteja ligado a certos dispositivos do edifício, e que esteja devidamente configurado para responder às medições e ativar/desativar o funcionamento de dispositivos específicos. A par disso, será necessária a instalação de tomadas e dispositivos inteligentes.

O controlador a instalar, deverá ter integrado, ou ser capaz de comunicar com um algoritmo apropriado, que será o responsável por processar as informações adicionais recebidas de outros sensores (ocupação, meteorologia, etc.) e, com essas informações, fazer previsões para as necessidades energéticas do edifício. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

- Suporte de modos de funcionamento em (micro)rede (**E8**);

Espera-se que passe a existir uma gestão automatizada do consumo de eletricidade, ao nível do edifício, e do fornecimento de eletricidade à rede elétrica, quando se determinar vantajoso. Terá de existir comunicação entre a rede e o edifício, e o controlo automático fará o ajuste do consumo e a injeção, baseando-se na troca de informações, através de protocolos de comunicação específicos. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- Relatórios de informação sobre o armazenamento de energia (**E11**);

Como já foi referido no serviço E3, prevê-se que passe a existir armazenamento da energia elétrica produzida pelo sistema solar fotovoltaico, instalado na cobertura do edifício. Desta forma, o serviço E11 passará a ser avaliável.

Esperam-se obter relatórios centralizados, ou remotos, dos dados atuais, dos dados históricos, e uma avaliação de desempenho, com previsões e/ ou comparações (*benchmarking*).

O objetivo é que esta avaliação de desempenho inclua *benchmarking*, de forma a comparar o desempenho do sistema com os padrões espectáveis para esta tipologia de edifício. Será ainda integrado um algoritmo de previsão, de modo que se forneçam informações sobre o estado futuro do sistema de armazenamento. Através dessa informação, os utilizadores poderão ajustar o funcionamento do sistema. Estes relatórios serão de extrema relevância para ser possível avaliar o desempenho do sistema de armazenamento de energia. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

- Relatórios de informação sobre o consumo de eletricidade (**E12**).

Pretende-se que a análise do consumo energético passe a ser esquematizada pelos vetores energéticos (eletricidade e gás natural) e por serviços/ utilização final (AVAC, iluminação, elevadores, AQS, carregamento de veículos elétricos, redes e sistemas auxiliares, entre outros). Com esta classificação, tornar-se-á possível segmentar e analisar o consumo energético de uma forma mais criteriosa.

Prevê-se que venham a ser implementados relatórios informativos sobre o consumo elétrico, incorporando *feedback* e *benchmarking* em tempo real, ao nível do edifício, devido aos dados recolhidos pelo contador serem enviados para uma plataforma baseada na nuvem, ou aplicação móvel. Nessa plataforma/ aplicação, será fornecido o acesso a dados atuais e históricos, e a comparação é realizada entre os dados habituais do edifício com um edifício padrão da mesma tipologia. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- **Domínio técnico do Carregamento de Veículos Elétricos:**
 - Capacidade de carregamento de veículos elétricos (**EV15**);

Objetiva-se ampliar os pontos de carregamento, nomeadamente no estacionamento em frente à fachada Sul do edifício, de tal modo que mais de 50% dos lugares de estacionamento do INESC B, passem a estar equipados com pontos de carregamento.

Para atingir este objetivo, ter-se-ão de instalar, no mínimo dezanove postos de carregamentos simples (ou dez postos de carregamento duplos), no estacionamento Sul. Passariam assim a existir mais dezanove (ou vinte) lugares de estacionamento equipados com pontos de carregamento, ou seja, um total de vinte e nove (ou trinta) lugares com pontos de carregamento.

No caso da instalação dos dezanove postos de carregamentos simples, ter-se-ia que, 50% dos lugares de estacionamento do edifício estariam equipados com pontos de carregamento.

No caso da instalação dos dez postos de carregamento duplos, ter-se-ia que, 51.8% dos lugares de estacionamento do edifício estariam equipados com pontos de carregamento.

Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 4**, uma vez que o valor se encontra acima dos 50%.

- Balanceamento da rede de carregamento de veículos elétricos (**EV16**);

É expectável que os carregamentos passem a ser controlados bidireccionalmente (V2G ou V2B). Neste modelo, a potência fornecida à bateria poderá ser ajustada dinamicamente, através de sinais de comunicação, permitindo a otimização automática do carregamento para mitigar sobrecargas na rede, integrar energia proveniente das fontes renováveis e privilegiar períodos fora das horas de ponta, reduzindo os custos. Podem ser tidos em consideração diversos fatores, como os já mencionados na avaliação deste mesmo serviço, no que diz respeito ao INESC A com melhorias. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- Informação sobre conectividade e tarifário de carregamento de veículos elétricos (**EV17**).

Prevê-se que passem a existir relatórios de informações para os utilizadores, acerca do estado do carregamento, com identificação automática e autorização do condutor para a estação de carregamento, em conformidade com a norma ISO 15118, em complementaridade com o protocolo OCPP.

Assim, os utilizadores poderão aceder a informações acerca do nível e estado da carga do veículo, o estado do carregamento, horários de início e finalização do carregamento, localização e do consumo energético. Parte das informações pode ser visualizada através das luzes indicativas e do ecrã integrado no posto de carregamento, enquanto outras só ficarão visíveis após uma consulta numa plataforma *web*. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- **Domínio técnico da Monitorização e Controlo:**

- Gestão do período de funcionamento (**MC3**);

Pretende-se que passe a existir um controlo para ligar/ desligar as instalações de AVAC, com base nas cargas do edifício, de forma a adequar a sua produção à carga térmica necessária. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- Detetar avarias nos sistemas técnicos do edifício e apoio ao diagnóstico dessas avarias (**MC4**);

Prevê-se que venha a existir uma comunicação centralizada para as avarias e os alarmes detetados para todos os sistemas técnicos relevantes. Os contadores serão utilizados para fazer medições de todos os sistemas técnicos, que se considerem relevantes, utilizando posteriormente os dados gravados para que, o SACE detete qualquer avaria e faça disparar alarmes. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- Deteção de ocupação: serviços conectados (**MC9**);

Tem-se como objetivo futuro que a deteção de ocupação possibilite a regulação automática dos sistemas de iluminação e AVAC, otimizando a eficiência energética e eliminando consumos energéticos desnecessários em áreas ou períodos sem utilização.

Serão aproveitados os sensores de deteção e presença existentes em zonas como corredores, WC's, átrios e escadas. Com a instalação dos multisensores já anunciada, passará a haver deteção de ocupação em todas as áreas de trabalho, o

que irá melhorar significativamente a avaliação deste serviço. Somente em áreas técnicas e zonas de arrumos é que não fará sentido detetar a ocupação.

Com as ações de melhoria previstas, cerca de 11.4% da área útil interior do edifício, não terá qualquer tipo de deteção de ocupação, pelo que se avalia essa mesma área com o **Nível 0**. Por outro lado, cerca de 88.6% da área útil interior do edifício possuirá deteção centralizada de ocupação. Essa deteção estará interligada com o sistema de iluminação e com o sistema de AVAC. Serão recolhidos os dados dos vários sensores, que serão processados e analisados pelo sistema centralizado e, com base nesse processamento de dados, será ajustado o funcionamento dos sistemas já mencionados, de forma coordenada. Desta forma, avalia-se essa área com o **Nível 2**.

- Relatórios centralizados de desempenho e consumo de energia dos sistemas técnicos (**MC13**);

A determinação desta ação de melhoria segue a ideologia no serviço E12, do domínio da eletricidade. Esperam-se obter relatórios centralizados, ou remotos, acerca do consumo energético em tempo real, por vetor energético (eletricidade e gás natural), combinando os dados dos sistemas técnicos do SACE, de todos os principais domínios, numa interface única de relatório. Está prevista a incorporação de *feedback* e *benchmarking* em tempo real. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

- Integração com a Rede Inteligente (*Smart Grid*) (**MC25**);

Tem-se como objetivo que se institua a funcionalidade de gestão do lado da procura, de forma coordenada entre os múltiplos sistemas técnicos do edifício, através da concretização de um controlo do SACE bem estruturado.

A integração em redes inteligentes permitirá otimizar a flexibilidade da procura, recorrendo a preços dinâmicos e à prestação de serviços de balanceamento da rede elétrica. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- Relatórios de informação sobre o desempenho e a operação da DSM (**MC28**);

Visa-se que seja disponibilizado *feedback* sobre as ações de DSM e o respetivo impacto, através de relatórios de informação sobre o histórico corrente e previsto da DSM, incluindo os fluxos de energia geridos.

Todos os dados poderão ser analisados através de algoritmos estatísticos, capazes de fazer as previsões, com o auxílio de autoaprendizagem. Com o auxílio deste tipo de algoritmos, será possível reportar padrões, tendências e anomalias verificadas. Com a inclusão de um sistema de notificações, conseguir-se-á informar os utilizadores acerca de comportamentos inesperados do sistema, caracterizando a anomalia numa escala de gravidade, para facilitar as ações de manutenção.

A aplicação de métodos de reporte de desempenho e de avaliação funcional da DSM, proporcionará aos utilizadores uma visão consolidada da eficácia das ações e operações implementadas. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 2**.

- Cancelamento/suspensão do sistema de controlo baseado na gestão do lado da procura (**MC29**);

Perspetiva-se que haja a capacidade de os utilizadores substituírem a gestão automatizada de energia no âmbito do DSM, devido a preferências de ajuste térmico distintas, ou ainda devido a situações de emergência [46].

A verdade é que, a gestão do lado da procura poderá interferir com outros objetivos de gestão de energia, como o conforto. Com a função prevista, os utilizadores poderão sobrepor-se às suas definições sempre que necessário [46].

Resumindo, o objetivo é possuir uma anulação programada da DSM, e a sua reativação, por um, ou mais utilizadores do edifício. Para tal, ter-se-ão de definir horários, como determinados períodos do dia, ou da semana, para anular o controlo da DSM. Para tratar da anulação e reativação, ter-se-á de utilizar um painel de controlo, uma aplicação móvel, ou ainda uma interface *web*. O método de interface será determinado à *posteriori*. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

- Plataforma única que permite o controlo automatizado e a coordenação entre sistemas técnicos + otimização do fluxo de energia com base nos sinais de ocupação, meteorologia e da rede (**MC30**).

Um dos objetivos definidos é a implementação de uma plataforma integrada e unificada. Esta plataforma facultará o controlo automatizado, e a coordenação, entre todos os sistemas técnicos. Viabilizará ainda a otimização do fluxo energético com base nos sinais de ocupação, sinais meteorológicos e sinais da rede, de forma a otimizar todas as operações dos sistemas. Assim sendo, o nível de funcionalidade atribuído é o **Nível 3**.

Depois de inseridos os novos dados na plataforma de cálculo, considerando as medidas de melhorias propostas, obtiveram-se os seguintes resultados. Como se pode verificar, na Figura 112 são apresentados os resultados globais desta avaliação. Na Figura 113 são reveladas as pontuações detalhadas, pelos diferentes critérios de impacto (Pontuações de Impacto), e pelos diferentes domínios técnicos (Pontuações dos Domínios). Já na Figura 114 é apresentado um gráfico de impacto, que revela, de forma ilustrativa, as pontuações de impacto apresentadas na Figura 113, desde o critério de impacto da “Eficiência Energética”, até ao critério de impacto da “Informação aos Ocupantes”, estando a legenda de cores apresentada do lado direito da figura.

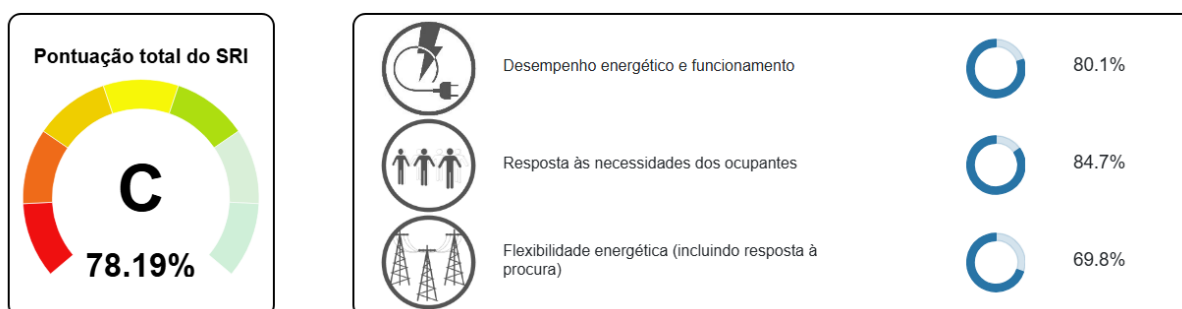


Figura 112 – Resultados globais da avaliação, pós medidas – Pontuação total do SRI e Pontuações desagregadas pelas 3 funcionalidades principais

		7 IMPACTOS								
		Eficiência energética	Flexibilidade energética	Conforto	Facilidade de utilização	Saúde	Manutenção	Informação aos ocupantes	SRI	
	Ponderações de impacto	92%	70%	88%	84%	78%	68%	91%	78.19%	
9 DOMÍNIOS		Aquecimento	100%	100%	88%	88%	67%	50%	100%	87%
		AQS	67%	38%	-	80%	-	50%	100%	56%
		Arrefecimento	94%	62%	75%	88%	67%	50%	100%	72%
		Ventilação	100%	-	100%	100%	100%	50%	67%	83%
		Iluminação	79%	-	69%	69%	45%	-	-	68%
		Envolvente do Edifício Dinâmica	100%	-	80%	100%	75%	100%	100%	94%
		Eletricidade	60%	89%	-	60%	-	33%	89%	69%
		Carregamento Veículos Elétricos	-	100%	-	100%	-	-	100%	100%
		Monitorização e Controlo	86%	70%	96%	82%	75%	89%	89%	81%

Figura 113 – Pontuações detalhadas, pós medidas, pelos diferentes critérios de impacto, e pelos diferentes domínios técnicos

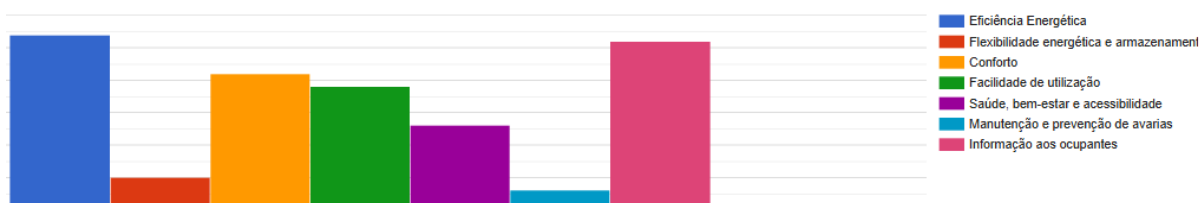


Figura 114 – Gráfico de Impacto, pós medidas

Torna-se importante realçar que, as medidas de melhoria propostas foram analisadas criteriosamente, de modo que fizesse sentido a sua implementação no edifício, tentando corrigir os pontos mais críticos existentes. Tentou-se fazer com que as medidas de melhoria propostas fizessem melhorar as pontuações das três funcionalidades principais.

5.2.3 Considerações gerais acerca da avaliação SRI ao Edifício B

Face ao estado original do edifício, com as medidas propostas deu-se uma evolução significativa da Classe G (15.8%) para a Classe C (78.2%), passando assim o edifício do nível mais baixo, para um nível elevado de “inteligência”.

Relativamente à funcionalidade principal do “Desempenho energético e funcionamento”, passou-se de uma avaliação de 19.8% para 80.1%, podendo caracterizar-se como um grande salto, fruto da integração de soluções de controlo e automação para otimização do consumo energético, tendo em conta a manutenção e previsão de avarias.

Relativamente à funcionalidade principal da “Resposta às necessidades dos ocupantes”, passou-se de uma avaliação de 22.8% para 84.7%, podendo caracterizar-se como um evidente reforço ao nível do conforto, facilidade de utilização, saúde e bem estar e disponibilização de informações aos ocupantes. Este impacto teve como base soluções adaptativas e interativas.

Por último, relativamente à funcionalidade principal da “Flexibilidade energética” passou-se de uma avaliação de 4.9% para 69.8%, evidenciando a transformação mais expressiva, com a capacidade de integração com a rede, da resposta à procura e de sistemas de gestão de cargas e armazenamento, relativos ao sistema solar fotovoltaico.

Concluindo, as melhorias implementadas permitiram:

- Aumentar drasticamente a eficiência do SACE;
- Elevar substancialmente o conforto e qualidade do ambiente interior, para os ocupantes;
- Tornar o edifício altamente flexível e preparado para uma rede elétrica inteligente.

A subida da Classe G para a Classe C comprova a eficácia das intervenções, levando o edifício de uma condição crítica ao nível do SRI, para um nível de excelência no contexto da inteligência e digitalização dos edifícios. Existe ainda uma pequena margem para evoluir para a Classe A, o que exigiria um custo de melhoria ainda superior, de forma a atingir níveis de automação e integração ainda mais *premium*.

