



UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

Steve Ruivo Sintra

Indicador de prontidão para edifícios “inteligentes” – Aplicação ao DEEC

Dissertação no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, na especialização de Energia, orientada pelo Professor Doutor Álvaro Filipe Peixoto Cardoso de Oliveira Gomes e apresentada ao Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores.

Outubro de 2020

Faculdade de Ciências e Tecnologia
da Universidade de Coimbra

Indicador de prontidão para edifícios “inteligentes” – Aplicação ao DEEC

Steve Ruivo Sintra

Dissertação no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, na especialização de Energia, orientada pelo Professor Doutor Álvaro Filipe Peixoto Cardoso de Oliveira Gomes e apresentada ao Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores.

Outubro de 2020



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

This work was partially supported by project grant UIDB/00308/2020 and by the European Regional Development Fund through the COMPETE 2020 Program, FCT— Portuguese Foundation for Science and Technology within project T4ENERTEC (POCI-01-0145-FEDER-029820), as well as by the Energy for Sustainability Initiative of the University of Coimbra.

Agradecimentos

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, quero expressar o meu agradecimento, em particular:

Ao meu orientador, o Professor Doutor Álvaro Filipe Peixoto Cardoso de Oliveira Gomes, pela sua orientação, disponibilidade e paciência ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

A todos os meus amigos e colegas de curso, que me acompanharam ao longo destes anos e que me apoiaram e ajudaram a ultrapassar as dificuldades encontradas.

Por fim, à família por terem estado sempre presentes e por todo o apoio que me deram ao longo destes anos.

A todos vós,
Um Muito Obrigado!

Resumo

Na Europa, um dos principais setores de consumo energético são os edifícios, no entanto muitos destes são velhos e ineficientes e, para piorar, não existe uma grande taxa de renovação dos mesmos. Tendo isto em conta e sabendo que, no momento, existe um problema de emissões de gases de efeito estufa, a União Europeia tem vindo a tomar medidas de mitigação destas emissões no setor dos edifícios. Algumas dessas medidas passam pela melhoria do desempenho energético e pela introdução de renováveis, um exemplo disso é a obrigatoriedade de aquando a construção de um novo edifício este necessitar de ser considerado um edifício com necessidades quase nulas de energia. No entanto, a introdução de edifícios com necessidades quase nulas de energia, por si só, não é suficiente para atingir os objetivos da União Europeia de transitar para uma economia hipocarbónica até 2050. Há necessidade de os edifícios, vistos como consumidores / produtores de energia, terem um papel cada vez mais ativo e de interação com as redes de energia. Não basta ser eficiente é também preciso fazer uma boa gestão de recursos. Assim sendo, a União Europeia decidiu avançar com o planeamento da introdução de um novo indicador para edifícios, o *Smart Readiness Indicator*. Com este indicador pretende-se caracterizar a aptidão dos edifícios para, fazendo uso das tecnologias de informação e comunicação e sistemas eletrónicos, adaptar de forma ativa o seu funcionamento às necessidades dos ocupantes e das redes energéticas, contribuindo para a melhoria do seu desempenho energético.

O objetivo principal desta dissertação foi a simulação da aplicação do *Smart Readiness Indicator* ao Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da Universidade de Coimbra (DEEC-UC), considerando possíveis medidas relativas ao fornecimento de serviços de energia (nomeadamente climatização) a implementar no DEEC-UC e a verificação do impacto no seu *Smart Readiness Indicator*. Foi, por exemplo, simulada a alteração dos sistemas de aquecimento das torres R, S e T (que de momento se encontram inoperacionais) por soluções como bombas de calor, aquecimento resistivo ou então a substituição por novos sistemas a gás natural. Foram ainda simuladas medidas individuais, relacionadas com a melhoria da comunicação de informações ao utilizador, do uso de sensores, da gestão do armazenamento de energia, dos postos de carregamento para veículos elétricos e medidas de gestão da procura. Para além deste objetivo procurou também analisar-se a relação entre o *Smart Readiness Indicator* e o desempenho energético de um edifício, nomeadamente um edifício classificado como edifício com necessidades quase nulas de energia.

Através destas simulações foi possível concluir que a substituição do aquecimento das torres R, S e T do DEEC-UC por bombas de calor permitiria obter um melhor valor no *Smart Readiness Indicator* em relação a qualquer outra tecnologia de aquecimento considerada. Foi ainda concluído que para o DEEC-UC conseguir obter um valor de *Smart Readiness Indicator* que se enquadre nos valores médios dos edifícios não residenciais já testados, seria necessário implementar todas as medidas individuais consideradas e a gestão da procura ou então todas as medidas individuais, gestão da procura e efetuar a alteração do aquecimento das torres R, S e T pelas bombas de calor consideradas. Para além disso, também foi possível concluir que, em geral, é possível ter um edifício com grande aptidão para as tecnologias “inteligentes”, ou seja, um edifício com elevada flexibilidade, sem que o mesmo tenha um bom desempenho energético. Por outro lado, é possível ter um edifício com elevado desempenho energético sem que seja flexível.

PALAVRAS-CHAVE: edifícios inteligentes, edifícios com necessidades quase nulas de energia, indicador de aptidão para tecnologias inteligentes, desempenho energético, tecnologias inteligentes

Abstract

In Europe, buildings are the one of the main energy consumption sectors, however many of them are old and inefficient and to make it worse, the renovation rate is low. Bearing this and knowing that there is currently a problem with greenhouse gases emissions, the European Union has taken mitigation measures in the buildings sector. Some of these measures include the improvement of energy efficiency and the introduction of renewable energy, an example of this, is the mandatory Nearly Zero Energy Buildings label on the new building constructions. However, an introduction of Nearly Zero Energy Buildings by itself is not sufficient to achieve the European Union goals of transition to a low-carbon economy by 2050. There is a need to start seeing buildings as consumers and producers of energy and make them begun to have a more active role and interaction with the grid. It is not enough to be efficient it is also needed a proper management of resources. Therefore, the European Union has decided to proceed with the introduction of a new indicator for buildings, the Smart Readiness Indicator. This indicator intends to characterize the buildings ability to make use of technologies of information and communication as well as the electronics systems to actively adapt its operation to the needs of occupants and to the grid, improving its own performance.

The main goal of this dissertation was to simulate the Smart Readiness Indicator application to the Department of Electrotechnical and Computer Engineering at the University of Coimbra (DEEC-UC) considering possible implementation measures related with the energy services provided in DEEC-UC and verifying their impact on the Smart Readiness Indicator of the building. We simulated the heating system replacement of the R, S and T towers by solutions such as heat pumps, resistive heating, and a new natural gas system. It was also simulated a series of Individual measures related with the improve of information communicated to the user, the use of sensors, the energy storage management, the electric vehicles charging stations and demand side management measures. In addition to this goal, the relationship between the Smart Readiness Indicator and the energy performance of a building, namely a building classified as a building with nearly zero energy needs, was also analyzed.