Face às pontuações expostas na Figura 110, dos estado atual do edifício, nomeadamente as pontuações de impacto e as pontuações por domínio, verificou-se na Figura 113 que houve uma melhoria geral significativa desses resultados, devido às medidas de melhoria propostas nos vários serviços dos nove domínios técnicos.

Na Figura 115 é apresentada uma comparação gráfica resumida, entre o estado atual do edifício e o estado previsto do edifício, com as medidas de melhoria.

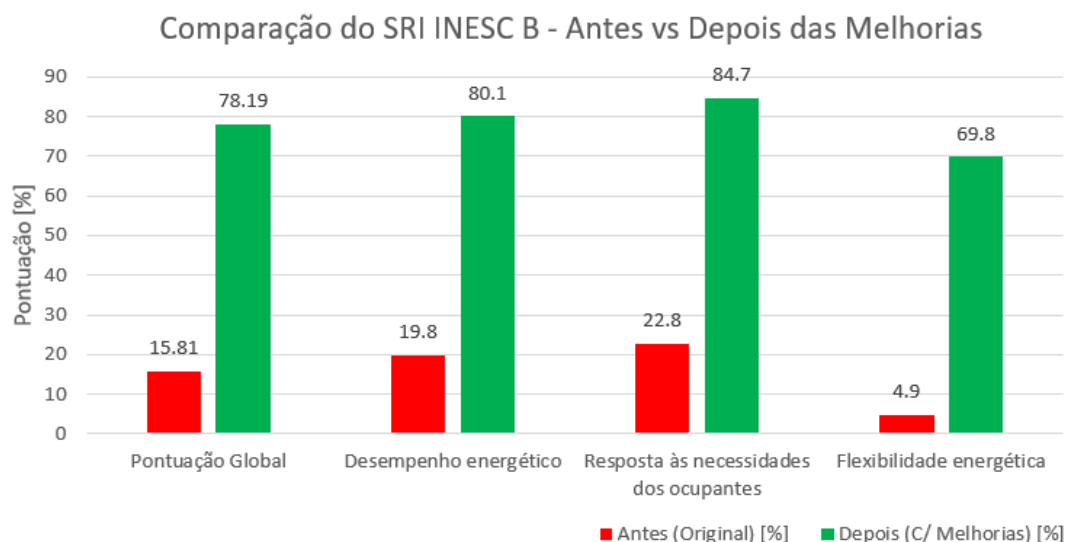


Figura 115 – Comparação gráfica resumida, entre o estado atual do edifício e o estado previsto do edifício, com as medidas de melhoria

A Figura 115 mostra de forma clara um salto muito expressivo em todas as dimensões, evidenciando uma evolução de 62,38 pontos percentuais na pontuação global, com uma subida de cinco classes na escala do SRI.

Contabiliza-se ainda um aumento de 60,3 pontos percentuais no desempenho energético, de 61,9 pontos percentuais na resposta às necessidades dos ocupantes e de 64,9 pontos percentuais na flexibilidade energética.

Resumindo, a pontuação final obtida do SRI, para o INESC A com as medidas de melhoria, é uma pontuação alta, que significa que o edifício estará bem equipado, com tecnologias inteligentes e sistemas otimizados, que melhoram a sua eficiência energética, conforto e desempenho em geral, permitindo a redução do consumo energético e, por sua vez, a redução da fatura e a pegada de carbono do edifício.

O resultado revela ainda a promoção de um maior conforto interior, ao melhorar a qualidade do ar, a iluminação e as condições térmicas, beneficiando a saúde e a produtividade dos ocupantes. Revela ainda que o edifício tem a capacidade de se adaptar às necessidades dos ocupantes e de se integrar com fontes de energia renováveis (neste caso em específico, a energia solar) e com redes inteligentes.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHO FUTURO

No presente capítulo é finalizado o trabalho de projeto, sendo feito um pequeno resumo dos resultados obtidos, fazendo referência aos objetivos alcançados e apresentando conclusões do estudo. Além disso, é anunciado o que seria possível realizar, de forma a dar continuidade ao trabalho desenvolvido.

6.1 Conclusões

Perante os atuais desafios energéticos e de descarbonização, tanto a nível regional como global, a eficiência energética torna-se inevitável. É fundamental evoluir da simples consciencialização para uma integração efetiva entre pessoas e tecnologia, concretizando assim, o princípio da eficiência energética, o pilar fundamental para a construção de um mundo melhor.

Para ser eficiente, sem comprometer a sustentabilidade, torna-se necessário definir um ponto de convergência crucial. Só desse modo é que será possível atingir níveis elevados de eficiência energética, sem comprometer os princípios fundamentais da sustentabilidade.

Para os edifícios se tornarem interativos e flexíveis, são necessárias evoluções, de forma a se alterarem os padrões de consumo energéticos, através da flexibilidade do lado do consumo: um processo de gestão ativa de energia.

Ora, para se alcançar um novo patamar para a inteligência nos edifícios, ter-se-á de percorrer o caminho para um novo modelo energético. A segurança energética, a saúde, a descarbonização, o autoconsumo e as comunidades de energia são temáticas que exigem interconexões.

A integração de ferramentas digitais avançadas, como a modelação energética dinâmica e o BIM (*Building Information Modeling*), permitirá ter a já referida visão holística de um edifício. Assim sendo, ter-se-á uma conceção mais adaptada às necessidades específicas de cada edifício, visando alcançar a maior eficiência energética possível dos sistemas.

Através da formação realizada, para obtenção do certificado “L3: Especialista SRI”, foi possível concluir que, a fase de testes oficial do SRI, ao nível nacional, pode ser caracterizada como um “*work in progress*” e, na ausência de um normativo detalhado para balizar a avaliação SRI e a própria plataforma de cálculo, pode sempre ser criada uma discussão saudável e um debate entre avaliadores SRI, de forma a darem sugestões e entreajudarem-se.

Destaca-se ainda a necessidade de uma postura, nem muito conservadora, nem muito otimista na avaliação SRI, dado que o assumir de um desses vértices pode resultar num desvio significativo da pontuação obtida, face à pontuação real. Só assumindo uma postura o mais neutra possível, é que será possível obter uma pontuação fidedigna.

Nos anos vindouros, a tendência é que o SRI venha a ser obrigatório, podendo ser integrado com o SCE, em vários Estados-Membros da UE. Esta integração pode realmente vir a acontecer, existindo uma integração da própria metodologia de cálculo, como por exemplo, utilizar os indicadores do certificado energético, para

determinar os fatores de ponderação ou vice-versa, utilizando a avaliação do SRI para avaliar as economias de energia. Desta forma, Portugal conseguirá tirar o máximo proveito das sinergias entre o SRI e o SCE, no quadro legislativo da transposição da EPBD.

Por esse prisma, a avaliação SRI poderá ser descrita como uma metodologia de visão holística de um edifício, em que o avaliador olha para o edifício como um todo, não olhando somente para os diversos sistemas como algo isolado. A componente da eficiência energética é avaliada tendo em conta diversas vertentes técnicas que componham o edifício em avaliação, levando a que o conceito de “eficiência energética” seja explorado e avaliado na sua plenitude. Desta forma, as várias partes interessadas conseguem tomar decisões informadas com base no desempenho energético do edifício (DEE),

Os objetivos delineados foram plenamente alcançados, tendo o projeto permitido aprofundar conhecimentos não apenas na área da Engenharia Eletrotécnica, mas também em domínios complementares da Engenharia Civil e da Engenharia Mecânica.

Por fim, são apresentados cinco comentários resultantes da análise desenvolvida ao longo deste projeto:

- Atingir a eficiência energética e a descarbonização dos edifícios exigirá uma colaboração estreita entre os projetistas, a indústria e as entidades reguladoras. Só assim é que será possível assegurar que as soluções adotadas serão eficazes, sustentáveis e viáveis, em termos económicos.
- Para trespassar o desafio de transpor todos os requisitos da EPBD de 2024 em novos investimentos, seja em fases de projeto, instalação ou manutenção, será imperativo que haja também um envolvimento coordenado entre os projetistas, os fabricantes, os instaladores e os gestores de manutenção e de operação.
- A transposição da EPBD de 2024, para a legislação nacional, deverá ser tomada com consciência e, acima de tudo, com racionalidade. De nada servirá transpor toda a diretiva de forma linear, se depois não existir mão de obra devidamente qualificada, nem métodos de fiscalização coerentes. Este é um ponto que não deve ser negligenciado;
- Terá de se ter sempre presente a realidade do parque nacional edificado, para que, as metas ambiciosas sejam confrontadas com a viabilidade técnica e económica da sua execução;
- Em síntese, a evolução para edifícios mais inteligentes, eficientes e conectados representa um passo decisivo na modernização do parque edificado e na concretização dos objetivos de descarbonização. Neste contexto, o SRI assume um papel central ao promover a integração tecnológica, a gestão otimizada de recursos e a capacidade de resposta ativa às necessidades energéticas. A sua implementação reforça a competitividade, melhora o desempenho global dos edifícios e contribui de forma direta para uma transição energética mais sustentável e alinhada com as exigências futuras.

6.2 Perspetivas de desenvolvimentos futuros

Como trabalho futuro, seria interessante fazer uma avaliação das soluções técnicas específicas para cada medida de melhoria a implementar, elaborando especificações técnicas para uma proposta de atualização e integração dos diversos sistemas.

Seria interessante fazer ainda um estudo da avaliação dos custos da implementação dessas medidas e fazer uma estimativa dos potenciais de poupança energética, com base numa caracterização dos consumos energéticos, pelos vetores energéticos (eletricidade e gás natural) do estado atual do edifício. Note-se que, este cálculo da poupança energética poderia ser realizado através de dados históricos, modelos de simulação ou através da comparação com parâmetros de referência do setor.

A avaliação dos custos poderia vir a ser caracterizada por uma análise financeira completa, onde se iria destacar o cálculo do retorno financeiro. Nesse processo, ter-se-ia de fazer uma estimação dos custos, desde os custos associados à implementação das medidas de melhoria, a atualização dos diferentes sistemas, a compra de equipamentos, a instalação e a mão de obra.

Seria feita uma avaliação dos benefícios financeiros, calculando-se o valor da poupança energética com base nos preços da energia na atualidade e no período projetado de poupança.

Seguidamente viria o cálculo do período de retorno de investimento, ou seja, do tempo que levaria para recuperar o investimento inicial, através das economias energéticas.

Para finalizar, poderia realizar-se uma análise do ciclo de vida, em que seria considerada a vida útil das medidas de melhoria e os seus custos operacionais e de manutenção associados ao longo do tempo, sendo assim possível avaliar a viabilidade económico-financeira a longo prazo das medidas implementadas.

Adicionalmente, para completar esta análise do retorno financeiro, poder-se-iam levar em consideração outros fatores, como os potenciais benefícios não energéticos, tais como: o aumento do conforto; a valorização do imóvel; o aumento da atratividade pela propriedade, fomentando novos investidores; entre outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Comissão Europeia, “Diretiva relativa ao desempenho energético dos edifícios.” Accessed: Sep. 19, 2025. [Online]. Available: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-performance-buildings/energy-performance-buildings-directive_en
- [2] SETIS - Sistema de informação do Plano SET, “Eficiência Energética em Edifícios.” Accessed: Sep. 19, 2025. [Online]. Available: https://setis.ec.europa.eu/working-groups/energy-efficiency-buildings_en
- [3] European Environment Agency, “Greenhouse gas emissions from energy use in buildings in Europe.” Accessed: Sep. 19, 2025. [Online]. Available: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/greenhouse-gas-emissions-from-energy>
- [4] Observatório da Energia, D. de S. de P. E. e E. DGEG - Direção-Geral de Energia e Geologia, and D. de F. I. e E. ADENE - Agência para a Energia, “Energia em Números, edição 2025,” Lisboa, May 2025. Accessed: Sep. 19, 2025. [Online]. Available: <https://dgeg.gov.pt/media/b4fhd0lv/dgeg-aen-2025e.pdf>
- [5] AIPOR - Associação dos Instaladores de Portugal, “Portugal renovou 3,9% dos edifícios até 2023, meta é 49% até 2030.” Accessed: Sep. 19, 2025. [Online]. Available: <https://aipor.pt/6565-portugal-renovou-edificios>
- [6] Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), “Estratégia de Longo Prazo para a Renovação dos Edifícios de Portugal (ELPRE PT).” Accessed: Mar. 06, 2025. [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-transversais/relacoes-institucionais-e-de-mercado/politica-energetica/estrategia-de-longo-prazo-para-a-renovacao-dos-edificios-de-portugal-elpre-pt/>
- [7] Comissão Europeia, “Conheça as medidas do Pacto Ecológico Europeu.” Accessed: Feb. 19, 2025. [Online]. Available: <https://bussola.gov.pt/SitePages/Pacto-Ecol%C3%B3gico.aspx>
- [8] D.-G. da C. Comissão Europeia, “Pacto Ecológico Europeu: cumprir os nossos objetivos,” 2021. doi: 10.2775/026800.
- [9] European Commission, “Public buildings.” Accessed: Sep. 20, 2025. [Online]. Available: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/public-buildings_en
- [10] Conselho Europeu, “Pacto Ecológico Europeu.” Accessed: Feb. 19, 2025. [Online]. Available: <https://www.consilium.europa.eu/pt/policies/green-deal/>
- [11] ADENE - Agência para a Energia, “SRI2MARKET: Webinar - Casos práticos de implementação do SRI (Indicador de Aptidão às Tecnologias Inteligentes),” Portugal, Feb. 25, 2025.

- [12] Comissão Europeia, “Onda de Renovação.” Accessed: Feb. 19, 2025. [Online]. Available: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/renovation-wave_en#objective
- [13] Direção-Geral de Energia e Geologia, “Estratégia de Longo Prazo para a Renovação de Edifícios.” Accessed: Mar. 06, 2025. [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/estrategia-de-longo-prazo-para-a-renovacao-de-edificios/>
- [14] Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), “Estratégia de Longo Prazo para a Renovação dos Edifícios (ELPRE),” 2024. Accessed: Mar. 06, 2025. [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/media/54mjo0vk/elpre-pt-07-08-2024.pdf>
- [15] Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), “Observatório Nacional da Pobreza Energética.” Accessed: Mar. 13, 2025. [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/destaques/observatorio-nacional-da-pobreza-energetica/>
- [16] Sónia Sul, “Pobreza energética: Governo aprova estratégia e criação de observatório nacional.” Accessed: Mar. 13, 2025. [Online]. Available: <https://edificioseenergia.pt/noticias/2711-pobreza-energetica-governo-aprova-estrategia-e-criacao-de-observatorio-nacional/>
- [17] Parlamento Europeu e Conselho da UE, *Diretiva (UE) 2024/1275 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 24 de abril de 2024, relativa ao desempenho energético dos edifícios, (reformulação)*. UE, 2024. doi: <http://data.europa.eu/eli/dir/2024/1275/oj>.
- [18] Rita Ascenso, “Nova EPBD: conseguem imaginar a aventura?” Accessed: Sep. 19, 2025. [Online]. Available: <https://edificioseenergia.pt/opiniao-analise/nova-epbd-conseguem-imaginar-a-aventura/>
- [19] Edifícios e Energia, “Nova edição Julho/Agosto 2025 | Edifícios: Um novo patamar para a inteligência,” vol. 160, Jul. 16, 2025. Accessed: Sep. 20, 2025. [Online]. Available: <https://edificioseenergia.pt/noticias/nova-edicao-julho-agosto-2025-edificios-um-novo-patamar-para-a-inteligencia/>
- [20] Francisco Pombas, “Os sistemas de automatização e controlo de edifícios e a nova EPBD,” Sep. 20, 2024. Accessed: Sep. 18, 2025. [Online]. Available: https://edificioseenergia.pt/noticias/os-sistemas-de-automatizacao-e-controlo-de-edificios-e-a-nova-epbd/?trk=feed-detail_main-feed-card_feed-article-content
- [21] Cláudia Guerreiro, “Implementação da EPBD 2024 em Portugal – Oportunidades e Desafios,” vol. 11, May 12, 2025. Accessed: Sep. 18, 2025. [Online]. Available: <https://www.avacmagazine.pt/noticias/implementacao-da-epbd-2024-em-portugal/>
- [22] Francisco Castelo Pombas, “Rerun: SACE – Nova legislação e respostas tecnológicas do mercado,” Voltimum, Portugal, Jul. 04, 2023. Accessed: Sep. 20, 2025. [Online]. Available: <https://video.voltimum.pt/rerun-sace-nova-legislaao-e>

- [23] Parlamento Europeu e Conselho da UE, *Diretiva (UE) 2018/844 do Parlamento Europeu e do Conselho de 30 de maio de 2018 que altera a Diretiva 2010/31/UE relativa ao desempenho energético dos edifícios e a Diretiva 2012/27/UE sobre a eficiência energética*. UE, 2018. Accessed: Mar. 13, 2025. [Online]. Available: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2018.156.01.0075.01.ENG
- [24] Ordem dos Engenheiros Região Sul, “Ciclo Edifícios Sustentáveis: Diretiva de Eficiência Energética dos Edifícios - EPBD,” Portugal, May 27, 2024. Accessed: Sep. 21, 2025. [Online]. Available: <https://www.ordemdosengenheiros.pt/fotos/editor2/pptoradorste.pdf>
- [25] Francisco Pombas, “Os SACE nos novos edifícios: desafios da classe A,” Jun. 25, 2025. Accessed: Sep. 18, 2025. [Online]. Available: <https://edificioseenergia.pt/empresas/os-sace-nos-novos-edificios-desafios-da-classe-a/>
- [26] SCE, “Publicação de SCE.” Accessed: Sep. 20, 2025. [Online]. Available: https://pt.linkedin.com/posts/certificacaoenergeticaedificios_eficienciaenergetica-sistematecnicos-activity-7373672002991251458-HqI5
- [27] República Portuguesa - Presidência do Conselho de Ministros, *Decreto-Lei n.º 101-D/2020 de 7 de dezembro*. Portugal, 2020. Accessed: Mar. 25, 2025. [Online]. Available: <https://files.dre.pt/1s/2020/12/23701/0002100045.pdf>
- [28] Ambiente e Ação Climática; Infraestruturas e Habitação (Ministérios responsáveis), *Portaria n.º 138-I/2021, de 1 de julho*. Portugal, 2021, pp. 12–53. Accessed: Sep. 18, 2025. [Online]. Available: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/portaria/138-i-2021-166296492>
- [29] Francisco Pombas, “Interoperabilidade nos SACE – de inovação a standard de mercado,” vol. 11, Jun. 09, 2025. Accessed: Sep. 18, 2025. [Online]. Available: <https://www.avacmagazine.pt/noticias/interoperabilidade-nos-SACE/>
- [30] SCE, “Publicação de SCE.” Accessed: Sep. 20, 2025. [Online]. Available: https://pt.linkedin.com/posts/certificacaoenergeticaedificios_eficienciaenergetica-sistematecnicos-activity-7368598650161184771-Lvc6
- [31] E. E. e do A. APIRAC - Associação Portuguesa das Empresas dos Setores Térmico, “Guia Técnico SACE - 3ª Edição,” Lisboa, 2022. Accessed: Sep. 20, 2025. [Online]. Available: <https://apirac.pt/guiasace/GUIASACE2022.pdf>
- [32] Rita Ascenso, “Edifícios: Um novo patamar para a inteligência,” vol. 160, Aug. 27, 2025. Accessed: Sep. 20, 2025. [Online]. Available: <https://edificioseenergia.pt/noticias/edificios-um-novo-patamar-para-a-inteligencia/>
- [33] Nuno Filipe Ferreira, “Sistemas de Automatização e Controlo de Edifícios (SACE): Legislação Aplicável,” ANPQ, Portugal, May 10, 2022. Accessed: Sep. 21, 2025. [Online]. Available: https://www.anpq.pt/wp-content/uploads/2022/06/Apresentacao_ANPQ_Maio22_NunoFilipeFerreira_APIRAC.pdf

- [34] António Vieira, “Os sistemas SACE na Era da digitalização dos edifícios,” Jul. 08, 2021. Accessed: Sep. 21, 2025. [Online]. Available: <https://www.oinstalador.com/Artigos/353985-Os-sistemas-SACE-na-Era-da-digitalizacao-dos-edificios.html>
- [35] Francisco Pombas, “Sistemas de Gestão Técnica no setor do retalho,” Voltimum, Portugal, Apr. 10, 2025. Accessed: Sep. 21, 2025. [Online]. Available: <https://video.voltimum.pt/sistemas-de-gestao-tecnica-no-setor-1>
- [36] International Organization for Standardization (ISO), *ISO 52120-1:2021- Energy performance of buildings - Contribution of building automation, controls and building management - Part 1: General framework and procedures*. Switzerland, 2021, p. 93. Accessed: Feb. 20, 2025. [Online]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:65883:en>
- [37] WISE Building, “Nova norma para o desempenho energético dos edifícios - EN ISO 52120-1:2022.” Accessed: Sep. 20, 2025. [Online]. Available: <https://wisebuilding.pt/nova-norma-para-o-desempenho-energetico-dos-edificios-en-iso-52120-12022/>
- [38] Philippe Vollet, “Unlocking energy efficiency: The impact of ISO 52120-1 in building automation, controls, and management.” Accessed: Sep. 20, 2025. [Online]. Available: <https://blog.se.com/buildings/building-management/2023/10/04/unlocking-energy-efficiency-the-impact-of-iso-52120-1-in-building-automation-controls-and-management/>
- [39] eu.bac - european building automation controls association, “THE NEW EN ISO 52120 IS REPLACING EN 15232 – EU.BAC GUIDE.” Accessed: Sep. 20, 2025. [Online]. Available: <https://eubac.org/news/the-new-en-iso-52120-is-replacing-en-15232-eu-bac-guide/>
- [40] Rita Ascenso, “EPBD: Missão Impossível?,” Oct. 16, 2024. Accessed: Sep. 20, 2025. [Online]. Available: <https://edificioseenergia.pt/noticias/epbd-missao-impossivel/>
- [41] European Commission, “Nearly-zero energy and zero-emission buildings.” Accessed: Sep. 20, 2025. [Online]. Available: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-performance-buildings/nearly-zero-energy-and-zero-emission-buildings_en
- [42] Rita Ascenso, “Indústria e engenharia no sector do AVAC: Como está o mercado português a responder à nova EPBD?,” Jun. 26, 2025. Accessed: Sep. 20, 2025. [Online]. Available: <https://edificioseenergia.pt/noticias/industria-e-engenharia-no-sector-do-avac-como-esta-o-mercado-portugues-a-responder-a-nova-epbd/>
- [43] ADENE, “SRI2MARKET.” Accessed: Jan. 02, 2025. [Online]. Available: <https://www.adene.pt/projeto/sri2market/>
- [44] Smart Square Project, “Smart Readiness Indicator – FAQ Guide.” Accessed: Jan. 16, 2025. [Online]. Available: <https://sri-faq.eu/>

- [45] European Commission, “Smart readiness indicator.” Accessed: Sep. 19, 2025. [Online]. Available: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-performance-buildings/smart-readiness-indicator_en
- [46] Professor João Alpalhão e Professor João Cleto, “Curso SRI2MARKET Portugal.” Accessed: Feb. 18, 2025. [Online]. Available: <https://learning.sri2market.eu/moodle/course/view.php?id=17>
- [47] Vasilis Apostolopoulos; Paraskevi Giourka; Georgios Martinopoulos; Komninos Angelakoglou; Konstantinos Kourtzanidis; Nikolaos Nikolopoulos, “Smart readiness indicator evaluation and cost estimation of smart retrofitting scenarios - A comparative case-study in European residential buildings,” *Sustain Cities Soc*, vol. 82, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.scs.2022.103921.
- [48] Parlamento Europeu e Conselho da UE, *Regulamento Delegado (UE) 2020/2155 da Comissão de 14 de outubro de 2020 que completa a Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho por via da criação de um regime facultativo comum da União Europeia para classificar a aptidão dos edifícios para tecnologias inteligentes*. UE, 2020. Accessed: Feb. 19, 2025. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32020R2155>
- [49] Parlamento Europeu e Conselho da UE, *Regulamento de Execução (UE) 2020/2156 da Comissão de 14 de outubro de 2020 que especifica os termos técnicos de aplicação efetiva de um regime facultativo comum da União para classificar a aptidão dos edifícios para tecnologias inteligentes*. Bélgica, 2020. Accessed: Feb. 21, 2025. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32020R2156>
- [50] Pablo Carnero Melero, “The new rating for building smart readiness: the Smart Readiness Indicator,” *REHVA*, May 2024, Accessed: Sep. 21, 2025. [Online]. Available: <https://www.rehva.eu/rehva-journal/chapter/the-new-rating-for-building-smart-readiness-the-smart-readiness-indicator>
- [51] AVAC Magazine, “Publicada a primeira norma do CEN para Auditorias SRI em Edifícios Inteligentes.” Accessed: Sep. 18, 2025. [Online]. Available: <https://www.avacmagazine.pt/noticias/primeira-norma-do-cen-para-auditorias-sri/>
- [52] CEN – European Committee for Standardization and CENELEC – European Committee for Electrotechnical Standardization, “Standardized On-site Audits of Smart Readiness Indicator (SRI) for Buildings,” Mar. 2025.
- [53] CEN and CENELEC, *EN 16247-1:2022 – Energy audits. Part 1: General requirements*. Brussels, 2022, p. 25. Accessed: Sep. 18, 2025. [Online]. Available: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/3fbb3fd5-0106-42d0-8b9f-cb546db8465a/en-16247-1-2022>
- [54] IEECP - Institute for European Energy and Climate Policy, “SRI2MARKET.” Accessed: Sep. 20, 2025. [Online]. Available: <https://ieecp.org/projects/sri2market/>

- [55] Comissão Europeia, “Programa LIFE.” Accessed: Feb. 22, 2025. [Online]. Available: https://cinea.ec.europa.eu/programmes/life_en
- [56] Comissão Europeia, “Projetos LIFE de apoio ao SRI.” Accessed: Feb. 22, 2025. [Online]. Available: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/smart-readiness-indicator/life-projects-supporting-sri_en?prefLang=pt
- [57] Comissão Europeia, “SRI nos países da UE.” Accessed: Feb. 22, 2025. [Online]. Available: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/smart-readiness-indicator/sri-eu-countries_en?etransnolive=1&prefLang=pt
- [58] Representação da Comissão Europeia em Portugal, “Programa LIFE: União Europeia financia cinco novos projetos portugueses para apoiar a transição ecológica.” Accessed: Feb. 22, 2025. [Online]. Available: https://portugal.representation.ec.europa.eu/news/programa-life-uniao-europeia-financia-cinco-novos-projetos-portugueses-para-apoiar-transicao-2024-10-21_pt
- [59] Agência Portuguesa do Ambiente (APA), “Programa LIFE.” Accessed: Feb. 22, 2025. [Online]. Available: <https://apambiente.pt/programa-life>
- [60] Agência Portuguesa do Ambiente (APA), “Programa LIFE atual.” Accessed: Feb. 22, 2025. [Online]. Available: <https://apambiente.pt/programa-life/pagina/programa-life-atual>
- [61] SMARTSQUARE, “Portugal - SRI Observatory.” Accessed: Sep. 27, 2025. [Online]. Available: https://sriobservatory.eu/sri_country/portugal/
- [62] Bahareh Ramezani, “Application of Smart Readiness Indicator for Mediterranean buildings in retrofitting actions,” Universidade de Coimbra, Coimbra, 2020. Accessed: Sep. 27, 2025. [Online]. Available: <https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/90109/1/Master%20Thesis-Bahareh%20Ramezani.pdf>
- [63] Antonello Magliozzi - Arcadis Italy, “[WBEF Lightning talk] Smart Readiness Indicator: implications for real estate & construction,” RICS - World Built Environment Forum, Italy, May 20, 2024. Accessed: Sep. 27, 2025. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=dcqsj7pDVxs>
- [64] D.-G. for E. European Commission, “Smart Readiness Indicator - Implementation Tools.” Accessed: Feb. 18, 2025. [Online]. Available: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/smart-readiness-indicator/implementation-tools_en
- [65] P. A. Fokaides; C. Panteli; A. Panayidou, “How Are the Smart Readiness Indicators Expected to Affect the Energy Performance of Buildings: First Evidence and Perspectives,” *Sustainability*, vol. 12, Nov. 2020, Accessed: Sep. 21, 2025. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/22/9496>
- [66] Konstantinos Chatzikonstantinidis; Effrosyni Giama; Paris A. Fokaides; Agis M. Papadopoulos, “Smart Readiness Indicator (SRI) as a Decision-Making Tool for

- Low Carbon Buildings,” *Energies (Basel)*, vol. 17, Mar. 2024, doi: 10.3390/en17061406.
- [67] KIT - Karlsruhe Institute of Technology, “Smart Readiness Indicator - Structure of the Evaluation.” Accessed: Mar. 13, 2025. [Online]. Available: <https://smartreadinessindicator.com/sri-info>
- [68] Beatriz Isabel da Silva Meco e Beaumont, “Smart Readiness Indicator: A Comparative Study of Models, Weighting Factors, and EPC Rating in Real Case Studies,” Universidade de Lisboa, Lisboa, 2024. Accessed: Sep. 27, 2025. [Online]. Available: https://repositorio.ulisboa.pt/bitstream/10400.5/95903/1/TM_Beatriz_Beaumont.pdf
- [69] CENER - Nacional Renewable Energy Centre, “SRI2MARKET platform.” Accessed: Sep. 19, 2025. [Online]. Available: <https://sri2market.eu/sri/>
- [70] European Commission, “SRI - Implementation tools.” Accessed: Sep. 27, 2025. [Online]. Available: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-performance-buildings/smart-readiness-indicator/implementation-tools_en
- [71] INESC TEC, “Contactos por Centros e Serviços.” Accessed: Dec. 17, 2024. [Online]. Available: <https://www.inesctec.pt/pt/contactos#intro>
- [72] INESC TEC, “INESC TEC é a instituição portuguesa com mais pedidos de patentes na Europa.” Accessed: Dec. 17, 2024. [Online]. Available: <https://www.inesctec.pt/pt/noticias/inesc-tec-e-a-instituicao-portuguesa-com-mais-pedidos-de-patentes-na-europa#intro>
- [73] CEN – European Committee for Standardization, *Energy performance of buildings — Ventilation for buildings — Part 3: For non-residential buildings — Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems (Modules M5-1, M5-4)*. Brussels, Belgium, 2025, p. 86. Accessed: Aug. 06, 2025. [Online]. Available: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/9c44c82b-4a85-412c-8815-45cf43dc6f3a/en-16798-3-2025>
- [74] Eurovent, “Eurovent Guidebook - Air Handling Units,” Brussels, Oct. 2021. Accessed: Aug. 06, 2025. [Online]. Available: <https://www.eurovent.eu/wp-content/uploads/2021-eurovent-ahu-guidebook-second-edition-en-web.pdf>
- [75] Editorial Team, “Sistema de Free Cooling: Eficiência Energética,” BibLus. Accessed: Aug. 07, 2025. [Online]. Available: <https://biblus.accasoftware.com/ptb/sistema-de-free-cooling-eficiencia-energetica/>
- [76] Obrapédia, “Ventilação Mecânica Controlada (VMC): O que é, vantagens e tipos,” Obamat. Accessed: Aug. 07, 2025. [Online]. Available: <https://www.obramat.pt/aconselhamento-profissional/obrapedia/ventilacao-mecanica-controlada-vmc-o-que-e-vantagens-e-tipos.html>

- [77] DALI Alliance, “DALI-2 vs DALI version-1.” Accessed: Aug. 08, 2025. [Online]. Available: <https://www.dali-alliance.org/dali2/comparison.html>
- [78] ZETAQLAB, “DALI-2 systems,” Multi Master server, sensors and modules for systems wired on DALI bus. Accessed: Aug. 08, 2025. [Online]. Available: <https://www.zetaqlab.com/products/dali-2-systems/>
- [79] ISO (International Organization for Standardization), *ISO 15118-20:2022 - Road vehicles - Vehicle to grid communication interface - Part 20: 2nd generation network layer and application layer requirements*. Switzerland, 2022, p. 561. Accessed: Aug. 11, 2025. [Online]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:15118:-20:ed-1:v1:en>
- [80] Andrei Vladimir Lițiu, Olli Seppänen, Spyridon Pantelis, and Jaap Hogeling, “The smart readiness indicator for buildings: current status and next steps,” *REHVA*, pp. 28–33, Mar. 2021, Accessed: Sep. 21, 2025. [Online]. Available: <https://www.rehva.eu/rehva-journal/chapter/the-smart-readiness-indicator-for-buildings-current-status-and-next-steps>

ANEXO I – CARACTERIZAÇÃO DA ILUMINAÇÃO DO INESC A

Na Tabela 10 é apresentada a caracterização da iluminação dos diferentes espaços do INESC A.