Through these simulations it was possible to conclude that replacing the heating system of the DEEC-UC R, S and T towers by heat pumps would allow it to get a better value in the Smart Readiness Indicator to any other heating technology considered. It was also concluded that for DEEC-UC get an Smart Readiness Indicator value that fits the average values of the non-residential buildings already tested, it would be necessary to carry out all the individual measures considered and demand side management or else all individual measures, demand side management and make the change of the heating system in the R, S and T towers by the heat pumps considered. In addition, it was also possible to conclude that, in general, it is possible to have a building with great aptitude for intelligent technologies, that is, a building with high flexibility, without it having a good energy performance. On the other hand, it is possible to have a building with high energy performance without being flexible.

KEYWORDS: *smart buildings, nearly zero energy buildings, smart readiness indicator, energy performance, smart technologies*

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	v
Índice	vii
Lista de Figuras	ix
Lista de Tabelas	xi
Siglas	xiii
1. Introdução	1
1.1 Objetivos	2
1.2 Estrutura	3
2. Enquadramento e Estado da Arte	5
2.1 Legislação	5
2.1.1 Diretiva (UE) 2018/844	5
2.2 Definições do conceito NZEB	6
2.3 <i>Smart-Buildings</i>	9
2.4 <i>Smart-Grids</i>	11
3. SRI – Smart Readiness Indicator	13
3.1 Descrição do SRI	14
3.2 Tipos de Avaliação	17
3.3 Metodologia de Cálculo	18
3.4 Protocolo de Cálculo do SRI	22
3.5 Ferramenta de Cálculo	26
3.6 Interoperabilidade, Cibersegurança e Proteção de Dados	30
3.4.1 Interoperabilidade	30
3.4.2 Cibersegurança	30
3.4.3 Proteção de Dados	30
3.7 Possíveis Ligações a Outros Projetos	31
3.8 Críticas ao SRI	31
3.9 Análise e Resposta às Questões de Pesquisa	37
3.9.1 Até que ponto um SRI elevado significa elevada flexibilidade?	37
3.9.2 Até que ponto pode o SRI ser usado como indicador NZEB?	39
3.9.3 Análise da influência da existência ou ausência de um domínio numa avaliação SRI.	41

4. Caracterização do Objecto e Cenários Estudados dos Estudos de Casos	45
4.1 Análise da influência do estado do aquecimento do DEEC no seu valor de SRI.	49
4.2 Análise de algumas propostas de melhoria no DEEC e o impacto destas no seu valor de SRI.	52
5. Análise de Resultados	55
5.1. Análise da influência do estado do aquecimento do DEEC no seu valor de SRI	55
5.2. Análise de algumas propostas de melhorias no DEEC e impacto destas no seu valor de SRI.	57
6. Conclusão e Trabalho Futuro	61
6.1. Conclusão	61
6.2. Trabalho Futuro	62
7. Bibliografia	63
Anexo A. Resumo do Decreto-Lei 118/2013	69
Anexo B. Catálogo de todos os Serviços	73
Anexo C. Redução do Catálogo dos 115 Serviços para os 54 Serviços usados no Método Detalhado	79
Anexo D. Redução do Catálogo dos 115 Serviços para os 27 Serviços usados no Método Simplificado	89
Anexo E. Processo de Triagem	93
Anexo F. Descrição dos Serviços	101
Anexo G. Propostas de definição dos critérios de impacto	123
Anexo H. Comunicação do SRI do Edifício	125
Anexo I. Avaliação da Interoperabilidade no SRI	129
Anexo J. Primeiro Teste Público do SRI	131
Anexo K. Cenários da Questão de Pesquisa “Até que ponto um SRI elevado significa elevada flexibilidade?”	137
Primeiro Cenário	137
Melhorias realizadas ao Primeiro Cenário	138
Anexo L. Cenário da Questão de Pesquisa “Até que ponto pode o SRI ser usado como indicador NZEB?”	139
Anexo M. Alterações Efetuadas na Ferramenta Criada	141

Lista de Figuras

FIGURA 1 - CAMPOS DE APLICAÇÃO DE UM <i>SMART-BUILDINGS</i> . [26].....	10
FIGURA 2 - ESTRUTURA DO CATÁLOGO DOS "SMART READY SERVICES". [38].....	14
FIGURA 3 - NOVE DOMÍNIOS CONSIDERADOS NO SRI. [36]	15
FIGURA 4 - SETE CRITÉRIOS DE IMPACTO CONSIDERADOS NO SRI. [36]	16
FIGURA 5 - PONTUAÇÕES DE IMPACTO DE UM SERVIÇO PARA OS SETE (7) CRITÉRIOS DE IMPACTO, CONSOANTE O NÍVEL DE FUNCIONALIDADE. [36]	16
FIGURA 6 - TIPOS DE ABORDAGEM DE AVALIAÇÃO DO SRI DE UM EDIFÍCIO. [39]	17
FIGURA 7 - CÁLCULO DA PONTUAÇÃO DE IMPACTO DE UM DOMÍNIO, PARA UM DADO CRITÉRIO DE IMPACTO. [36].....	18
FIGURA 8 - PROPOSTA DE PONDERAÇÕES DOS DOMÍNIOS. [40]	19
FIGURA 9 - IMPORTÂNCIA RELATIVA DOS DOMÍNIOS POR ZONA CLIMÁTICA E POR TIPO DE EDIFÍCIO. [41]	21
FIGURA 10 - PROPOSTA 3, AGREGAÇÃO DAS PONTUAÇÕES DE IMPACTO NUM RESULTADO FINAL. [39].....	21
FIGURA 11 - ESCALA DOS VALORES DE SRI. [38]	22
FIGURA 12 - EXEMPLO DA AVALIAÇÃO DE UM SERVIÇO QUE CONSTE NUMA FOLHA DE DOMÍNIO DA FERRAMENTA CRIADA.....	26
FIGURA 13 - TABELA DE PONDERAÇÕES DE ACORDO COM O SCE	27
FIGURA 14 - TABELA DE PONTUAÇÕES ATUAIS.....	27
FIGURA 15 - TABELA DE PONTUAÇÕES MÁXIMAS.....	27
FIGURA 16 - TABELA DAS PONDERAÇÕES NORMALIZADA.	28
FIGURA 17 - TABELA DE PONTUAÇÃO DOS DOMÍNIOS.	28
FIGURA 18 - TABELA DE PONTUAÇÕES DOS CRITÉRIOS DE IMPACTO	29
FIGURA 19 - TABELA DE PONTUAÇÕES DOS CRITÉRIOS CHAVE DA EPBD.....	29
FIGURA 20 - PONTUAÇÃO FINAL DE SRI	29
FIGURA 21 - FOLHA DE APRESENTAÇÃO ("CALCULO").	29
FIGURA 22 - VISTA AÉREA DO DEEC.....	45
FIGURA 23 - PROBLEMA ENCONTRADO NA PRESENTE METODOLOGIA DE CÁLCULO.	48
FIGURA 24 - SOLUÇÃO PARA ULTRAPASSAR O PROBLEMA ENCONTRADO.....	48
FIGURA 25 - DISTRIBUIÇÃO INICIAL DO AQUECIMENTO DO DEEC.....	49
FIGURA 26 - DISTRIBUIÇÃO ATUAL DO AQUECIMENTO DO DEEC.....	49
FIGURA 27 - DISTRIBUIÇÃO DA PRIMEIRA SITUAÇÃO FUTURA DO AQUECIMENTO DO DEEC. ...	50
FIGURA 28 - DISTRIBUIÇÃO DA SEGUNDA SITUAÇÃO FUTURA DO AQUECIMENTO DO DEEC....	50
FIGURA 29 - DISTRIBUIÇÃO DA TERCEIRA SITUAÇÃO FUTURA DO AQUECIMENTO DO DEEC....	51

FIGURA 30 - VALORES SRI DOS CENÁRIOS SIMULADOS DO ESTADO DO AQUECIMENTO.....	55
FIGURA 31 - VALORES DE SRI DAS SIMULAÇÕES DAS MEDIDAS DE MELHORIA PROPOSTAS E DAS CONSEQUENTES SITUAÇÕES QUE SE DECIDIU SIMULAR	57
FIGURA A. 1 - PROPOSTA 1, SETE CRITÉRIOS DE IMPACTO. [36]	123
FIGURA A. 2 - PROPOSTA 2, TRÊS CRITÉRIOS DE IMPACTO ALINHADOS COM A EPBD. [36]	123
FIGURA A. 3 - PROPOSTA 3, SETE CRITÉRIOS DE IMPACTO AGREGADOS EM TRÊS CRITÉRIOS DE IMPACTO. [36]	124
FIGURA A. 4 - MNEMÓNICA 1A.....	126
FIGURA A. 5 - MNEMÓNICA 1B.....	126
FIGURA A. 6 - MNEMÓNICA 1C.....	126
FIGURA A. 7 - MNEMÓNICA 1D.	126
FIGURA A. 8 - MNEMÓNICA 2A.....	127
FIGURA A. 9 - MNEMÓNICA 2B.....	127
FIGURA A. 10 - MNEMÓNICA 2C.....	127
FIGURA A. 11 - MNEMÓNICA 2D.	127
FIGURA A. 12 - MNEMÓNICA 2E.....	127
FIGURA A. 13 - MATRIZ DAS PONTUAÇÕES DE DOMÍNIOS E DOS CRITÉRIOS DE IMPACTO. [41]	128
FIGURA A. 14 - DESCRIÇÃO DETALHADA DOS EDIFÍCIOS AVALIADOS.	133
FIGURA A. 15 - DISTRIBUIÇÃO DO VALOR FINAL DO SRI POR MÉTODO (ESQUERDA) E POR TIPO DE EDIFÍCIO (DIREITA).....	134
FIGURA A. 16 - VALOR FINAL DE SRI POR MÉTODO E POR TIPO DE EDIFÍCIO.....	134
FIGURA A. 17 - COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS A E B, QUANDO APLICADOS AOS MESMOS EDIFÍCIOS.	135
FIGURA A. 18 - FOLHAS DE AVALIAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DO DOMÍNIO DO AQUECIMENTO.	141
FIGURA A. 19 - PONDERAÇÃO DE TECNOLOGIAS E DA APLICAÇÃO DO DOMÍNIO A PARTE DO EDIFÍCIO.....	141
FIGURA A. 20 - TABELAS DE APRESENTAÇÃO DOS VALORES DAS VÁRIAS TECNOLOGIAS DE UM DOMÍNIO E PONDERAÇÕES PARA CRIAÇÃO DA PONTUAÇÃO FINAL DOS DOMÍNIOS.....	142

Lista de Tabelas

TABELA 1 - DEFINIÇÕES COMUNS DE ZEB. [17].....	7
TABELA 2 - RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DO PRIMEIRO CENÁRIO.....	37
TABELA 3 - RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DO SEGUNDO CENÁRIO.	38
TABELA 4 - RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DO TERCEIRO CENÁRIO.	40
TABELA 5 - COMPARAÇÃO DOS DOMÍNIOS PRESENTES EM CADA SIMULAÇÃO.	41
TABELA 6 - RESULTADOS DOS CRITÉRIOS EPBD E DOS CRITÉRIOS DE IMPACTO DAS SIMULAÇÕES EFETUADAS AOS DOIS EDIFÍCIOS.	42
TABELA 7 - PONDERAÇÕES DOS DOMÍNIOS PARA OS EDIFÍCIOS SIMULADOS.....	43
TABELA 8 - PONTUAÇÃO DOS DOMÍNIOS NÃO OBRIGATÓRIOS PARA AMBOS OS EDIFÍCIOS.	43
TABELA 9 - RELAÇÃO ENTRE OS CENÁRIOS SIMULADOS DO ESTADO DO AQUECIMENTO E O ESTADO ATUAL.	55
TABELA 10 - RESULTADOS DOS CRITÉRIOS EPBD E DOS CRITÉRIOS DE IMPACTO DA SIMULAÇÃO DOS CENÁRIOS DO ESTADO DO AQUECIMENTO DO DEEC.	56
TABELA 11 - COMPARAÇÃO DOS DOMÍNIOS DO CRITÉRIO DE IMPACTO " <i>ENERGY DEMAND FLEXIBILITY</i> " DO CENÁRIO ATUAL E DO TERCEIRO CENÁRIO.	56
TABELA 12 - RELAÇÃO ENTRE AS MEDIDAS DE MELHORIA E O ESTADO ATUAL DO DEEC.	58
TABELA 13 - RESULTADOS DOS CRITÉRIOS EPBD E DOS CRITÉRIOS DE IMPACTO DA SIMULAÇÃO DAS MEDIDAS DE MELHORIA INDIVIDUAIS APLICADAS AO DEEC.....	59
TABELA 14 - RESULTADOS DOS CRITÉRIOS EPBD E DOS CRITÉRIOS DE IMPACTO DA SIMULAÇÃO DE TRÊS SITUAÇÕES ONDE SE APLICA TODO O CONJUNTO DAS MEDIDAS DE MELHORIA INDIVIDUAIS.....	60
TABELA A. 1 - RESUMO DA SECÇÃO SCE DO DECRETO-LEI 118/2013. [14]	69
TABELA A. 2 - CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS. [48].....	69
TABELA A. 3 - RESUMO DA SECÇÃO REH DO DECRETO-LEI 118/2013. [14].....	70
TABELA A. 4 - RELAÇÃO ENTRE OS VALORES DAS NECESSIDADES NOMINAIS E LIMITE. [50].....	71
TABELA A. 5 - RESUMO DA SECÇÃO RECS DO DECRETO-LEI 118/2013. [14].....	72
TABELA A. 6 - TODOS OS SERVIÇOS CONSIDERADOS NO ESTUDO DO SRI. [38]	73
TABELA A. 7 - SERVIÇOS CONSIDERADOS NA AVALIAÇÃO DETALHADA DO SRI. [41].....	79
TABELA A. 8 - SERVIÇOS CONSIDERADOS NA AVALIAÇÃO SIMPLIFICADA DO SRI. [41]	89
TABELA A. 9 - EXEMPLOS DE LOGÓTIPOS APRESENTADOS. [41]	126
TABELA A. 10 - PRIMEIRO CONJUNTO DE MNEMÓNICAS. [41]	126
TABELA A. 11 - SEGUNDO CONJUNTO DE MNEMÓNICAS. [41]	127