Tabela 10 – Caracterização da iluminação do INESC A, pelos diferentes espaços

Edif.	Piso	Tipologia Planta	Nº Planta	Nº Local	Área [m2]	Nº luminárias	KNX [S/N]	Controlo [S/N]
A	Piso -1	Oficina	4	AC.4	38.15	9	S	S
A	Piso -1	Bancos de Gelo	15	–	20.72	1	N	N
A	Piso -1	Área de Reserva	13	–	15.7	2	N	N
A	Piso -1	P.T.	12	–	25.9	3	N	N
A	Piso -1	Saída de emergência	14	–	2.35	0	N	N
A	Piso -1	Pátio	2	–	339.24	15	N	N
A	Piso -1	Rampa	11	–	18.09	2	N	N
A	Piso -1	Arrecadação	6.3	–	11	2	S	N
A	Piso -1	Arrecadação	6.2	–	18.3	3	S	N
A	Piso -1	Átrio	3.1	–	19	6	S	N
A	Piso -1	Corredor	3.2	–	10.6	2	S	N
A	Piso -1	Arrecadação	6	A-1.1	11.5	2	S	S
A	Piso -1	Área Técnica	8	–	6.9	1	N	N
A	Piso -1	Quadros	10	–	2.5	0	N	N
A	Piso -1	Armazém	7	A-1.6	48.1	9	N	S
A	Piso -1	Arrecadação	6	A-1.7	16.1	2	N	S
A	Piso -1	Arquivo	5	A-1.8	32.1	4	N	S
A	Piso -1	Corredor	3.3	–	31.94	3	N	N
A	Piso -1	Escadas	3.4	E -1. A	10.07	2	N	N
A	Piso -1	Ducto	9	–	6.25	1	N	N
A	Piso 0	Gabinete1	7	AR.4	15.5	2	S	S
A	Piso 0	Gabinete2	7	AR.5	12.4	2	S	S
A	Piso 0	Apoio	4.3	AR.6	6.82	3	S	N

Eficiência energética num edifício de serviços: estudo de medidas de melhoria do SACE

Edif.	Piso	Tipologia Planta	Nº Planta	Nº Local	Área [m2]	Nº luminárias	KNX [S/N]	Controlo [S/N]
A	Piso 0	Auditório	4	AR.7	98.3	41	S	S
A	Piso 0	Armários repartidores	15	–	4	1	N	N
A	Piso 0	Bar	5	–	52.9	16	S	S
A	Piso 0	Copa	6	–	9.4	1	N	N
A	Piso 0	Escadas	3.4	E 0. A	11.46	3	N	N
A	Piso 0	Apoio ao Auditório	8	AR.9	13.8	2	S	N
A	Piso 0	Galeria	3.1	–	97.64	23	S	N
A	Piso 0	Receção	9	–	8.5	2	S	N
A	Piso 0	Sanitários Homens	11	–	10.9	7	N	N
A	Piso 0	Sanitários Senhoras	12	–	2.7	2	N	N
A	Piso 0	Sanitários Deficientes	13	–	3.9	2	N	N
A	Piso 0	Quadros	14	–	1.34	0	N	N
A	Piso 0	Corredor	3.2	–	14.05	3	N	N
A	Piso 0	Escadas	3.3	–	11.31	2	N	N
A	Piso 0	Átrio	2	–	12.31	3	S	N
A	Piso 0	Rampa	16	–	30.93	1	N	N
A	Piso 0	Pórtico	1	–	157.07	8	N	N
A	Piso 1	Gabinete1	4.3	A1.2	33.34	9	N	N
A	Piso 1	<i>Data Center</i>	7	A1.8	10.61	2	N	N
A	Piso 1	Gabinete2	4.3	A1.9	22	3	S	S
A	Piso 1	Gabinete3	4	–	16.5	2	S	S
A	Piso 1	Gabinete4	4.1	A1.10	16.7	2	S	S
A	Piso 1	Gabinete5	4.1	A1.11	16.7	2	S	S
A	Piso 1	Gabinete6	4.1	A1.12	16.7	2	S	S
A	Piso 1	Gabinete7	4.1	A1.13	16.7	2	S	S
A	Piso 1	Gabinete8	4.1	A1.14	16.5	2	S	S

Edif.	Piso	Tipologia Planta	Nº Planta	Nº Local	Área [m2]	Nº luminárias	KNX [S/N]	Controlo [S/N]
A	Piso 1	Corredor	1.3	_	33.83	6	S	N
A	Piso 1	Sanitários Senhoras	8	A1.4	6.3	3	N	N
A	Piso 1	Sanitários Homens	9	A1.5	9	4	N	N
A	Piso 1	Corredor	1.2	_	5.46	1	N	N
A	Piso 1	Armários repartidores	12	_	3.95	1	N	N
A	Piso 1	Quadros	14	_	1.91	0	N	N
A	Piso 1	Escadas	1.4	_	16.26	2	N	N
A	Piso 1	Átrio	1.1	_	20.72	14	S	N
A	Piso 1	Sala de Reuniões1	2	A1.1A	23.6	6	S	S
A	Piso 1	Sala de Reuniões2	_	A1.21	21.66	2	S	S
A	Piso 1	Repouso	5	_	12.8	2	S	N
A	Piso 1	Copa	3	_	3.1	1	S	N
A	Piso 1	Escadas	1.5	E 1. A	10.2	2	N	N
A	Piso 1	Central Telefónica	13	A15.1.15	15.5	2	S	N
A	Piso 1	Sanitários	10	A1.17	4.81	3	S	N
A	Piso 1	Gabinete9	4.2	A.1.19A	11.4	4	S	S
A	Piso 1	Gabinete10	4.2	A.1.19	12	4	S	S
A	Piso 1	Open Space	6	A1.0	151.7	24	S	S
A	Piso 1	Gabinete11	4.2	A1.27	16.8	6	S	S
A	Piso 1	Gabinete12	4.2	A1.28	16.8	6	S	S
A	Piso 1	Corredor_Extra	_	_	29.66	6	S	N
A	Piso 1	Corredor_Extra	_	_	7.32	2	S	N
A	Piso 1	Corredor_Extra	_	_	7.48	1	S	N
A	Piso 2	Gabinete1	4.1	A2.2	43.63	6	S	S
A	Piso 2	SalaExtraPlanta	_	A2.8	24.01	6	S	S

Eficiência energética num edifício de serviços: estudo de medidas de melhoria do SACE

Edif.	Piso	Tipologia Planta	Nº Planta	Nº Local	Área [m2]	Nº luminárias	KNX [S/N]	Controlo [S/N]
A	Piso 2	Armários repartidores	9	_	3.95	1	N	N
A	Piso 2	Gabinete2	4.1	A2.9	16.5	2	S	S
A	Piso 2	Gabinete3	4.1	A2.10	16.7	2	S	S
A	Piso 2	Gabinete4	4.1	A2.11	16.7	2	S	S
A	Piso 2	Gabinete5	4.1	A2.12	16.7	2	S	S
A	Piso 2	Gabinete6	4.1	A2.13	16.7	2	S	S
A	Piso 2	Gabinete7	4.1	A2.14	16.5	2	S	S
A	Piso 2	Corredor	1.3	_	33.83	6	S	N
A	Piso 2	Arquivo	13	A2.15	6.64	2	S	S
A	Piso 2	Arquivo	13	A15.2.15	6.36	1	N	N
A	Piso 2	Sanitário	12	A2.17	4.81	3	S	N
A	Piso 2	Escadas	1.5	E 2. A	11.3	2	N	N
A	Piso 2	Copa	3	_	3.1	1	S	N
A	Piso 2	Repouso	5	_	12.8	2	S	N
A	Piso 2	Gabinete8	_	A2.21	10.25	1	S	S
A	Piso 2	Gabinete9	_	A2.21A	11.09	1	S	S
A	Piso 2	Sala de Reuniões	2	A2.1A	23.6	6	S	S
A	Piso 2	Átrio	1.1	_	20.79	14	S	N
A	Piso 2	Corredores	1.2	_	5.54	1	N	N
A	Piso 2	Quadros	10	_	1.91	0	N	N
A	Piso 2	Sanitário Senhoras	7	A2.4	6.3	3	N	N
A	Piso 2	Sanitário Homens	8	A2.5	8	4	N	N
A	Piso 2	Escadas	1.4	_	16.26	2	N	N
A	Piso 2	Gabinete9	4.2	A2.27	16.8	6	S	S
A	Piso 2	Gabinete10	4.2	A2.28	16.8	6	S	S
A	Piso 2	<i>Open Space1</i>	6.1	A2.25	59.5	12	S	S
A	Piso 2	<i>Open Space2</i>	6	A2.0	81.1	12	S	S

Edif.	Piso	Tipologia Planta	Nº Planta	Nº Local	Área [m2]	Nº luminárias	KNX [S/N]	Controlo [S/N]
A	Piso 2	Gabinete11	4.2	A2.19	23.7	8	S	S
A	Piso 2	Corredor_Extra	_	_	32.69	6	S	N
A	Piso 2	Corredor_Extra	_	_	7.22	2	S	N
A	Piso 2	Corredor_Extra	_	_	6.38	1	S	N
A	Piso 3	Sala de Alunos	_	A3.6	20.52	3	S	S
A	Piso 3	Sala	6	_	19.55	4	S	S
A	Piso 3	Átrio	_	_	7.45	2	S	N
A	Piso 3	Sala	_	A3.7	41.09	4	S	S
A	Piso 3	Armários repartidores	12	_	4.5	1	N	N
A	Piso 3	Gabinete1	4.1	A3.10	16.7	2	S	S
A	Piso 3	Gabinete2	4.1	A3.11	16.7	2	S	S
A	Piso 3	Gabinete3	4.1	A2.12	16.7	2	S	S
A	Piso 3	Gabinete4	4.1	A3.13	16.7	2	S	S
A	Piso 3	Gabinete5	4.1	A3.14	16.5	2	S	S
A	Piso 3	Corredor	1.3	_	27.99	5	S	N
A	Piso 3	Arquivo	16	A15.3.15	15.5	2	S	N
A	Piso 3	Sanitário	15	A3.16	4.42	3	S	N
A	Piso 3	Escadas	1.5	E3. A	11.3	2	N	N
A	Piso 3	Copa	3	A3.23	2.8	1	S	N
A	Piso 3	Repouso	5	_	11.8	2	S	N
A	Piso 3	Secretariado1	17	A3.21	10.7	4	S	S
A	Piso 3	Secretariado2	17.1	A3.21A	14.4	6	S	S
A	Piso 3	Sala de Reuniões	2	A3.1	23.6	6	S	S
A	Piso 3	Átrio	1.1	_	20.79	14	S	N
A	Piso 3	Corredores	1.2	_	5.25	1	N	N
A	Piso 3	Quadros	_	_	1.91	0	N	N
A	Piso 3	Sanitários Senhoras	10	A3.4	6.3	3	N	N

Eficiência energética num edifício de serviços: estudo de medidas de melhoria do SACE

Edif.	Piso	Tipologia Planta	Nº Planta	Nº Local	Área [m2]	Nº luminárias	KNX [S/N]	Controlo [S/N]
A	Piso 3	Sanitários Homens	11	A3.5	9	4	N	N
A	Piso 3	Escadas	1.4	_	16.26	2	N	N
A	Piso 3	Gabinete6	4.2	A3.27 + A3.28	23.4	6	S	S
A	Piso 3	<i>Open Space</i>	18	A3.0	151.7	30	S	S
A	Piso 3	Gabinete7	4.2	A3.19	23.8	4	S	S
A	Piso 3	Sala de arrumos	_	A3.18	2.17	1	N	N
A	Piso 3	Corredor_Extra	_	_	4.75	1	S	N
A	Piso 3	Corredor_Extra	_	_	6.3	1	S	N
A	Piso 4	Gabinete1	4	A4.6	20.8	3	S	S
A	Piso 4	Secretariado1	6	A4.7	33.3	4	S	S
A	Piso 4	Corredores	1.3	_	18.71	4	N	N
A	Piso 4	Quadros	12	_	1.91	0	N	N
A	Piso 4	Armários repartidores	11	_	4	1	N	N
A	Piso 4	Gabinete2	4	A4.8	17.1	2	S	S
A	Piso 4	Gabinete3	4	A4.9	17.1	2	S	S
A	Piso 4	<i>Open Space</i>	16	A4.10	49.8	8	S	S
A	Piso 4	Secretariado2	6	A4.11	16.2	2	S	S
A	Piso 4	Gabinete4	4	A4.12	19.3	2	S	S
A	Piso 4	Gabinete5	4	A4.13	19.5	2	S	S
A	Piso 4	Arquivo	5	A4.15	9.7	4	S	N
A	Piso 4	Sanitários1	14	A4.16	1.8	1	N	N
A	Piso 4	Átrio do sanitário	13	A4.17	5.8	3	S	N
A	Piso 4	Sanitários2	14	A4.18	1.8	1	N	N
A	Piso 4	Escadas	1.5	E 4. A	11.3	2	N	N
A	Piso 4	Copa	7	A4.14	7.1	1	S	N
A	Piso 4	Corredores	1.3	_	10.98	3	N	N
A	Piso 4	Espera/Repouso	8	_	33.8	3	N	N

Edif.	Piso	Tipologia Planta	Nº Planta	Nº Local	Área [m2]	Nº luminárias	KNX [S/N]	Controlo [S/N]
A	Piso 4	Corredores	–	–	22.93	4	N	N
A	Piso 4	Corredores	–	–	4.64	2	S	N
A	Piso 4	Sala de Reuniões	2	–	23.6	6	S	S
A	Piso 4	Átrio	1.1	–	20.79	14	S	N
A	Piso 4	Corredores	1.2	–	5.25	1	N	N
A	Piso 4	Sanitários Senhoras	9	A 4.4	6.3	3	N	N
A	Piso 4	Sanitários Homens	10	A 4.5	9	4	N	N
A	Piso 4	Escadas	1.4	–	16.26	2	N	N
A	Piso 4	Gabinete6	4	A4.28	16.8	3	S	S
A	Piso 4	Gabinete7	4	A4.29	16.8	3	S	S
A	Piso 4	Átrio	–	–	7.82	1	S	N
A	Piso 4	Biblioteca	3	A4.27	22.1	6	S	S
A	Piso 4	Gabinete8	4	A4.26	15.6	3	S	S
A	Piso 4	Gabinete9	4	A4.25	21.4	6	S	S
A	Piso 4	Gabinete10	4	A4.24	21.7	6	S	S
A	Piso 4	Secretariado3	6	A4.23	11.8	2	S	S
A	Piso 4	Secretariado4	6	A4.22	11.5	2	S	S
A	Piso 4	Gabinete11	4	–	23.7	4	S	S
A	Piso 5 - Cobertura	Escadas	–	E 5. A	11.3	2	N	N
A	Piso 5 - Cobertura	Átrio Exterior	–	–	120.39	4	N	N
A	Piso 5 - Cobertura	Área Técnica	–	–	8.73	1	N	N
Total						697		

ANEXO II – CARACTERIZAÇÃO DA ILUMINAÇÃO DO INESC B

Na Tabela 11 é apresentada a caracterização da iluminação dos diferentes espaços do INESC B.

Tabela 11 – Caracterização da iluminação do INESC B, pelos diferentes espaços

Edif.	Piso	Tipologia Planta	Nº Planta	Nº Local	Área [m2]	Nº luminárias	KNX [S/N]	Controlo [S/N]
B	Piso -1	Laboratório	4	–	191.9	38	S	S
B	Piso -1	Gabinete	5	–	19	2	N	S
B	Piso -1	Átrio	2	–	21.3	3	N	N
B	Piso -1	Não representado	9	–	112	10	N	N
B	Piso -1	Área técnica/Arrumos	6 ou 8	–	13.1	2	N	N
B	Piso -1	Escadas	3	–	10.13	2	N	N
B	Piso -1	Logradouro	10	–	408	6	N	N
B	Piso -1	P.T.	11	–	16.4	2	N	N
B	Piso -1	Sala de Baterias	12	–	27.7	4	N	N
B	Piso -1	Arrecadação	13	–	17.9	2	N	N
B	Piso -1	Cisterna e Grupo de Bombagem	14	–	25.4	7	N	N
B	Piso -1	Jardim	–	–	118	0	N	N
B	Piso 0	Sala do Bar	7	–	47.8	4	N	S
B	Piso 0	Bar	8	–	18.2	10	N	S
B	Piso 0	Copa	9	–	12.5	2	N	N
B	Piso 0	Arrumos	10	–	1.52	0	N	N
B	Piso 0	Átrio dos WC's	–	–	6.08	3	N	N
B	Piso 0	Sanitário Senhoras	13	–	3.2	3	N	N
B	Piso 0	Sanitário Homens	12	–	8.4	2	N	N
B	Piso 0	Sanitário Deficientes	11	–	5.38	2	N	N

Edif.	Piso	Tipologia Planta	Nº Planta	Nº Local	Área [m2]	Nº luminárias	KNX [S/N]	Controlo [S/N]
B	Piso 0	Escadas	5	–	12.05	2	N	N
B	Piso 0	Compartimento Técnico	3	–	2.13	1	N	N
B	Piso 0	Átrio	2	–	46.8	8	N	N
B	Piso 0	Ducto	4	–	2.1	0	N	N
B	Piso 0	Rampa	–	–	40.74	4	N	N
B	Piso 0	Pórtico	1	–	100.2	0	N	N
B	Piso 0	Laboratório	6	BR.1 Auditório	103.4	23	S	S
B	Piso 1	Área Técnica1	9	B1.7	16.2	4	N	N
B	Piso 1	Gabinete1	6	B1.8	16.4	4	N	S
B	Piso 1	Gabinete2	6	B1.9	16.4	4	N	S
B	Piso 1	Gabinete3	6	B1.10	16.3	4	N	S
B	Piso 1	Gabinete4	6	B1.11	16.5	4	N	S
B	Piso 1	Gabinete5	6	B1.12	18.9	4	N	S
B	Piso 1	Sala de Reuniões	10	–	8.7	1	S	S
B	Piso 1	Escadas	2	–	12.05	2	N	N
B	Piso 1	Ducto	11	–	2.35	0	N	N
B	Piso 1	Receção	3	–	13.8	2	S	N
B	Piso 1	Sala de Reuniões	4	B1.1A	23.9	3	N	S
B	Piso 1	Área Técnica2	9	B1.5	2.13	1	N	N
B	Piso 1	Corredor	–	–	8.1	2	N	N
B	Piso 1	Sanitário Senhoras	7	B1.4	1.32	1	N	N
B	Piso 1	Sanitário Homens	7	B1.3	1.32	1	N	N
B	Piso 1	Sanitários	–	–	1.82	1	N	N
B	Piso 1	Ducto	11	–	3.37	0	N	N
B	Piso 1	Open Space	5	B1.0	164.7	26	S	S
B	Piso 1	Átrio	1	–	12.9	3	N	N

Eficiência energética num edifício de serviços: estudo de medidas de melhoria do SACE

Edif.	Piso	Tipologia Planta	Nº Planta	Nº Local	Área [m2]	Nº luminárias	KNX [S/N]	Controlo [S/N]
B	Piso 1	Corredor	8	_	40.4	7	N	N
B	Piso 2	Gabinete1	6	B2.7	16.2	4	N	S
B	Piso 2	Gabinete2	6	B2.8	16.4	4	N	S
B	Piso 2	Gabinete3	6	B2.9	16.4	4	N	S
B	Piso 2	Gabinete4	6	B2.10	16.5	4	N	S
B	Piso 2	Gabinete5	6	B2.11	26.2	6	N	S
B	Piso 2	Corredor	8	_	31	5	N	N
B	Piso 2	Escadas	2	_	12.05	2	N	N
B	Piso 2	Ducto	10	_	2.35	0	N	N
B	Piso 2	Átrio	1	_	12.9	3	N	N
B	Piso 2	Receção	3	_	13.8	2	S	N
B	Piso 2	Sala de Reuniões	4	B2.1	23.9	3	N	S
B	Piso 2	Área Técnica	9	B2.5 e B2.5A	2.13	1	N	N
B	Piso 2	Ducto	10	_	3.37	0	N	N
B	Piso 2	Corredor	_	_	8.1	2	N	N
B	Piso 2	Sanitário Senhoras	7	B2.4	1.32	1	N	N
B	Piso 2	Sanitários	7	_	1.82	1	N	N
B	Piso 2	Sanitário Homens	7	B2.3	1.32	1	N	N
B	Piso 2	<i>Open Space</i>	5	B2.0	100	15	S	S
B	Piso 2	Gabinete6	6	_	17.4	3	N	S
B	Piso 3	Gabinete1	6	B3.7	16.2	4	N	S
B	Piso 3	Gabinete2	6	B3.8	16.4	4	N	S
B	Piso 3	Gabinete3	6	B3.9	16.4	4	N	S
B	Piso 3	Gabinete4	6	B3.10	16.5	4	N	S
B	Piso 3	Gabinete5	6	B3.11	26.2	6	N	S
B	Piso 3	Corredor	8	_	31	4	N	N
B	Piso 3	Escadas	2	_	12.05	2	N	N

Edif.	Piso	Tipologia Planta	Nº Planta	Nº Local	Área [m2]	Nº luminárias	KNX [S/N]	Controlo [S/N]
B	Piso 3	Ducto	10	_	2.35	0	N	N
B	Piso 3	Átrio	1	_	12.9	3	N	N
B	Piso 3	Receção	3	_	13.8	2	S	N
B	Piso 3	Sala de Reuniões	4	B3.1	23.9	3	N	S
B	Piso 3	Área Técnica	9	B3.5 e B3.5A	2.13	1	N	N
B	Piso 3	Ducto	10	_	3.37	0	N	N
B	Piso 3	Corredor	_	_	8.1	2	N	N
B	Piso 3	Sanitário Senhoras	7	B3.4	1.32	1	N	N
B	Piso 3	Sanitários	7	_	1.82	1	N	N
B	Piso 3	Sanitário Homens	7	B3.3	1.32	1	N	N
B	Piso 3	<i>Open Space</i>	5	B3.0	118.2	18	S	S
B	Piso 4	Gabinete1	6	B4.7	16.2	4	N	S
B	Piso 4	Gabinete2	6	B4.8	16.4	4	N	S
B	Piso 4	Gabinete3	6	B4.9	16.4	4	N	S
B	Piso 4	Gabinete4	6	B4.10	16.5	4	N	S
B	Piso 4	Gabinete5	6	B4.11	26.2	6	N	S
B	Piso 4	Corredor	8	_	31	4	N	N
B	Piso 4	Escadas	2	_	12.05	2	N	N
B	Piso 4	Ducto	10	_	2.35	0	N	N
B	Piso 4	Átrio	1	_	12.9	3	N	N
B	Piso 4	Receção	3	_	13.8	2	S	N
B	Piso 4	Sala de Reuniões	4	B4.1	23.9	3	N	S
B	Piso 4	Área Técnica	9	B4.5 e B4.4A	2.13	1	N	N
B	Piso 4	Ducto	10	_	3.37	0	N	N
B	Piso 4	Corredor	_	_	8.1	2	N	N

Eficiência energética num edifício de serviços: estudo de medidas de melhoria do SACE

Edif.	Piso	Tipologia Planta	Nº Planta	Nº Local	Área [m2]	Nº luminárias	KNX [S/N]	Controlo [S/N]
B	Piso 4	Sanitário Senhoras	7	B4.4	1.32	1	N	N
B	Piso 4	Sanitários	7	_	1.82	1	N	N
B	Piso 4	Sanitário Homens	7	B4.3	1.32	1	N	N
B	Piso 4	<i>Open Space</i>	5	B4.0	118.2	18	S	S
B	Piso 5-Cobertura	Escadas	1	_	12.05	2	N	N
B	Piso 5-Cobertura	Átrio	_	_	211.86	3	N	N
B	Piso 5 - Cobertura	Área Técnica	2	_	16.7	2	N	N
Total						404		

ANEXO III – AVALIAÇÃO SRI AO INESC A

Na Tabela 12 é apresentada a determinação geral dos níveis de funcionalidade dos vários serviços, de cada domínio técnico, no estado atual do INESC A.

Tabela 12 – Avaliação do estado atual do INESC A

Domínio	Serviço	Nível	Estado Atual
Aquecimento	Controlo da dissipação de calor (H1a) – Todos os dissipadores de calor incluídos, exceto TABS (<i>Thermally Activated Building Systems</i> , ou em português, Sistemas de Edifício Termicamente Ativados, ou ainda, elementos construtivos termoativos	Nível 2 [0-4]	Controlo automático individual do espaço, sem comunicação entre os controladores e o SACE
Aquecimento	Controlo do aquecimento nos elementos construtivos termoativos. Modo de aquecimento (H1b) – Apenas TABS	N.A. (não aplicável) [0-3]	–
Aquecimento	Armazenamento e transferência de energia térmica (H1c) – Catálogo A	N.A. (não aplicável) [0-2]	–
Aquecimento	Controlo da temperatura de água quente da rede de distribuição (ida ou retorno) (H1c) – Catálogo B	Nível 1 [0-2]	Controlo da compensação da temperatura exterior
Aquecimento	Controlo das bombas de distribuição na rede de aquecimento (H1d)	Nível 2 [0-4]	Controlo com vários escalões
Aquecimento	Controlo do funcionamento do TES (H1f) – Os Sistemas Termoativos (TABS) não são considerados TES	Nível 1 [0-3]	Controlo temporizado
Aquecimento	Controlo do gerador de calor (combustão e redes urbanas de calor) (H2a) – Apenas para geradores de combustão e de aquecimento em redes urbanas	Nível 0 [0-2]	Controlo de temperatura constante
Aquecimento	Controlo do gerador de calor (bomba de calor) (H2b)	Nível 2 [0-3]	Controlo variável
Aquecimento	Sequência de funcionamento dos geradores de calor (H2d)	Nível 1 [0-4]	Controlo de acordo com uma prioridade fixa
Aquecimento	Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema de aquecimento (H3)	Nível 0 [0-4]	Nenhum

Eficiência energética num edifício de serviços: estudo de medidas de melhoria do SACE

Domínio	Serviço	Nível	Estado Atual
Aquecimento	Flexibilidade e interação com a rede (H4)	Nível 0 [0-4]	Nenhum
Arrefecimento	Controlo da dissipação de frio (C1a) – Todos os dissipadores de frio incluídos, exceto TABS	Nível 2 [0-4]	Controlo automático individual do espaço, sem comunicação entre os controladores e o SACE
Arrefecimento	Controlo do arrefecimento nos elementos construtivos termoativos (modo de arrefecimento) (C1b) – Apenas TABS	N.A. (não aplicável) [0-3]	–
Arrefecimento	Controlo da temperatura de água arrefecida na rede de distribuição (ida ou retorno) (C1c)	Nível 1 [0-2]	Controlo da compensação da temperatura exterior
Arrefecimento	Controlo das bombas de distribuição na rede de arrefecimento (C1d)	Nível 2 [0-4]	Controlo com vários escalões
Arrefecimento	Encravamento/relação entre o controlo na distribuição e/ou nas unidades terminais de aquecimento e arrefecimento (C1f)	Nível 1 [0-2]	Encravamento/ relação parcial
Arrefecimento	Controlo do funcionamento do armazenamento de energia térmica (TES) (C1g) – Os Sistemas Termoativos (TABS) não são considerados TES	Nível 1 [0-3]	Controlo temporizado
Arrefecimento	Controlo do gerador de arrefecimento (C2a)	Nível 1 [0-3]	Controlo com vários escalões da capacidade de produção de frio dependendo da carga ou da necessidade
Arrefecimento	Sequência de funcionamento dos equipamentos produtores de água arrefecida (C2b)	N.A. (não aplicável) [0-4]	–
Arrefecimento	Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema de arrefecimento (C3)	Nível 0 [0-4]	Nenhum
Arrefecimento	Flexibilidade e interação com a rede (C4)	Nível 0 [0-4]	Nenhum
Água Quente Sanitária	Controlo do aquecimento da água quente armazenada, com aquecimento elétrico direto ou com bomba de calor (DHW1a)	Nível 0 [0-3]	Controlo automático para ligar/desligar
Água Quente Sanitária	Controlo da carga do armazenamento de AQS (DHW1b) – Catálogo A	N.A. (não aplicável) [0-2]	–

Domínio	Serviço	Nível	Estado Atual
Água Quente Sanitária	Controlo do aquecimento da água quente armazenada, com aquecedores de água (DHW1b) – Catálogo B	N.A. (não aplicável) [0-3]	–
Água Quente Sanitária	Controlo de aquecimento da água armazenada, com coletor solar e geração de calor suplementar (DHW1d)	N.A. (não aplicável) [0-3]	–
Água Quente Sanitária	Sequenciação no caso de diferentes geradores de AQS (DHW2b)	N.A. (não aplicável) [0-4]	–
Água Quente Sanitária	Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema de água quente para uso doméstico (DHW3)	Nível 0 [0-4]	Nenhum
Ventilação	Controlo do caudal de ar fornecido ao nível do espaço (V1a)	Nível 1 [0-4]	Controlo temporizado
Ventilação	Controlo do caudal de ar ou pressão ao nível da unidade de tratamento do ar (V1c)	Nível 1 [0-4]	Controlo temporizado de ligar/ desligar
Ventilação	Controlo da recuperação de calor: prevenção do sobreaquecimento (V2c)	Nível 0 [0-2]	Sem controlo de sobreaquecimento
Ventilação	Controlo da temperatura do ar na unidade de tratamento do ar (V2d)	Nível 1 [0-3]	Ponto de ajuste constante
Ventilação	Free-cooling mecânico (V3)	N.A. (não aplicável) [0-3]	–
Ventilação	Relatórios de informação sobre a QAI (V6)	Nível 0 [0-3]	Nenhum
Iluminação	Controlo de ocupação para iluminação interior (L1a)	Nível X [0-3]	70.984% da área interior iluminada - Nível 0 - Interruptor manual de ligar/desligar 28.038% da área interior iluminada - Nível 2 - Detecção automática (auto liga/regulação desliga ou auto desliga) 0.978% da área interior iluminada - Nível 3 - Detecção automática (manual liga/regulação desliga ou auto desliga)
Iluminação	Iluminância/Controlo de luz natural (L2)	Nível 1 [0-4]	Manual (por zona de espaços)

Eficiência energética num edifício de serviços: estudo de medidas de melhoria do SACE

Domínio	Serviço	Nível	Estado Atual
Envolvente Dinâmica do Edifício	Controlo dos dispositivos de proteção solar (DE1)	Nível 0 [0-4]	Sem sombreamento solar ou apenas com funcionamento manual
Envolvente Dinâmica do Edifício	Controlo de janela aberta ou fechada, combinado com o sistema AVAC (DE2)	Nível 0 [0-3]	Operação manual ou apenas janelas fixas
Envolvente Dinâmica do Edifício	Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema da envolvente dinâmica do edifício (DE4)	Nível 0 [0-4]	Sem relatórios
Eletricidade	Relatórios de informação sobre a produção local de eletricidade (E2)	Nível 2 [0-4]	Valores reais e dados históricos
Eletricidade	Armazenamento de eletricidade (produzida localmente) (E3)	Nível 0 [0-4]	Nenhum
Eletricidade	Otimização do autoconsumo da eletricidade gerada localmente (E4)	Nível 0 [0-3]	Nenhum
Eletricidade	Controlo de centrais de produção combinada de calor e eletricidade (cogeração) (E5)	N.A. (não aplicável) [0-2]	–
Eletricidade	Suporte de modos de funcionamento em (micro)rede (E8)	Nível 0 [0-3]	Nenhum
Eletricidade	Relatórios de informação sobre o armazenamento de energia (E11)	N.A. (não aplicável) [0-4]	–
Eletricidade	Relatórios de informação sobre o consumo de eletricidade (E12)	Nível 0 [0-4]	Nenhum
Carregamento de Veículos Elétricos	Capacidade de carregamento de veículos elétricos (EV15)	Nível 3 [0-4]	10 a 50% dos lugares de estacionamento têm pontos de carregamento
Carregamento de Veículos Elétricos	Balanceamento da rede de carregamento de veículos elétricos (EV16)	Nível 0 [0-2]	Não presente (carregamento não controlado)
Carregamento de Veículos Elétricos	Informação sobre conectividade e tarifário de carregamento de veículos elétricos (EV17)	Nível 0 [0-2]	Informação não disponível
Monitorização e Controlo	Gestão do período de funcionamento (MC3)	Nível 1 [0-3]	Configuração do tempo de funcionamento das instalações de AVAC, de acordo com um calendário predefinido
Monitorização e Controlo	Detetar avarias nos sistemas técnicos do edifício e apoio ao	Nível 1 [0-3]	Comunicação centralizada para as avarias e os alarmes detetados para, pelo

Domínio	Serviço	Nível	Estado Atual
	diagnóstico dessas avarias (MC4)		menos, 2 Sistemas Técnicos relevantes
Monitorização e Controlo	Deteção de ocupação: serviços conectados (MC9)	Nível W [0-2]	70.984% da área útil interior - Nível 0 - Nenhuma deteção; 29.016% da área útil interior - Nível 1 - Deteção de ocupação para funções individuais, por exemplo, a iluminação
Monitorização e Controlo	Relatórios centralizados de desempenho e consumo de energia dos sistemas técnicos (MC13)	Nível 0 [0-3]	Nenhum relatório
Monitorização e Controlo	Integração com a Rede Inteligente (<i>Smart Grid</i>) (MC25)	Nível 0 [0-2]	Nenhum - Não há harmonização entre a rede e os sistemas técnicos. O edifício funciona independentemente da carga da rede
Monitorização e Controlo	Relatórios de informação sobre o desempenho e a operação da DSM (MC28)	Nível 0 [0-2]	Nenhum relatório
Monitorização e Controlo	Cancelamento/suspensão do sistema de controlo baseado na gestão do lado da procura (MC29)	Nível 0 [0-4]	Sem controlo de DSM
Monitorização e Controlo	Plataforma única que permite o controlo automatizado e a coordenação entre sistemas técnicos + otimização do fluxo de energia com base nos sinais de ocupação, meteorologia e da rede (MC30)	Nível 0 [0-3]	Nenhuma plataforma única

Na Tabela 13 é apresentada a determinação geral das medidas de melhoria, assim como a determinação dos níveis de funcionalidade dos vários serviços, de cada domínio técnico, considerando as medidas de melhoria propostas para o INESC A.