Siglas

+ ZEB - Energy Plus Building
AQS - Águas Quentes Sanitárias
Autonomous ZEB - Autonomous Zero Energy Building
AVAC - Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BACS - Building Automation and Control System
BAS - Building Automated System
BREEAM - Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CABA - Continental Automated Buildings Association
CCT - Correlated Color Temperature
CE - Comissão Europeia
CHP - Combined Heat and Power Plant
CO₂ - Dióxido de Carbono
COP - Coefficient of Performance
DEEC - Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
DEEC-UC - Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da Universidade de Coimbra
DGNB - German Sustainable Building Council
EPBD - Energie Performance of Buildings Directive
EPC - Energy performance Certificates
EU - European Union
FCTUC - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
HAL - Hardware Abstraction Layer
HVAC - Heating, Ventilating and Air Conditioning
KPI - Key Performance Indicator
kW - kilowatt ou quilowatt
LEED - Leadership in Energy and Environmental Design
MECH - Maximum Economy Changeover
NZEB - *Nearly Zero Energy Buildings*, ou em português, edifícios com necessidades quase nulas de energia
NZEC - Net Zero Cost Building
NZSiEB - Net Zero Site Energy Building
NZSoEB - Net Zero Source Energy Building
OFFIS - Oldenburg Forschungsinstitut für Informatikwerkzeuge und-systeme
PEHV - Plug-in Electric Hybrid Vehicle
PV-Solar thermal-heat pump ZEB - Photovoltaic Solar thermal heat pump Zero Energy Building
PV-ZEB - Photovoltaic Zero Energy Building

QAI - Qualidade do Ar Interior
RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RECS - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
REH - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
RH - Umidade Relativa
RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
SCE - Sistema de Certificação Energética dos Edifícios
SRI - Smart Readiness Indicator, ou em português, indicador de aptidão para tecnologias “inteligentes”
SRT - Smart Ready Technologies
TABS - Thermal Active Building System
TBS - Technical Building Systems
TES - Thermal Energy Storage
TIC - Tecnologias de Informação e Comunicação
TIM - Técnico de Instalação e Manutenção de Edifícios e Sistemas
UC - Universidade de Coimbra
UE - União Europeia
UTA - Unidades de Tratamento de Ar
VFD - Conversor de Frequência
VITO - Vlaamse Instelling Voor Technologisch Onderzoek (Flemish Institute for Technological Research)
VOC - Composto Orgânico Volátil
Wind-Solar thermal-heat pump ZEB - Wind Solar thermal heat pump Zero Energy Building
Wind-ZEB - Wind Zero Energy Building
ZEB - Zero Emission Building

1. Introdução

Na Europa um dos principais sectores de consumo energético é o sector dos edifícios, representando cerca de 40% do consumo de energia final e 36% das emissões de CO₂ da União Europeia (UE). Como este sector se encontra em expansão, é de esperar um aumento do consumo de energia; energia que é utilizada de forma ineficiente por cerca de 75% destes edifícios. Esta ineficiência na utilização da energia deve-se ao facto de 35% dos edifícios da UE terem mais de 50 anos e de a atual taxa de renovação de edifícios na UE ser inferior a 1,5%. Existe, pois, uma oportunidade quer para reduzir os consumos de energia fóssil, através do uso de energias renováveis, quer para reduzir o consumo em geral melhorando o desempenho energético dos edifícios. [1] [2]

Após aceitar o Protocolo de Quioto no qual a UE se comprometeu a reduzir pelo menos 18% das emissões de gases com efeito de estufa, relativamente aos valores de 1990, a UE decidiu criar um Plano de Energia e Clima onde tomou medidas mais ambiciosas, tais como: redução das emissões de gases com efeito de estufa em pelo menos 20% em relação aos níveis de 1990, aumentar a eficiência energética em 20% e obter uma quota de 20% de energia proveniente de fontes renováveis até 2020. Para que estes objetivos fossem cumpridos a UE criou a 19 de maio de 2010 a Diretiva 2010/31/EU; esta Diretiva 2010/31/EU tinha como objetivo ajudar a garantir o cumprimento destes compromissos, tendo estimulado a disseminação de algumas medidas para aumentar o desempenho energético dos edifícios e também promover a utilização de energia de fontes renováveis. [3]

A Diretiva 2010/31/EU introduziu também um novo conceito de edifícios, os *NZEB (Nearly Zero Energy Buildings)*, ou em português, edifícios com necessidades quase nulas de energia. Estes edifícios, por definição, são edifícios com um elevado desempenho onde as necessidades de energia são cobertas maioritariamente por fontes de energia renováveis. Também segundo esta Diretiva 2010/31/EU, todos os edifícios novos construídos depois de 31 de dezembro de 2020 devem ser *NZEB*. [3]

Portanto, os *NZEB* vêm reforçar o cumprimento dos objetivos da UE no que diz respeito à poupança de energia, à quantidade de energia proveniente de fontes renováveis e ainda às emissões de CO₂. A UE comprometeu-se a reduzir 80 a 95% das emissões de gases com efeito de estufa, com o objetivo de fazer uma transição para uma economia hipocarbónica até 2050. [4]

De forma a começar a fazer esta transição para uma economia hipocarbónica a UE definiu metas mais ambiciosas para 2030 relativamente a fontes de energia renováveis, eficiência energética, emissões de gases com efeito de estufa e interligação da rede elétrica. Essas metas são então: a redução de, pelo menos, 40% dos níveis de emissões de gases com efeito de estufa, um mínimo de 32% de contribuição de energia renovável no consumo de energia final, um mínimo de 32,5% de melhoria da eficiência energética e um mínimo de 15% de interligação da rede elétrica. [5]

Como a Diretiva 2010/31/EU não era suficiente para se atingirem os objetivos propostos para 2030, esta foi alvo de uma alteração, a 30 de maio de 2018, através da Diretiva 2018/844. Esta nova diretiva veio disponibilizar mais financiamento para aumentar a renovação de edifícios, incentivar a instalação de postos de carregamento de veículos elétricos, incentivar a introdução de sistemas de controlo e automação e ainda introduzir um novo indicador, o *Smart Readiness Indicator (SRI)*. O *SRI*, em português, significa **indicador de aptidão para tecnologias “inteligentes”** e vem medir a capacidade de um edifício utilizar as novas tecnologias de informação e comunicação e os sistemas técnicos de forma a corresponder às necessidades do utilizador, otimizando a utilização destes mesmos sistemas e a interação do edifício com a rede. [1][6]