Tabela 13 – Avaliação do estado do INESC A com a aplicação das medidas de melhoria

Domínio	Serviço	Medidas de Melhoria Propostas	Nível Pós Medidas de Melhoria	Estado Pós Medidas de Melhoria
Aquecimento	Controlo da dissipação de calor (H1a) – Todos os dissipadores de calor incluídos, exceto TABS	Pretende-se aprimorar o controlo da dissipação de calor, permitindo que exista controlo individual do espaço com comunicação entre os controladores e o SACE, e deteção de ocupação	Nível 4 [0-4]	Controlo individual do espaço com comunicação entre os controladores e o SACE, e deteção de ocupação
Aquecimento	Controlo do aquecimento nos elementos construtivos termoativos. Modo de aquecimento (H1b) – Apenas TABS	–	N.A. (não aplicável) [0-3]	–
Aquecimento	Armazenamento e transferência de energia térmica (H1c) – Catálogo A	–	N.A. (não aplicável) [0-2]	–
Aquecimento	Controlo da temperatura de água quente da rede de distribuição (ida ou retorno) (H1c) – Catálogo B	Pretende-se integrar um controlo baseado na procura, em que a temperatura média da água de distribuição dependa da carga de aquecimento das zonas	Nível 2 [0-2]	Controlo baseado na procura
Aquecimento	Controlo das bombas de distribuição na rede de aquecimento (H1d)	Pretende-se efetuar a mudança das atuais bombas de distribuição na rede de aquecimento, por bombas com VFD.	Nível 3 [0-4]	Controlo da bomba de velocidade variável
Aquecimento	Controlo do funcionamento do TES (H1f) – Os Sistemas Termoativos (TABS) não são considerados TES	Espera-se que o carregamento do depósito de inércia esteja sempre ativado, mas que a carga disponível seja reduzida quando não é necessária	Nível 2 [0-3]	Controlo baseado na previsão de carga
Aquecimento	Controlo do gerador de calor (combustão e redes urbanas de calor) (H2a) – Apenas para geradores de combustão e de	Pretende-se que a caldeira passe a ter um controlo de temperatura variável,	Nível 2 [0-2]	Controlo de temperatura variável dependente da carga

Domínio	Serviço	Medidas de Melhoria Propostas	Nível Pós Medidas de Melhoria	Estado Pós Medidas de Melhoria
	aquecimento em redes urbanas	dependente da carga		
Aquecimento	Sequência de funcionamento dos geradores de calor (H2d)	É necessária a comunicação entre os 2 equipamentos, um algoritmo de gestão dinâmica e ter-se-á de reprogramar, ou substituir, o controlador existente	Nível 3 [0-4]	Controlo de acordo com uma lista de prioridades dinâmica baseada em previsão
Aquecimento	Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema de aquecimento (H3)	Esperam-se obter relatórios centralizados, ou remotos, dos KPI's atuais, dos dados históricos, e uma avaliação de desempenho, com previsões e/ ou comparações (benchmarking)	Nível 3 [0-4]	Relatórios centralizados, ou remotos, dos KPI's atuais, dos dados históricos e uma avaliação incluindo previsões e avaliação comparativa (benchmarking)
Aquecimento	Flexibilidade e interação com a rede (H4)	Integrar um algoritmo de controlo dos sinais da rede	Nível 3 [0-4]	Controlo flexível, através de sinais da rede
Arrefecimento	Controlo da dissipação de frio (C1a) – Todos os dissipadores de frio incluídos, exceto TABS	Pretende-se aprimorar o controlo da dissipação de frio, permitindo que exista controlo individual do espaço com comunicação entre os controladores e o SACE, e deteção de ocupação	Nível 4 [0-4]	Controlo individual do espaço com comunicação entre os controladores e o SACE, e deteção de ocupação
Arrefecimento	Controlo do arrefecimento nos elementos construtivos termoativos (modo de arrefecimento) (C1b) – Apenas TABS	–	N.A. (não aplicável) [0-3]	–
Arrefecimento	Controlo da temperatura de água arrefecida na rede de distribuição (ida ou retorno) (C1c)	Pretende-se integrar um controlo baseado na procura, em que a temperatura média da água de distribuição dependa da carga de arrefecimento das zonas	Nível 2 [0-2]	Controlo baseado na procura

Eficiência energética num edifício de serviços: estudo de medidas de melhoria do SACE

Domínio	Serviço	Medidas de Melhoria Propostas	Nível Pós Medidas de Melhoria	Estado Pós Medidas de Melhoria
Arrefecimento	Controlo das bombas de distribuição na rede de arrefecimento (C1d)	Pretende-se efetuar a mudança das atuais bombas de distribuição na rede de arrefecimento, por bombas com VFD.	Nível 3 [0-4]	Controlo da bomba de velocidade variável
Arrefecimento	Encravamento/relação entre o controlo na distribuição e/ou nas unidades terminais de aquecimento e arrefecimento (C1f)	A construção mecânica hidráulica terá de ser revista e modificada, ou ter-se-á de ponderar uma comutação total no nível de fornecimento	Nível 2 [0-2]	Encravamento/ relação total
Arrefecimento	Controlo do funcionamento do armazenamento de energia térmica (TES) (C1g) – Os Sistemas Termoativos (TABS) não são considerados TES	Espera-se que o controlo do carregamento dos 2 bancos de gelo passe a ser um controlo baseado na previsão de carga	Nível 2 [0-3]	Controlo baseado na previsão de carga
Arrefecimento	Controlo do gerador de arrefecimento (C2a)	–	Nível 1 [0-3]	Controlo com vários escalões da capacidade de produção de frio dependendo da carga ou da necessidade
Arrefecimento	Sequência de funcionamento dos equipamentos produtores de água arrefecida (C2b)	–	N.A. (não aplicável) [0-4]	–
Arrefecimento	Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema de arrefecimento (C3)	Esperam-se obter relatórios centralizados, ou remotos, dos KPI's atuais, dos dados históricos, e uma avaliação de desempenho, com previsões e/ ou comparações (benchmarking)	Nível 3 [0-4]	Relatórios centralizados, ou remotos, dos KPI's atuais, dos dados históricos e uma avaliação incluindo previsões e avaliação comparativa (benchmarking)
Arrefecimento	Flexibilidade e interação com a rede (C4)	Integrar um algoritmo de controlo dos sinais da rede	Nível 3 [0-4]	Controlo flexível, através de sinais da rede
Água Quente Sanitária	Controlo do aquecimento da água quente armazenada, com aquecimento elétrico	Instalação de um novo termoacumulador - controlo automático para ligar/ desligar, ativação do	Nível 2 [0-3]	Controlo automático para ligar/desligar, ativação do carregamento programado e gestão

Domínio	Serviço	Medidas de Melhoria Propostas	Nível Pós Medidas de Melhoria	Estado Pós Medidas de Melhoria
	direto ou com bomba de calor (DHW1a)	carregamento programado e gestão do armazenamento através de vários sensores		do armazenamento com vários sensores
Água Quente Sanitária	Controlo da carga do armazenamento de AQS (DHW1b) – Catálogo A	–	N.A. (não aplicável) [0-2]	–
Água Quente Sanitária	Controlo do aquecimento da água quente armazenada, com aquecedores de água (DHW1b) – Catálogo B	–	N.A. (não aplicável) [0-3]	–
Água Quente Sanitária	Controlo de aquecimento da água armazenada, com coletor solar e geração de calor suplementar (DHW1d)	Instalação de um sistema solar térmico - redução do consumo energético, recuperação do investimento, reduzir a pegada de carbono	Nível 2 [0-3]	Controlo automático da carga de armazenamento solar (prioridade 1) e da carga de armazenamento suplementar (prioridade 2). Controlo da temperatura fornecida baseada nas necessidades ou gestão do armazenamento com multisensores
Água Quente Sanitária	Sequenciação no caso de diferentes geradores de AQS (DHW2b)	Pretende-se que haja um controlo de acordo com uma prioridade fixa, sendo que a cada gerador é atribuída uma prioridade fixa arbitrária	Nível 1 [0-4]	Controlo de acordo com uma prioridade fixa
Água Quente Sanitária	Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema de água quente para uso doméstico (DHW3)	Esperam-se obter relatórios centralizados, ou remotos, dos KPI's atuais, dos dados históricos, e uma avaliação de desempenho, com previsões e/ ou comparações (benchmarking)	Nível 3 [0-4]	Avaliação do desempenho, incluindo previsão e/ou avaliação comparativa (benchmarking)
Ventilação	Controlo do caudal de ar fornecido ao nível do espaço (V1a)	Pretende-se que o sistema de ventilação funcione através de um controlo local, com base nas necessidades	Nível 4 [0-4]	Controlo local com base nas necessidades medidas em sensores de qualidade do ar (CO2, COV, etc.) com caudal local de/para a

Domínio	Serviço	Medidas de Melhoria Propostas	Nível Pós Medidas de Melhoria	Estado Pós Medidas de Melhoria
		medidas nos multisensores relativas à qualidade do ar interior (CO ₂ , COV, ocupação, etc.) com caudal local de/ para a zona, regulado por elementos de amortecimento		zona, regulado por elementos de amortecimento
Ventilação	Controlo do caudal de ar ou pressão ao nível da unidade de tratamento do ar (V1c)	Pretende-se fazer a substituição das 6 UTAN's existentes por outras novas, com determinadas características	Nível 4 [0-4]	Controlo automático de caudal ou pressão, com reinicialização da pressão
Ventilação	Controlo da recuperação de calor: prevenção do sobreaquecimento (V2c)	Pretende-se fazer a substituição das 6 UTAN's existentes por outras novas, com determinadas características	Nível 2 [0-2]	Controlo de sobreaquecimento avançado. Modula ou contorna a recuperação de calor com base em sensores de temperatura em vários espaços
Ventilação	Controlo da temperatura do ar na unidade de tratamento do ar (V2d)	Pretende-se melhorar o controlo da temperatura do ar, nas 6 UTAN's, com um ponto de ajuste (setpoint) variável com compensação dependente da carga	Nível 3 [0-3]	Ponto de ajuste variável com compensação dependente de carga
Ventilação	<i>Free-cooling</i> mecânico (V3)	Com as novas UTAN's já se torna possível fazer <i>Free-cooling</i> mecânico, com base na entalpia	Nível 3 [0-3]	Controlo com base na entalpia
Ventilação	Relatórios de informação sobre a QAI (V6)	Esperam-se obter relatórios centralizados, ou remotos, que permitam monitorizar em tempo real o sistema, assim como verificar os dados atuais e históricos da QAI, disponível para os ocupantes	Nível 2 [0-3]	Monitorização em tempo real e informação de histórico da QAI disponível para os ocupantes

Domínio	Serviço	Medidas de Melhoria Propostas	Nível Pós Medidas de Melhoria	Estado Pós Medidas de Melhoria
Iluminação	Controlo de ocupação para iluminação interior (L1a)	Integração do protocolo DALI-2, multisensores, novas luminárias, novos interruptores, Automation Server	Nível X [0-3]	5.90% da área interior iluminada - Nível 0 - Interruptor manual de ligar/desligar 30.776% da área interior iluminada - Nível 2 - Detecção automática (auto liga/regulação desliga ou auto desliga) 63.324% da área interior iluminada - Nível 3 - Detecção automática (manual liga/regulação desliga ou auto desliga)
Iluminação	Iluminância/Controlo de luz natural (L2)	Integração do protocolo DALI-2, multisensores, novas luminárias, novos interruptores, Automation Server	Nível Y [0-4]	36.676% da área interior iluminada - Nível 1 - Manual (por zona de espaços) 63.324% da área interior iluminada - Nível 3 - Regulação de intensidade automática
Envolvente Dinâmica do Edifício	Controlo dos dispositivos de proteção solar (DE1)	Ter-se-ão de adquirir novos elementos de sombreamento (toldos, estores, persianas em rolo ou venezianas) que estejam equipados com um motor para realizar a abertura e o fecho	Nível 3 [0-4]	Controlo combinado de iluminação/dispositivo de oclusão/AVAC
Envolvente Dinâmica do Edifício	Controlo de janela aberta ou fechada, combinado com o sistema AVAC (DE2)	Instalação de janelas com abertura mecânica automatizada, sensores de janela e sensores exteriores	Nível 3 [0-3]	Detecção de janelas abertas/ fechadas + abertura mecânica automatizada + coordenação centralizada das janelas funcionais
Envolvente Dinâmica do Edifício	Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema da envolvente dinâmica do edifício (DE4)	Esperam-se obter relatórios, centralizados ou remotos, de informações acerca do desempenho do sistema da envolvente dinâmica do edifício	Nível 4 [0-4]	Posição de cada produto, deteção de avarias, manutenção preditiva e dados dos sensores em tempo real e históricos (vento, iluminância, temperatura, etc.)

Eficiência energética num edifício de serviços: estudo de medidas de melhoria do SACE

Domínio	Serviço	Medidas de Melhoria Propostas	Nível Pós Medidas de Melhoria	Estado Pós Medidas de Melhoria
Eletricidade	Relatórios de informação sobre a produção local de eletricidade (E2)	Espera-se que, aos relatórios atuais, se consiga adicionar a funcionalidade de avaliação do desempenho, mas agora com previsão e/ ou avaliação comparativa (benchmarking)	Nível 3 [0-4]	Avaliação do desempenho, incluindo previsão e/ou avaliação comparativa (benchmarking)
Eletricidade	Armazenamento de eletricidade (produzida localmente) (E3)	Colocar em funcionamento os 2 contentores de baterias na fachada Poente, para armazenarem a energia solar fotovoltaica produzida	Nível 4 [0-4]	Armazenamento de energia no local com controlador que otimiza o uso da eletricidade produzida localmente e possibilita a retroalimentação para a rede
Eletricidade	Otimização do autoconsumo da eletricidade gerada localmente (E4)	Instalação de um controlador de cargas automático, tomadas e dispositivos inteligentes, e verificação se os contadores existentes no sistema serão suficientemente inteligentes para o objetivo previsto	Nível 3 [0-3]	Gestão automatizada do consumo da eletricidade local, com base nas necessidades energéticas atuais e previstas, e na disponibilidade de energias renováveis
Eletricidade	Controlo de centrais de produção combinada de calor e eletricidade (cogeração) (E5)	–	N.A. (não aplicável) [0-2]	–
Eletricidade	Suporte de modos de funcionamento em (micro)rede (E8)	Espera-se que passe a existir uma gestão automatizada do consumo de eletricidade, ao nível do edifício, e do fornecimento de eletricidade a edifícios vizinhos (micro-rede) ou à rede elétrica	Nível 2 [0-3]	Gestão automatizada do consumo de eletricidade (ao nível do edifício) e do fornecimento de eletricidade a edifícios vizinhos (micro-rede) ou à rede elétrica
Eletricidade	Relatórios de informação sobre o armazenamento de energia (E11)	Esperam-se obter relatórios centralizados, ou remotos, dos dados atuais, dos dados históricos, e uma avaliação de desempenho, com	Nível 3 [0-4]	Avaliação do desempenho, incluindo previsão e/ou avaliação comparativa (benchmarking)

Domínio	Serviço	Medidas de Melhoria Propostas	Nível Pós Medidas de Melhoria	Estado Pós Medidas de Melhoria
		previsões e/ ou comparações (benchmarking)		
Eletricidade	Relatórios de informação sobre o consumo de eletricidade (E12)	Prevê-se que venham a ser implementados relatórios informativos sobre o consumo elétrico, incorporando feedback e benchmarking em tempo real, ao nível do edifício	Nível 2 [0-4]	Feedback ou benchmarking em tempo real, ao nível do edifício
Carregamento de Veículos Elétricos	Capacidade de carregamento de veículos elétricos (EV15)	Instalar, no mínimo 19 postos de carregamentos simples (ou 10 postos de carregamento duplos), no estacionamento Sul	Nível 4 [0-4]	>50% dos lugares de estacionamento têm pontos de carregamento
Carregamento de Veículos Elétricos	Balanceamento da rede de carregamento de veículos elétricos (EV16)	É expectável que os carregamentos passem a ser controlados bidireccionalmente (V2G – Vehicle-to-Grid ou V2B – Vehicle-to-Building)	Nível 2 [0-2]	Carregamento controlado de forma bidireccional (por exemplo, incluindo a hora de partida desejada e a receção de sinais da rede para otimização)
Carregamento de Veículos Elétricos	Informação sobre conectividade e tarifário de carregamento de veículos elétricos (EV17)	Prevê-se que passem a existir relatórios de informações para os utilizadores, acerca do estado do carregamento, com identificação automática e autorização do condutor para a estação de carregamento	Nível 2 [0-2]	Relatório de informações para o ocupante sobre o estado de carregamento de veículos elétricos e identificação automática e autorização do condutor para a estação de carregamento (em conformidade com a norma ISO 15118).
Monitorização e Controlo	Gestão do período de funcionamento (MC3)	Pretende-se que passe a existir um controlo para ligar/desligar as instalações de AVAC, com base nas cargas do edifício, de forma a adequar a sua produção à carga térmica necessária	Nível 2 [0-3]	Controlo para ligar/desligar as instalações de aquecimento e arrefecimento com base nas cargas do edifício