A introdução deste indicador SRI vai promover a construção de *smart buildings*, que são edifícios com grande eficiência energética e que garantem um ambiente interno confortável e saudável, capazes de otimizar o uso de energia tendo em conta as necessidades dos utilizadores, estão interligados com a rede e são capazes de participar ativamente na gestão da procura, ou seja, são de alguma forma flexíveis na forma como utilizam a energia. Estes edifícios são também capazes de fazer recolha de informações relevantes e de as comunicar aos utilizadores. [7]

Com o aparecimento dos *smart buildings* espera-se assistir ao aparecimento de *smart grids*, que são redes capazes de fornecer um fluxo de energia e informação bidirecional, que quando na presença de edifícios capazes de responder a estes pedidos, melhoram a fiabilidade da rede, a segurança e a eficiência de todo o sistema elétrico. [8]

Assim, com a introdução da Diretiva 2018/844 é dado mais um passo em direção a uma economia de emissões nulas de gases com efeito de estufa, pois, o sector da energia é responsável por mais de 75% dessas emissões. É ainda de realçar que é importante definir este indicador SRI porque este é um elemento chave para que se consiga cumprir as ambições da EU para 2050 de: redução das emissões de gases com efeito estufa em 80-95%, limitar o aumento da temperatura global a 1,5 °C e ainda de atingir mais de 80% de eletricidade proveniente de fontes de energia renovável, que em conjunto com 15% de energia nuclear serão os pilares de um sistema energético europeu descarbonizado. [4]

Assim, o foco desta dissertação será o indicador SRI que ainda se encontra em desenvolvimento, mas que muito pode contribuir para a sensibilização sobre os benefícios da introdução de tecnologias “inteligentes” de monitorização e gestão e das tecnologias de informação e comunicação (TIC) nos edifícios e ainda motivar e acelerar a disseminação dos *smart buildings*. Este indicador vai estimular a introdução de tecnologias “inteligentes” com capacidade de criar flexibilidade energética e de comunicar com os ocupantes do edifício e com a rede energética, o que será de extrema importância num sistema energético em que 80% da eletricidade será proveniente de energias renováveis, isto porque estas são altamente voláteis e será necessário que os edifícios se adaptem às condições da rede. Esta adaptação do edifício à rede só é possível se houver comunicação entre ambas as partes e se existir capacidade por parte do edifício em alterar o seu funcionamento atual, isto é, se existir flexibilidade energética. Espera-se também que com a introdução deste indicador se verifique uma significativa poupança de energia, o que se traduz em poupança monetária por parte do utilizador e que isso desperte o interesse em investir, impulsionando assim o mercado das tecnologias “inteligentes”. [9]

1.1 Objetivos

Esta dissertação tem como principais objetivos: a análise de indicadores de prontidão para edifícios “inteligentes”, nomeadamente o SRI, a avaliação do SRI do DEEC através de uma ferramenta criada em Excel e o uso dessa ferramenta para a realização de simulações de possíveis medidas de melhoria do SRI do DEEC. Durante esta análise ao SRI vamos tentar responder a três questões genéricas relativas a este indicador. A primeira questão é “Até que ponto um SRI elevado significa elevada flexibilidade?”, onde pretendemos averiguar se um edifício que obtenha uma elevada pontuação na avaliação SRI tem na realidade uma elevada capacidade de ser flexível. A segunda questão é “Até que ponto pode o SRI ser usado como indicador NZEB?”, onde o que se pretende perceber é se o facto de termos um edifício com elevado SRI garante que este seja NZEB ou mesmo o contrário, ou seja, um edifício que seja NZEB terá necessariamente uma pontuação elevada no SRI.

Por fim, a terceira questão que gostaríamos de ver esclarecida diz respeito à comparação entre dois edifícios; pretendemos saber a influência dos serviços de energia disponibilizados num edifício no valor de SRI desse edifício, procurando saber, por exemplo, se o facto de ter mais serviços de energia é vantajoso, ou se é preferível ter menos serviços de energia mas mais “inteligentes”.

Em relação à avaliação do SRI do DEEC pretende-se perceber a influência que o estado do aquecimento do edifício tem no seu valor do SRI. Pretende-se também testar a implementação de algumas medidas de melhoria nos sistemas técnicos do edifício e verificar o impacto que essas alterações provocam no valor de SRI do DEEC.

1.2 Estrutura

A presente dissertação está dividida em seis capítulos. No primeiro é realizada uma introdução ao tema e são apresentados os objetivos desta dissertação. No segundo capítulo são abordadas as bases fundamentais do tema, ou seja, é abordada a legislação de qual advém o SRI; é também realizada uma revisão dos conceitos de *NZEB*, *Smart-building* e *Smart-grids*. No terceiro capítulo é realizada uma análise exhaustiva ao SRI, desde os tipos de avaliação existentes, metodologia de cálculo, possíveis ligações a outros projetos e considerações acerca da interoperabilidade, cibersegurança e a proteção de dados, críticas ao SRI e a análise das questões de pesquisa. No capítulo 4 é feita uma descrição do DEEC e também dos estudos de casos que se vão abordar. No capítulo 5 são expostos os resultados considerados importantes e é realizada uma análise dos mesmos. No capítulo 6 são retiradas algumas conclusões de todo o trabalho realizado nesta dissertação e são apresentadas algumas propostas de trabalho futuro.

Nesta dissertação existem ainda 13 anexos: no Anexo A encontra-se um resumo do Decreto-Lei 118/2013; no Anexo B é apresentado o catálogo inicial com todos os serviços; no Anexo C é apresentado o catálogo dos serviços do método detalhado, em que foi realizada uma diminuição dos 112 serviços do catálogo inicial para apenas 54 serviços; no Anexo D é apresentado o catálogo dos serviços do método simplificado, onde foi realizada uma diminuição dos 112 serviços do catálogo inicial para apenas 27 serviços; no Anexo E é apresentado um auxiliar ao processo de triagem; no Anexo F é realizada uma descrição dos 54 serviços do método detalhado; no Anexo G são expostas as propostas que o consórcio de estudo do SRI ponderou para a definição dos critérios de impacto; no Anexo H é apresentado um estudo, realizado pelo consórcio que estuda o SRI, sobre como deve ser realizada a comunicação do SRI; no Anexo I é apresentada a forma como é avaliada a interoperabilidade no SRI; no Anexo J são apresentados os resultados do primeiro teste público do SRI, realizado pelo consórcio que estuda o SRI; no Anexo K é realizada a descrição dos cenários da questão de pesquisa “Até que ponto um SRI elevado significa elevada flexibilidade?”; no Anexo L é realizada a descrição dos cenários da questão de pesquisa “Até que ponto pode o SRI ser usado como indicador NZEB?”; e, por fim, no Anexo M são apresentadas as alterações realizadas na ferramenta de cálculo criada.