Eficiência energética num edifício de serviços: estudo de medidas de melhoria do SACE

Domínio	Serviço	Medidas de Melhoria Propostas	Nível Pós Medidas de Melhoria	Estado Pós Medidas de Melhoria
Monitorização e Controlo	Detetar avarias nos sistemas técnicos do edifício e apoio ao diagnóstico dessas avarias (MC4)	Prevê-se que venha a existir uma comunicação centralizada para as avarias e os alarmes detetados para todos os sistemas técnicos relevantes	Nível 2 [0-3]	Comunicação centralizada para as avarias e os alarmes detetados para todos os sistemas técnicos relevantes
Monitorização e Controlo	Deteção de ocupação: serviços conectados (MC9)	Tem-se como objetivo futuro que a deteção de ocupação possibilite a regulação automática dos sistemas de iluminação e AVAC, otimizando a eficiência energética e eliminando consumos energéticos desnecessários em áreas ou períodos sem utilização	Nível Z [0-2]	5.9% da área útil interior - Nível 0 - Nenhuma deteção 94.1% da área útil interior - Nível 2 - Deteção centralizada de ocupantes que alimenta vários Sistemas Técnicos como, por exemplo, a iluminação e o aquecimento
Monitorização e Controlo	Relatórios centralizados de desempenho e consumo de energia dos sistemas técnicos (MC13)	Esperam-se obter relatórios centralizados, ou remotos, acerca do consumo energético em tempo real, por vetor energético (eletricidade e gás natural), combinando os dados dos sistemas técnicos do SACE	Nível 3 [0-3]	Relatórios centralizados ou remotos do consumo de energia em tempo real por vetor de energia, combinando os sistemas técnicos de todos os principais domínios numa só interface
Monitorização e Controlo	Integração com a Rede Inteligente (<i>Smart Grid</i>) (MC25)	Tem-se como objetivo que se institua a funcionalidade DSM, de forma coordenada entre os múltiplos sistemas técnicos do edifício	Nível 2 [0-2]	A gestão do lado da procura é coordenada entre múltiplos sistemas técnicos
Monitorização e Controlo	Relatórios de informação sobre o desempenho e a operação da DSM (MC28)	Visa-se que seja disponibilizado feedback sobre as ações de DSM e o respetivo impacto	Nível 2 [0-2]	Relatórios de informação sobre o histórico corrente e previsto da gestão do lado da procura, incluindo os fluxos de energia geridos

Domínio	Serviço	Medidas de Melhoria Propostas	Nível Pós Medidas de Melhoria	Estado Pós Medidas de Melhoria
Monitorização e Controlo	Cancelamento/suspensão do sistema de controlo baseado na gestão do lado da procura (MC29)	Perspetiva-se que haja a capacidade de os utilizadores substituírem a gestão automatizada de energia no âmbito do DSM	Nível 3 [0-4]	Anulação programada do controlo da DSM (e reativação) pelo utilizador do edifício
Monitorização e Controlo	Plataforma única que permite o controlo automatizado e a coordenação entre sistemas técnicos + otimização do fluxo de energia com base nos sinais de ocupação, meteorologia e da rede (MC30)	Um dos objetivos definidos é a implementação de uma plataforma integrada e unificada	Nível 3 [0-3]	Plataforma única que permite o controlo automatizado e a coordenação entre sistemas técnicos e a otimização do fluxo de energia com base nos sinais de ocupação, meteorologia e rede

ANEXO IV – AVALIAÇÃO SRI AO INESC B

Na Tabela 14 é apresentada a determinação geral dos níveis de funcionalidade dos vários serviços, de cada domínio técnico, no estado atual do INESC B.

Tabela 14 – Avaliação do estado atual do INESC B

Domínio	Serviço	Nível	Estado Atual
Aquecimento	Controlo da dissipação de calor (H1a) – Todos os dissipadores de calor incluídos, exceto TABS	Nível 2 [0-4]	Controlo automático individual do espaço, sem comunicação entre os controladores e o SACE
Aquecimento	Controlo do aquecimento nos elementos construtivos termoativos. Modo de aquecimento (H1b) – Apenas TABS	N.A. (não aplicável) [0-3]	–
Aquecimento	Armazenamento e transferência de energia térmica (H1c) – Catálogo A	N.A. (não aplicável) [0-2]	–
Aquecimento	Controlo da temperatura de água quente da rede de distribuição (ida ou retorno) (H1c) – Catálogo B	Nível 1 [0-2]	Controlo da compensação da temperatura exterior
Aquecimento	Controlo das bombas de distribuição na rede de aquecimento (H1d)	Nível 3 [0-4]	Controlo da bomba de velocidade variável
Aquecimento	Controlo do funcionamento do TES (H1f) – Os Sistemas Termoativos (TABS) não são considerados TES	N.A. (não aplicável) [0-3]	–
Aquecimento	Controlo do gerador de calor (combustão e redes urbanas de calor) (H2a) – Apenas para geradores de combustão e de aquecimento em redes urbanas	Nível 0 [0-2]	Controlo de temperatura constante
Aquecimento	Controlo do gerador de calor (bomba de calor) (H2b)	N.A. (não aplicável) [0-3]	–
Aquecimento	Sequência de funcionamento dos geradores de calor (H2d)	N.A. (não aplicável) [0-4]	–
Aquecimento	Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema de aquecimento (H3)	Nível 0 [0-4]	Nenhum
Aquecimento	Flexibilidade e interação com a rede (H4)	Nível 0 [0-4]	Nenhum

Domínio	Serviço	Nível	Estado Atual
Arrefecimento	Controlo da dissipação de frio (C1a) – Todos os dissipadores de frio incluídos, exceto TABS	Nível 2 [0-4]	Controlo automático individual do espaço, sem comunicação entre os controladores e o SACE
Arrefecimento	Controlo do arrefecimento nos elementos construtivos termoativos (modo de arrefecimento) (C1b) – Apenas TABS	N.A. (não aplicável) [0-3]	–
Arrefecimento	Controlo da temperatura de água arrefecida na rede de distribuição (ida ou retorno) (C1c)	Nível 1 [0-2]	Controlo da compensação da temperatura exterior
Arrefecimento	Controlo das bombas de distribuição na rede de arrefecimento (C1d)	Nível 3 [0-4]	Controlo da bomba de velocidade variável
Arrefecimento	Encravamento/relação entre o controlo na distribuição e/ou nas unidades terminais de aquecimento e arrefecimento (C1f)	Nível 1 [0-2]	Encravamento/ relação parcial
Arrefecimento	Controlo do funcionamento do armazenamento de energia térmica (TES) (C1g) – Os Sistemas Termoativos (TABS) não são considerados TES	Nível 1 [0-3]	Controlo temporizado
Arrefecimento	Controlo do gerador de arrefecimento (C2a)	Nível 1 [0-3]	Controlo com vários escalões da capacidade de produção de frio dependendo da carga ou da necessidade
Arrefecimento	Sequência de funcionamento dos equipamentos produtores de água arrefecida (C2b)	N.A. (não aplicável) [0-4]	–
Arrefecimento	Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema de arrefecimento (C3)	Nível 0 [0-4]	Nenhum
Arrefecimento	Flexibilidade e interação com a rede (C4)	Nível 0 [0-4]	Nenhum
Água Quente Sanitária	Controlo do aquecimento da água quente armazenada, com aquecimento elétrico direto ou com bomba de calor (DHW1a)	Nível 0 [0-3]	Controlo automático para ligar/desligar
Água Quente Sanitária	Controlo da carga do armazenamento de AQS (DHW1b) – Catálogo A	N.A. (não aplicável) [0-2]	–
Água Quente Sanitária	Controlo do aquecimento da água quente armazenada, com	N.A. (não aplicável) [0-3]	–

Eficiência energética num edifício de serviços: estudo de medidas de melhoria do SACE

Domínio	Serviço	Nível	Estado Atual
	aquecedores de água (DHW1b) – Catálogo B		
Água Quente Sanitária	Controlo de aquecimento da água armazenada, com coletor solar e geração de calor suplementar (DHW1d)	N.A. (não aplicável) [0-3]	–
Água Quente Sanitária	Sequenciação no caso de diferentes geradores de AQS (DHW2b)	N.A. (não aplicável) [0-4]	–
Água Quente Sanitária	Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema de água quente para uso doméstico (DHW3)	Nível 0 [0-4]	Nenhum
Ventilação	Controlo do caudal de ar fornecido ao nível do espaço (V1a)	Nível 1 [0-4]	Controlo temporizado
Ventilação	Controlo do caudal de ar ou pressão ao nível da unidade de tratamento do ar (V1c)	Nível 1 [0-4]	Controlo temporizado de ligar/ desligar
Ventilação	Controlo da recuperação de calor: prevenção do sobreaquecimento (V2c)	Nível 1 [0-2]	Controlo de sobreaquecimento. Modula ou contorna a recuperação de calor com base em sensores na exaustão de ar
Ventilação	Controlo da temperatura do ar na unidade de tratamento do ar (V2d)	Nível 1 [0-3]	Ponto de ajuste constante
Ventilação	Free-cooling mecânico (V3)	N.A. (não aplicável) [0-3]	–
Ventilação	Relatórios de informação sobre a QAI (V6)	Nível 0 [0-3]	Nenhum
Iluminação	Controlo de ocupação para iluminação interior (L1a)	Nível X [0-3]	75.572% da área interior iluminada - Nível 0 - Interruptor manual de ligar/desligar 24.428% da área interior iluminada - Nível 2 - Detecção automática (auto liga/regulação desliga ou auto desliga)
Iluminação	Iluminância/Controlo de luz natural (L2)	Nível 1 [0-4]	Manual (por zona de espaços)
Envolvente Dinâmica do Edifício	Controlo dos dispositivos de proteção solar (DE1)	Nível 0 [0-4]	Sem sombreamento solar ou apenas com funcionamento manual
Envolvente Dinâmica do Edifício	Controlo de janela aberta ou fechada, combinado com o sistema AVAC (DE2)	Nível 0 [0-3]	Operação manual ou apenas janelas fixas

Domínio	Serviço	Nível	Estado Atual
Envolvente Dinâmica do Edifício	Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema da envolvente dinâmica do edifício (DE4)	Nível 0 [0-4]	Sem relatórios
Eletricidade	Relatórios de informação sobre a produção local de eletricidade (E2)	Nível 2 [0-4]	Valores reais e dados históricos
Eletricidade	Armazenamento de eletricidade (produzida localmente) (E3)	Nível 0 [0-4]	Nenhum
Eletricidade	Otimização do autoconsumo da eletricidade gerada localmente (E4)	Nível 0 [0-3]	Nenhum
Eletricidade	Controlo de centrais de produção combinada de calor e eletricidade (cogeração) (E5)	N.A. (não aplicável) [0-2]	–
Eletricidade	Suporte de modos de funcionamento em (micro)rede (E8)	Nível 0 [0-3]	Nenhum
Eletricidade	Relatórios de informação sobre o armazenamento de energia (E11)	N.A. (não aplicável) [0-4]	–
Eletricidade	Relatórios de informação sobre o consumo de eletricidade (E12)	Nível 0 [0-4]	Nenhum
Carregamento de Veículos Elétricos	Capacidade de carregamento de veículos elétricos (EV15)	Nível 3 [0-4]	10 a 50% dos lugares de estacionamento têm pontos de carregamento
Carregamento de Veículos Elétricos	Balanceamento da rede de carregamento de veículos elétricos (EV16)	Nível 0 [0-2]	Não presente (carregamento não controlado)
Carregamento de Veículos Elétricos	Informação sobre conectividade e tarifário de carregamento de veículos elétricos (EV17)	Nível 0 [0-2]	Informação não disponível
Monitorização e Controlo	Gestão do período de funcionamento (MC3)	Nível 1 [0-3]	Configuração do tempo de funcionamento das instalações de AVAC, de acordo com um calendário predefinido
Monitorização e Controlo	Detetar avarias nos sistemas técnicos do edifício e apoio ao diagnóstico dessas avarias (MC4)	Nível 1 [0-3]	Comunicação centralizada para as avarias e os alarmes detetados para, pelo menos, 2 Sistemas Técnicos relevantes
Monitorização e Controlo	Deteção de ocupação: serviços conectados (MC9)	Nível W [0-2]	75.572% da área útil interior - Nível 0 - Nenhuma deteção 24.428% da área útil interior - Nível 1 -

Domínio	Serviço	Nível	Estado Atual
			Deteção de ocupação para funções individuais, por exemplo, a iluminação
Monitorização e Controlo	Relatórios centralizados de desempenho e consumo de energia dos sistemas técnicos (MC13)	Nível 0 [0-3]	Nenhum relatório
Monitorização e Controlo	Integração com a Rede Inteligente (<i>Smart Grid</i>) (MC25)	Nível 0 [0-2]	Nenhum - Não há harmonização entre a rede e os sistemas técnicos. O edifício funciona independentemente da carga da rede
Monitorização e Controlo	Relatórios de informação sobre o desempenho e a operação da DSM (MC28)	Nível 0 [0-2]	Nenhum relatório
Monitorização e Controlo	Cancelamento/suspensão do sistema de controlo baseado na gestão do lado da procura (MC29)	Nível 0 [0-4]	Sem controlo de DSM
Monitorização e Controlo	Plataforma única que permite o controlo automatizado e a coordenação entre sistemas técnicos + otimização do fluxo de energia com base nos sinais de ocupação, meteorologia e da rede (MC30)	Nível 0 [0-3]	Nenhuma plataforma única

Na Tabela 15 é apresentada a determinação geral das medidas de melhoria, assim como a determinação dos níveis de funcionalidade dos vários serviços, de cada domínio técnico, considerando as medidas de melhoria propostas para o INESC B.

Tabela 15 – Avaliação do estado do INESC B com a aplicação das medidas de melhoria

Domínio	Serviço	Medidas de Melhoria Propostas	Nível Pós Medidas de Melhoria	Estado Pós Medidas de Melhoria
Aquecimento	Controlo da dissipação de calor (H1a) – Todos os dissipadores de calor incluídos, exceto TABS	Pretende-se aprimorar o controlo da dissipação de calor, permitindo que exista controlo individual do espaço com comunicação entre os controladores e o SACE, e deteção de ocupação	Nível 4 [0-4]	Controlo individual do espaço com comunicação entre os controladores e o SACE, e deteção de ocupação
Aquecimento	Controlo do aquecimento nos elementos construtivos termoativos. Modo de aquecimento (H1b) – Apenas TABS	–	N.A. (não aplicável) [0-3]	–
Aquecimento	Armazenamento e transferência de energia térmica (H1c) – Catálogo A	–	N.A. (não aplicável) [0-2]	–
Aquecimento	Controlo da temperatura de água quente da rede de distribuição (ida ou retorno) (H1c) – Catálogo B	Pretende-se integrar um controlo baseado na procura, em que a temperatura média da água de distribuição dependa da carga de aquecimento das zonas	Nível 2 [0-2]	Controlo baseado na procura
Aquecimento	Controlo das bombas de distribuição na rede de aquecimento (H1d)	–	Nível 3 [0-4]	Controlo da bomba de velocidade variável
Aquecimento	Controlo do funcionamento do TES (H1f) – Os Sistemas Termoativos (TABS) não são considerados TES	–	N.A. (não aplicável) [0-3]	–
Aquecimento	Controlo do gerador de calor (combustão e redes urbanas de calor) (H2a) – Apenas para geradores de combustão e de aquecimento em redes urbanas	Pretende-se que a caldeira passe a ter um controlo de temperatura variável, dependente da carga	Nível 2 [0-2]	Controlo de temperatura variável dependente da carga
Aquecimento	Controlo do gerador de calor (bomba de calor) (H2b)	–	N.A. (não aplicável) [0-3]	–

Eficiência energética num edifício de serviços: estudo de medidas de melhoria do SACE

Domínio	Serviço	Medidas de Melhoria Propostas	Nível Pós Medidas de Melhoria	Estado Pós Medidas de Melhoria
Aquecimento	Sequência de funcionamento dos geradores de calor (H2d)	–	N.A. (não aplicável) [0-4]	–
Aquecimento	Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema de aquecimento (H3)	Esperam-se obter relatórios centralizados, ou remotos, dos KPI's atuais, dos dados históricos, e uma avaliação de desempenho, com previsões e/ ou comparações (benchmarking)	Nível 3 [0-4]	Relatórios centralizados, ou remotos, dos KPI's atuais, dos dados históricos e uma avaliação incluindo previsões e avaliação comparativa (benchmarking)
Aquecimento	Flexibilidade e interação com a rede (H4)	Integrar um algoritmo de controlo dos sinais da rede	Nível 3 [0-4]	Controlo flexível, através de sinais da rede
Arrefecimento	Controlo da dissipação de frio (C1a) – Todos os dissipadores de frio incluídos, exceto TABS	Pretende-se aprimorar o controlo da dissipação de frio, permitindo que exista controlo individual do espaço com comunicação entre os controladores e o SACE, e deteção de ocupação	Nível 4 [0-4]	Controlo individual do espaço com comunicação entre os controladores e o SACE, e deteção de ocupação
Arrefecimento	Controlo do arrefecimento nos elementos construtivos termoativos (modo de arrefecimento) (C1b) – Apenas TABS	–	N.A. (não aplicável) [0-3]	–
Arrefecimento	Controlo da temperatura de água arrefecida na rede de distribuição (ida ou retorno) (C1c)	Pretende-se integrar um controlo baseado na procura, em que a temperatura média da água de distribuição dependa da carga de arrefecimento das zonas	Nível 2 [0-2]	Controlo baseado na procura
Arrefecimento	Controlo das bombas de distribuição na rede de arrefecimento (C1d)	–	Nível 3 [0-4]	Controlo da bomba de velocidade variável
Arrefecimento	Encravamento/relação entre o controlo na distribuição e/ou nas unidades terminais de	A construção mecânica hidráulica terá de ser revista e modificada, ou ter-se-á de ponderar uma comutação	Nível 2 [0-2]	Encravamento/ relação total