2. Enquadramento e Estado da Arte

2.1 Legislação

Devido ao protocolo de Quioto foi publicada, a 16 de dezembro de 2002, a Diretiva 2002/91/CE que veio: estabelecer uma metodologia de cálculo do desempenho energético, definir requisitos mínimos de desempenho energético para os novos edifícios e para os edifícios que sofressem grandes obras de renovação; introduziu também o sistema de certificação energética dos edifícios e definiu inspeções regulares para as caldeiras e para as instalações de ar condicionado com mais de 15 anos. [10]

Esta diretiva em Portugal só foi transposta para o direito nacional a 4 de abril de 2006, tendo sido criado o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios, o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) e o Regulamento das Características de comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) que se encontram definidos nos Decreto-Lei nºs 78, 79 e 80 de 2006. [11][12][13]

No entanto a UE deu conta de que as medidas tomadas não seriam suficientes para cumprir o Protocolo de Quioto e a 19 de maio de 2010 substituiu a Diretiva 2002/91/CE pela Diretiva 2010/31/EU, que, como a anterior, propunha uma redução do consumo de energia e um aumento de energia proveniente de fontes renováveis. No entanto, esta diretiva trouxe algumas alterações relativamente à Diretiva 2002/91/CE, nomeadamente, a criação de planos com o objetivo de aumentar o número de *NZEB's*, requisitos mínimos mais exigentes para o desempenho energético dos edifícios, alteração do método de cálculo do desempenho energético e ainda a introdução de mais informações no certificado energético. [13]

Esta Diretiva 2010/31/EU foi depois transposta para o direito nacional a 20 de agosto de 2013 através do Decreto-Lei 118/2013, onde esta transposição agrupou num único documento o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). [14]

No ANEXO A encontra-se um resumo deste Decreto-Lei 118/2013, nomeadamente nas tabelas: Tabela A. 1, Tabela A. 3 e Tabela A. 5.

2.1.1 Diretiva (UE) 2018/844

A Diretiva 2018/844 de 30 de maio de 2018 foi publicada com o intuito de tornar possível cumprir o compromisso da UE relativo às emissões de gases com efeito estufa e de descarbonizar o parque imobiliário da UE até 2050, e também estimular o recurso a fontes de energias renováveis. Esta Diretiva 2018/84 veio alterar a Diretiva 2010/31/UE e esta alteração trouxe mais uma forma de classificar edifícios: a classificação da aptidão dos edifícios para tecnologias “inteligentes” através do SRI. Esta classificação é baseada na prontidão de um edifício para adaptar o seu funcionamento, de acordo com as necessidades dos ocupantes e condições da rede, tendo em vista uma melhoria da sua eficiência energética e do seu desempenho. Esta classificação leva ainda em conta a capacidade de um edifício participar ativamente na gestão da procura. [6]

A metodologia de cálculo deste indicador de aptidão para tecnologias “inteligentes”, deve ter em conta a existência de alguns elementos como, por exemplo, os contadores “inteligentes”, os sistemas de automatização e controlo dos edifícios, os dispositivos autorreguladores da temperatura interior, os pontos de carregamento para veículos elétricos, o armazenamento de energia e outras funcionalidades específicas do edifício. No entanto esta metodologia vai apoiar-se em três funcionalidades essenciais: [6]

- *A capacidade de manter o desempenho energético e o funcionamento do edifício através da adaptação do consumo de energia, por exemplo mediante a utilização de energia proveniente de fontes renováveis;*
- *A capacidade de adaptar o seu modo de funcionamento em resposta às necessidades dos ocupantes, dedicando a devida atenção à facilidade de utilização, à manutenção de condições climáticas saudáveis no espaço interior e à capacidade de comunicação da utilização da energia;*
- *A flexibilidade da procura global de eletricidade de um edifício, incluindo a sua capacidade para permitir a participação na resposta à procura ativa e passiva, assim como implícita e explícita, em relação à rede, por exemplo mediante flexibilidade e capacidades de transferência de carga.*

Estão ainda definidas outras duas medidas importantes:

- Para os novos edifícios e para os edifícios em que os geradores de calor sejam substituídos, é necessário a instalação de dispositivos autorreguladores que regulem a temperatura de cada divisão separadamente.
- Para edifícios não residenciais, novos ou sujeitos a grande renovação, com mais de dez lugares de estacionamento é necessária a instalação de, pelo menos, um posto de carregamento e de infraestruturas para a instalação de mais um a cada 5 lugares. Para edifícios residenciais com mais de 10 lugares de estacionamento é necessário infraestruturas para a instalação de postos de carregamento em todos os lugares. [6]

Tendo em conta tudo o que foi referido, podemos perceber que cada vez mais, a gestão e o controlo dos recursos, bem como a comunicação de dados e / ou informações começam a ter uma maior importância.

2.2 Definições do conceito NZEB

Os edifícios com necessidades nulas de energia (ZEB) ou quase nulas de energia (NZEB) não são um novo conceito e a sua definição tem vindo a ser discutida ao longo da última década. No entanto, todas são de acordo de que um ZEB deve produzir uma quantidade de energia renovável suficiente para cobrir as suas necessidades de energia num dado período. Na Tabela 1 encontram-se as definições mais comuns de ZEB, com as respetivas referências, e algumas das suas características. [15][16]

Tabela 1 - Definições comuns de ZEB. [17]

Acrónimo	Significado	Características
NZEB	<i>Nearly Zero Energy Building</i>	<i>Edifício com um elevado desempenho energético e com necessidades de energia muito baixas sendo que estas são supridas na maioria por energia proveniente de fontes renováveis produzidas no local ou nas proximidades. [18]</i>
Net ZEB	<i>Net Zero Energy Building</i>	<i>Edifício que anualmente fornece (energia renovável) à rede, no mínimo, a mesma quantidade de energia que retirou da mesma. Tem de estar ligado à rede. [19]</i>
ZEB	<i>Zero Emission Building</i>	<i>Edifício com emissões de carbono nulas, ou seja, um edifício que anualmente produz, pelo menos, a mesma quantidade de energia renovável (sem emissões de CO₂) do que a que utiliza proveniente de fontes de energia que produzem emissões de CO₂. [20]</i>
NZSoEB	<i>Net Zero Source Energy Building</i>	<i>Um edifício que produz anualmente mais energia renovável no local do que a quantidade de energia que utiliza, sendo essa energia contabilizada em energia primária através dos fatores de conversão. Esta definição pode levar ao incentivo do uso do gás natural nos edifícios, uma vez que este tem um fator de conversão de 1 enquanto a eletricidade tem um fator de conversão de 2.5, facilitando assim a obtenção do título de NZSoEB. [20]</i>
NZSiEB	<i>Net Zero Site Energy Building</i>	<i>Um edifício que produz anualmente mais energia renovável no local do que a quantidade de energia que utiliza, sendo essa energia contabilizada em energia final. A limitação desta definição é que não são levados em conta os fatores de conversão de energia, o que significa que para edifícios que apenas consomem energia elétrica esta definição é equivalente à NZSoEB. Caso o edifício tenha outra fonte de energia, por exemplo gás, para um edifício ser considerado NZSiEB tem de produzir mais energia renovável do que teria para o mesmo edifício ser considerado NZSoEB. [20]</i>
NZEC	<i>Net Zero Cost Building</i>	<i>O dinheiro que o proprietário paga pela energia consumida é igual à quantidade de dinheiro que o proprietário recebe pela energia entregue à rede, após o pagamento de todas as despesas associadas, num período temporal de um ano. Com esta definição e apesar de o edifício conseguir manter um desempenho consistente, devido à variação dos preços e taxas associadas não é garantido que o edifício consiga atingir o título de NZEC todos os anos. [20]</i>