Domínio	Serviço	Medidas de Melhoria Propostas	Nível Pós Medidas de Melhoria	Estado Pós Medidas de Melhoria
	aquecimento e arrefecimento (C1f)	total no nível de fornecimento		
Arrefecimento	Controlo do funcionamento do armazenamento de energia térmica (TES) (C1g) – Os Sistemas Termoativos (TABS) não são considerados TES	Espera-se que o controlo do carregamento do banco de gelo passe a ser um controlo baseado na previsão de carga	Nível 2 [0-3]	Controlo baseado na previsão de carga
Arrefecimento	Controlo do gerador de arrefecimento (C2a)	–	Nível 1 [0-3]	Controlo com vários escalões da capacidade de produção de frio dependendo da carga ou da necessidade
Arrefecimento	Sequência de funcionamento dos equipamentos produtores de água arrefecida (C2b)	–	N.A. (não aplicável) [0-4]	–
Arrefecimento	Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema de arrefecimento (C3)	Esperam-se obter relatórios centralizados, ou remotos, dos KPI's atuais, dos dados históricos, e uma avaliação de desempenho, com previsões e/ ou comparações (benchmarking)	Nível 3 [0-4]	Relatórios centralizados, ou remotos, dos KPI's atuais, dos dados históricos e uma avaliação incluindo previsões e avaliação comparativa (benchmarking)
Arrefecimento	Flexibilidade e interação com a rede (C4)	Integrar um algoritmo de controlo dos sinais da rede	Nível 3 [0-4]	Controlo flexível, através de sinais da rede
Água Quente Sanitária	Controlo do aquecimento da água quente armazenada, com aquecimento elétrico direto ou com bomba de calor (DHW1a)	Melhoria no controlo do aquecimento da água quente armazenada - controlo automático para ligar/ desligar, ativação do carregamento programado e gestão do armazenamento através de vários sensores	Nível 2 [0-3]	Controlo automático para ligar/desligar, ativação do carregamento programado e gestão do armazenamento com vários sensores
Água Quente Sanitária	Controlo da carga do armazenamento de AQS (DHW1b) – Catálogo A	–	N.A. (não aplicável) [0-2]	–

Eficiência energética num edifício de serviços: estudo de medidas de melhoria do SACE

Domínio	Serviço	Medidas de Melhoria Propostas	Nível Pós Medidas de Melhoria	Estado Pós Medidas de Melhoria
Água Quente Sanitária	Controlo do aquecimento da água quente armazenada, com aquecedores de água (DHW1b) – Catálogo B	–	N.A. (não aplicável) [0-3]	–
Água Quente Sanitária	Controlo de aquecimento da água armazenada, com coletor solar e geração de calor suplementar (DHW1d)	Instalação de um sistema solar térmico - redução do consumo energético, recuperação do investimento, reduzir a pegada de carbono	Nível 2 [0-3]	Controlo automático da carga de armazenamento solar (prioridade 1) e da carga de armazenamento suplementar (prioridade 2). Controlo da temperatura fornecida baseada nas necessidades ou gestão do armazenamento com multisensores
Água Quente Sanitária	Sequenciação no caso de diferentes geradores de AQS (DHW2b)	Pretende-se que haja um controlo de acordo com uma prioridade fixa, sendo que a cada gerador é atribuída uma prioridade fixa arbitrária	Nível 1 [0-4]	Controlo de acordo com uma prioridade fixa
Água Quente Sanitária	Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema de água quente para uso doméstico (DHW3)	Esperam-se obter relatórios centralizados, ou remotos, dos KPI's atuais, dos dados históricos, e uma avaliação de desempenho, com previsões e/ ou comparações (benchmarking)	Nível 3 [0-4]	Avaliação do desempenho, incluindo previsão e/ou avaliação comparativa (benchmarking)
Ventilação	Controlo do caudal de ar fornecido ao nível do espaço (V1a)	Pretende-se que o sistema de ventilação funcione através de um controlo local, com base nas necessidades medidas nos multisensores relativas à qualidade do ar interior (CO ₂ , COV, ocupação, etc.) com caudal local de/ para a zona, regulado por elementos de amortecimento	Nível 4 [0-4]	Controlo local com base nas necessidades medidas em sensores de qualidade do ar (CO ₂ , COV, etc.) com caudal local de/para a zona, regulado por elementos de amortecimento

Domínio	Serviço	Medidas de Melhoria Propostas	Nível Pós Medidas de Melhoria	Estado Pós Medidas de Melhoria
Ventilação	Controlo do caudal de ar ou pressão ao nível da unidade de tratamento do ar (V1c)	Prevê-se que passe a existir um controlo automático de caudal ou pressão, através de um fornecimento de caudal de ar dependente da carga para as necessidades de todos os espaços ligados	Nível 3 [0-4]	Controlo automático de caudal ou pressão, sem reinicialização da pressão
Ventilação	Controlo da recuperação de calor: prevenção do sobreaquecimento (V2c)	Pretende-se que se module ou controle a recuperação de calor, com base nas informações recolhidas pelos multisensores	Nível 2 [0-2]	Controlo de sobreaquecimento avançado. Modula ou contorna a recuperação de calor com base em sensores de temperatura em vários espaços
Ventilação	Controlo da temperatura do ar na unidade de tratamento do ar (V2d)	Pretende-se melhorar o controlo da temperatura do ar, na UTAN, com um ponto de ajuste (setpoint) variável com compensação dependente da carga	Nível 3 [0-3]	Ponto de ajuste variável com compensação dependente de carga
Ventilação	<i>Free-cooling</i> mecânico (V3)	Pretendem-se fazer modificações à UTAN, de forma que seja possível fazer <i>free-cooling</i> , com base na entalpia	Nível 3 [0-3]	Controlo com base na entalpia
Ventilação	Relatórios de informação sobre a QAI (V6)	Esperam-se obter relatórios centralizados, ou remotos, que permitam monitorizar em tempo real o sistema, assim como verificar os dados atuais e históricos da QAI, disponível para os ocupantes	Nível 2 [0-3]	Monitorização em tempo real e informação de histórico da QAI disponível para os ocupantes
Iluminação	Controlo de ocupação para iluminação interior (L1a)	Integração do protocolo DALI-2, multisensores, novas luminárias,	Nível X [0-3]	11.447% da área interior iluminada - Nível 0 - Interruptor manual de ligar/desligar

Domínio	Serviço	Medidas de Melhoria Propostas	Nível Pós Medidas de Melhoria	Estado Pós Medidas de Melhoria
		novos interruptores, Automation Server		25.893% da área interior iluminada - Nível 2 - Detecção automática (auto liga/regulação desliga ou auto desliga) 62.660% da área interior iluminada - Nível 3 - Detecção automática (manual liga/regulação desliga ou auto desliga)
Iluminação	Iluminância/Controlo de luz natural (L2)	Integração do protocolo DALI-2, multisensores, novas luminárias, novos interruptores, Automation Server	Nível Y [0-4]	32.133% da área interior iluminada - Nível 1 - Manual (por zona de espaços) 67.867% da área interior iluminada - Nível 3 - Regulação de intensidade automática
Envolvente Dinâmica do Edifício	Controlo dos dispositivos de proteção solar (DE1)	Ter-se-ão de adquirir novos elementos de sombreamento (toldos, estores, persianas em rolo ou venezianas) que estejam equipados com um motor para realizar a abertura e o fecho	Nível 3 [0-4]	Controlo combinado de iluminação/dispositivo de oclusão/AVAC
Envolvente Dinâmica do Edifício	Controlo de janela aberta ou fechada, combinado com o sistema AVAC (DE2)	Instalação de janelas com abertura mecânica automatizada, sensores de janela e sensores exteriores	Nível 3 [0-3]	Detecção de janelas abertas/ fechadas + abertura mecânica automatizada + coordenação centralizada das janelas funcionais
Envolvente Dinâmica do Edifício	Relatórios de informação sobre o desempenho do sistema da envolvente dinâmica do edifício (DE4)	Esperam-se obter relatórios, centralizados ou remotos, de informações acerca do desempenho do sistema da envolvente dinâmica do edifício	Nível 4 [0-4]	Posição de cada produto, deteção de avarias, manutenção preditiva e dados dos sensores em tempo real e históricos (vento, iluminância, temperatura, etc.)
Eletricidade	Relatórios de informação sobre a produção local de eletricidade (E2)	Espera-se que, aos relatórios atuais, se consiga adicionar a funcionalidade de avaliação do desempenho, mas agora com previsão	Nível 3 [0-4]	Avaliação do desempenho, incluindo previsão e/ou avaliação comparativa (benchmarking)

Domínio	Serviço	Medidas de Melhoria Propostas	Nível Pós Medidas de Melhoria	Estado Pós Medidas de Melhoria
		e/ ou avaliação comparativa (benchmarking)		
Eletricidade	Armazenamento de eletricidade (produzida localmente) (E3)	Colocar em funcionamento os 2 contentores de baterias na fachada Poente, para armazenarem a energia solar fotovoltaica produzida	Nível 4 [0-4]	Armazenamento de energia no local com controlador que otimiza o uso da eletricidade produzida localmente e possibilita a retroalimentação para a rede
Eletricidade	Otimização do autoconsumo da eletricidade gerada localmente (E4)	Instalação de um controlador de cargas automático, tomadas e dispositivos inteligentes, e verificação se os contadores existentes no sistema serão suficientemente inteligentes para o objetivo previsto	Nível 3 [0-3]	Gestão automatizada do consumo da eletricidade local, com base nas necessidades energéticas atuais e previstas, e na disponibilidade de energias renováveis
Eletricidade	Controlo de centrais de produção combinada de calor e eletricidade (cogeração) (E5)	–	N.A. (não aplicável) [0-2]	–
Eletricidade	Suporte de modos de funcionamento em (micro)rede (E8)	Espera-se que passe a existir uma gestão automatizada do consumo de eletricidade, ao nível do edifício, e do fornecimento de eletricidade a edifícios vizinhos (micro-rede)	Nível 2 [0-3]	Gestão automatizada do consumo de eletricidade (ao nível do edifício) e do fornecimento de eletricidade a edifícios vizinhos (micro-rede) ou à rede elétrica
Eletricidade	Relatórios de informação sobre o armazenamento de energia (E11)	Esperam-se obter relatórios centralizados, ou remotos, dos dados atuais, dos dados históricos, e uma avaliação de desempenho, com previsões e/ ou comparações (benchmarking)	Nível 3 [0-4]	Avaliação do desempenho, incluindo previsão e/ou avaliação comparativa (benchmarking)
Eletricidade	Relatórios de informação sobre o consumo de eletricidade (E12)	Prevê-se que venham a ser implementados relatórios	Nível 2 [0-4]	Feedback ou benchmarking em tempo real, ao nível do edifício

Eficiência energética num edifício de serviços: estudo de medidas de melhoria do SACE

Domínio	Serviço	Medidas de Melhoria Propostas	Nível Pós Medidas de Melhoria	Estado Pós Medidas de Melhoria
		informativos sobre o consumo elétrico, incorporando feedback e benchmarking em tempo real, ao nível do edifício		
Carregamento de Veículos Elétricos	Capacidade de carregamento de veículos elétricos (EV15)	Instalar, no mínimo 19 postos de carregamentos simples (ou 10 postos de carregamento duplos), no estacionamento Sul	Nível 4 [0-4]	>50% dos lugares de estacionamento têm pontos de carregamento
Carregamento de Veículos Elétricos	Balanceamento da rede de carregamento de veículos elétricos (EV16)	É expectável que os carregamentos passem a ser controlados bidireccionalmente (V2G – Vehicle-to-Grid ou V2B – Vehicle-to-Building)	Nível 2 [0-2]	Carregamento controlado de forma bidireccional (por exemplo, incluindo a hora de partida desejada e a receção de sinais da rede para otimização)
Carregamento de Veículos Elétricos	Informação sobre conectividade e tarifário de carregamento de veículos elétricos (EV17)	Prevê-se que passem a existir relatórios de informações para os utilizadores, acerca do estado do carregamento, com identificação automática e autorização do condutor para a estação de carregamento	Nível 2 [0-2]	Relatório de informações para o ocupante sobre o estado de carregamento de veículos elétricos e identificação automática e autorização do condutor para a estação de carregamento (em conformidade com a norma ISO 15118).
Monitorização e Controlo	Gestão do período de funcionamento (MC3)	Pretende-se que passe a existir um controlo para ligar/desligar as instalações de AVAC, com base nas cargas do edifício, de forma a adequar a sua produção à carga térmica necessária	Nível 2 [0-3]	Controlo para ligar/desligar as instalações de aquecimento e arrefecimento com base nas cargas do edifício
Monitorização e Controlo	Detetar avarias nos sistemas técnicos do edifício e apoio ao diagnóstico dessas avarias (MC4)	Prevê-se que venha a existir uma comunicação centralizada para as avarias e os alarmes detetados para todos os	Nível 2 [0-3]	Comunicação centralizada para as avarias e os alarmes detetados para todos os sistemas técnicos relevantes

Domínio	Serviço	Medidas de Melhoria Propostas	Nível Pós Medidas de Melhoria	Estado Pós Medidas de Melhoria
		sistemas técnicos relevantes		
Monitorização e Controlo	Deteção de ocupação: serviços conectados (MC9)	Tem-se como objetivo futuro que a deteção de ocupação possibilite a regulação automática dos sistemas de iluminação e AVAC, otimizando a eficiência energética e eliminando consumos energéticos desnecessários em áreas ou períodos sem utilização	Nível Z [0-2]	11.447% da área útil interior - Nível 0 - Nenhuma deteção 88.553% da área útil interior - Nível 2 - Deteção centralizada de ocupantes que alimenta vários Sistemas Técnicos como, por exemplo, a iluminação e o aquecimento
Monitorização e Controlo	Relatórios centralizados de desempenho e consumo de energia dos sistemas técnicos (MC13)	Esperam-se obter relatórios centralizados, ou remotos, acerca do consumo energético em tempo real, por vetor energético (eletricidade e gás natural), combinando os dados dos sistemas técnicos do SACE	Nível 3 [0-3]	Relatórios centralizados ou remotos do consumo de energia em tempo real por vetor de energia, combinando os sistemas técnicos de todos os principais domínios numa só interface
Monitorização e Controlo	Integração com a Rede Inteligente (<i>Smart Grid</i>) (MC25)	Tem-se como objetivo que se institua a funcionalidade de DSM, de forma coordenada entre os múltiplos sistemas técnicos do edifício	Nível 2 [0-2]	A gestão do lado da procura é coordenada entre múltiplos sistemas técnicos
Monitorização e Controlo	Relatórios de informação sobre o desempenho e a operação da DSM (MC28)	Visa-se que seja disponibilizado feedback sobre as ações de DSM e o respetivo impacto	Nível 2 [0-2]	Relatórios de informação sobre o histórico corrente e previsto da gestão do lado da procura, incluindo os fluxos de energia geridos
Monitorização e Controlo	Cancelamento/suspensão do sistema de controlo baseado na gestão do lado da procura (MC29)	Perspetiva-se que haja a capacidade de os utilizadores substituírem a gestão automatizada de energia no âmbito do DSM	Nível 3 [0-4]	Anulação programada do controlo da DSM (e reativação) pelo utilizador do edifício

Eficiência energética num edifício de serviços: estudo de medidas de melhoria do SACE

Domínio	Serviço	Medidas de Melhoria Propostas	Nível Pós Medidas de Melhoria	Estado Pós Medidas de Melhoria
Monitorização e Controlo	Plataforma única que permite o controlo automatizado e a coordenação entre sistemas técnicos + otimização do fluxo de energia com base nos sinais de ocupação, meteorologia e da rede (MC30)	Um dos objetivos definidos é a implementação de uma plataforma integrada e unificada	Nível 3 [0-3]	Plataforma única que permite o controlo automatizado e a coordenação entre sistemas técnicos e a otimização do fluxo de energia com base nos sinais de ocupação, meteorologia e rede



**Instituto Superior
de Engenharia**

Politécnico de Coimbra