Tabela 1 (continuação) - Definições comuns de ZEB. [17]

Acrónimo	Significado	Características
Autonomous ZEB	<i>Autonomous Zero Energy Building</i>	<i>Edifício independente e autossustentável em termos de necessidades energéticas. Estes edifícios não requerem uma ligação à rede ou apenas a têm como “backup”, pois estes são capazes de cobrir todas as suas necessidades energéticas e têm a capacidade de armazenar energia para os períodos noturnos ou de inverno que são os períodos em que têm menor produção de energia. [19]</i>
+ ZEB	<i>Energy Plus Building</i>	<i>Edifícios que entregam mais energia (renovável) à rede em comparação com a energia que consomem da mesma, num período de um ano. [19][21]</i>
PV-ZEB	<i>Photovoltaic Zero Energy Building</i>	<i>Edifícios com necessidades energéticas reduzidas em que existe um sistema fotovoltaico instalado. [22]</i>
Wind-ZEB	<i>Wind Zero Energy Building</i>	<i>Edifícios com necessidades energéticas reduzidas onde existe um sistema de produção de energia eólica. [22]</i>
PV -Solar thermal - heat pump ZEB	<i>Photovoltaic Solar thermal heat pump Zero Energy Building</i>	<i>Edifícios com necessidades reduzidas de energia elétrica e térmica, que faz uso de um sistema fotovoltaico combinado com um sistema solar térmico, bomba de calor e armazenamento de calor. [22]</i>
Wind-Solar thermal-heat pump ZEB	<i>Wind Solar thermal heat pump Zero Energy Building</i>	<i>Edifício com necessidades reduzidas de energia elétrica e térmica, com um sistema eólico combinado com um sistema solar térmico, com bomba de calor e armazenamento de calor. [22]</i>

No âmbito desta Dissertação a definição que consideramos é a que vem presente na Diretiva 2010/31/UE e que define que um edifício com necessidades quase nulas de energia (NZEB) como:

Um edifício com um desempenho energético muito elevado, onde as necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas deverão ser cobertas em grande medida por energia proveniente de fontes renováveis, incluindo energia proveniente de fontes renováveis produzida no local ou nas proximidades. [3]

Esta definição de NZEB é bastante flexível na sua aplicação, uma vez que, por exemplo, no que diz respeito ao conceito de quantidades “quase nulas de energia” não estipula nenhum valor e diz ainda que essa quantidade de energia remanescente deve ser coberta “em grande medida” por energias renováveis. No entanto também não especifica o que entende por “em grande medida”. [23]

Esta flexibilidade apresentada na definição de NZEB é, de certa forma, interessante pois devido à diversidade existente na UE pode permitir uma implementação mais adequada a cada Estado-Membro. No entanto também permite que esta seja interpretada de forma diferente e que se manipule a sua implementação, prejudicando assim o cumprimento dos objetivos pretendidos com a introdução dos NZEB.

Em Portugal um edifício de habitação para ser considerado NZEB tem de cumprir alguns requisitos: [24]

- O valor das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) deve ser inferior ou igual a 75% do seu valor máximo (N_i);
- O valor das necessidades energéticas nominais de energia primária (N_{tc}) deve ser inferior ou igual a 50% do seu valor máximo (N_t). O que equivale, no mínimo, a Classe A no SCE (Despacho n° 15793-J/2013);
- Os sistemas para aproveitamento de fontes de energia renovável devem suprir pelo menos 50% das necessidades anuais de energia primária.

As tecnologias mais utilizadas em edifícios para se obter energia renovável são os painéis fotovoltaicos, painéis solares térmicos, bombas de calor, turbinas eólicas e o aquecimento e refrigeração urbanos, embora estes últimos não sejam muito utilizados em Portugal. Estas tecnologias aliadas com as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) abrem portas para outro tipo de designação de edifícios, os *smart-buildings*. Estes edifícios têm como objetivo a maximização da utilização da energia renovável e a gestão eficiente de cargas. Para efetuar essas operações os *smart-buildings* fazem uso de sensores e atuadores e sistemas de informação. Ou seja, são edifícios com elevada flexibilidade e capacidade de adaptação às condições ambiente e da rede.

2.3 *Smart-Buildings*

Um *Smart-Building* é um edifício de alto desempenho e com elevado rendimento energético, capaz de manter um ambiente interno confortável e saudável com um baixo uso de energia, de modo a que esta possa ser suprida por uma variedade de energias renováveis. [7]

O *Smart-Building* está ainda ligado à rede pelo que pode responder a sinais vindos desta, onde através da gestão da procura e do armazenamento de energia consegue garantir uma maior flexibilidade e ser uma mais valia quer para a rede quer, em termos de poupança, para o utilizador sem que este perca o conforto. [7]

É de realçar que um *Smart-building* deve ter ainda em conta a proteção e segurança dos seus ocupantes, bem como a sua sustentabilidade e manutenção a longo prazo. [25]



Figura 1 - Campos de aplicação de um *smart-buildings*. [26]

Na Figura 1 podemos observar algumas das funcionalidades de um *Smart-building*. O controlo do aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC), o controlo da iluminação (*Lighting*) e a gestão da procura (*Energy- demand response*) deverão ser as funcionalidades com maior potencial de poupança de energia. As diferentes funcionalidades dos *Smart-buildings* conferem-lhes vantagens, sendo algumas dessas: [27]

- **Conforto dos Ocupantes:** *Através da aprendizagem do comportamento dos ocupantes tenta maximizar o conforto dos mesmos;*
- **Poupança de Energia:** *Devido à flexibilidade que estes edifícios apresentam, será possível responder a sinais/pedidos da rede. Estes pedidos da rede serão financeiramente atrativos pelo que permitirá ao utilizador efetuar poupanças;*
- **Segurança:** *Deteta incêndios, fugas de gás e água. Pode também ter um sistema de diagnóstico que deteta falhas de equipamentos ou quebras de rendimento e alerta os ocupantes dos mesmos;*
- **Saúde:** *Um Smart-buiding mantém um ambiente interno saudável no que diz respeito a temperaturas, qualidade do ar interior e luminosidade.*
- **Conveniência:** *Através da aprendizagem das rotinas e com a ajuda de automatização, este pode facilitar a vida dos ocupantes;*

Esta noção de *Smart-building* rapidamente nos leva a crer que estes edifícios serão importantes nas *Smart-grids*, devido à sua capacidade de controlar e prever o seu consumo e de fornecer flexibilidade. A introdução dos *Smart-builidings* nas *Smart-grids* será fundamental para que seja possível uma maior disseminação de energia renovável na rede elétrica. [28][29]

2.4 Smart-Grids

Uma *Smart-grid* pode ser definida como uma rede elétrica que proporciona um fluxo bidirecional de energia e informação, que faz uso das TIC e de sistemas de controlo e de medição de forma a contribuir para melhorar a fiabilidade, segurança e eficiência do sistema elétrico.

Estas permitirão uma gestão mais eficaz de todos os recursos que existem no sistema elétrico, incluindo os que existem do lado da procura. Esta é aliás uma característica distintiva das *Smart-grids*: o seu carácter integrador, ao possibilitar um papel mais ativo desses recursos do lado da procura.

Tendo isto em conta é possível esperar algumas vantagens para os utilizadores, nomeadamente uma melhor fiabilidade do fornecimento de energia, a possibilidade de uma maior integração de sistemas de produção de energia renovável na rede elétrica e a possibilidade de redução dos custos da energia elétrica ao participarem ativamente na gestão da procura.

As *Smart-grids* têm inúmeras características e vantagens, sendo algumas destas: [8][30] [31][32]

- **Predição de danos e reparação:** automaticamente repara ou remove de serviço equipamentos com possíveis avarias antes que estes falhem;
- **Reconfiguração:** reconfigura a rede de forma a maximizar o fornecimento de energia
- **Flexibilidade:** interligação rápida e segura de geração distribuída e de energia armazenada em qualquer ponto do sistema e a qualquer altura;
- **Predição:** previsão do impacto do clima e predição de possíveis eventos de forma a tomar medidas de prevenção tais como reconfiguração do sistema;
- **Interativa:** retorna informações do estado do sistema para os operadores bem como outras informações para os clientes de forma a que estes tenham um papel ativo na gestão de contingências;
- **Eficiente:** capaz de suportar o aumento da procura sem adicionar infraestruturas;
- **Resiliente:** resistente a ataques e desastres naturais uma vez que se torna cada vez mais descentralizada e reforçada ao nível de protocolos de segurança;
- **Amiga do ambiente:** desacelera o avanço do aquecimento global e oferece um caminho para a introdução de mais energias renováveis.
- **Integração dos Smart-building:** Ao fazer esta integração as *smart-grids* permitem que estes edifícios tenham um papel mais ativo na gestão da procura, o que disponibiliza mais recursos à *smart-grid*.

Apesar destas vantagens ainda existem alguns impedimentos à sua introdução, como por exemplo: [31]

- **Segurança:** o facto de se estar a fazer uso das TIC faz com que exista sempre a possibilidade de sofrer ataques cibernéticos;
- **Grande Investimento:** projetos piloto bastante dispendiosos o que pode ser um grande entrave;
- **Privacidade:** grande risco do uso indevido dos dados dos consumidores o que leva a uma falta de confiança do consumidor;

- **Medo de obsolescência:** *existe um grande desenvolvimento de novas tecnologias, o que leva a que as tecnologias usadas para construir a rede possam ter de ser rapidamente substituídas resultando em custos que indiretamente terão de ser suportados pelos consumidores.*

No entanto é necessário mitigar e ultrapassar estas dificuldades pois as *Smart-grids* começam a ser uma necessidade devido às alterações que o sistema energético começa a sofrer, nomeadamente a introdução do carregamento dos veículos elétricos, a produção descentralizada de energia renovável, entre outras. [33]

Estas alterações trazem consigo novos desafios e dificuldades no que diz respeito à gestão dos sistemas energéticos, tais como:

- Grande variabilidade e um controlo limitado da energia proveniente de fontes renováveis;
- Aumento das variações da procura ao longo do dia.

Uma solução passará pela aposta crescente nas *Smart-grids*, uma vez que estas possibilitam a integração de armazenamento descentralizado e de ações de gestão da procura. Para que essa integração seja feita é necessário que os edifícios e os seus sistemas sejam flexíveis, ou seja, dar-lhes capacidade para gerir a sua geração e procura tendo em conta:

- Condições climáticas locais;
- Necessidades dos seus utilizadores;
- Necessidades da rede energética.

Desta forma é possível fazer operações de gestão da procura e de controlo de cargas com base nas necessidades da rede ou da disponibilidade de energia renovável.

3. SRI – Smart Readiness Indicator

Em novembro de 2016 a comissão europeia apresentou um pacote de propostas chamado “Energia Limpa para Todos os Europeus” com algumas alterações no que diz respeito às diretivas de eficiência energética, energia renovável, funcionamento do mercado de eletricidade e segurança do fornecimento de eletricidade.

Estas propostas tinham como objetivo apoiar a transição da UE para uma UE com energia limpa através de medidas muito focadas nos edifícios, uma vez que estes consomem cerca de 40% da energia final da UE e que cerca de 75% dos edifícios de habitação da UE são considerados ineficientes. Sendo também as taxas anuais de renovação baixas (cerca de 1%) e sabendo que essas renovações geralmente são pequenas renovações, existe aqui uma oportunidade para tomar medidas de incentivo e financiamento de forma a conseguir que estas renovações passem a ser de maiores dimensões e que ajudem a cumprir os objetivos propostos, de, pelo menos, 32,5% para a eficiência energética e de 32% de energia renovável no *mix* energético da UE até 2030. [34]

A EPBD foi alterada de forma a tentar aproveitar o potencial das tecnologias “inteligentes” e dos edifícios “inteligentes”, potenciando assim um maior aproveitamento das fontes de energia renovável, de geração distribuída e de flexibilidade energética, promovendo o desenvolvimento de redes “inteligentes”. Com esta alteração da EPBD (Diretiva 2018/844) nasceu um novo indicador, o SRI.

O SRI é um indicador que ainda se encontra em estudo e é esperado que venha medir a capacidade de um edifício usar as tecnologias de informação e comunicação e os seus sistemas eletrónicos, de forma a fazer uma gestão que esteja de acordo com as necessidades dos seus ocupantes e da rede, melhorando assim a sua eficiência energética e desempenho.

Este indicador vem consciencializar os ocupantes e proprietários de edifícios para os benefícios da automatização e monitorização eletrónica dos sistemas técnicos dos edifícios, bem como passar confiança aos ocupantes dos edifícios das poupanças económicas que estas novas tecnologias podem oferecer. [35] É ainda esperado que o indicador venha apoiar a inovação tecnológica no sector da construção e incentivar a integração das tecnologias “inteligentes” nos edifícios.

Para apoiar o estabelecimento deste indicador SRI foi proposto a realização de um estudo técnico supervisionado pela Direção Geral de Energia da Comissão Europeia. Este estudo foi realizado por um consórcio da VITO¹, Waide Strategic Efficiency², Ecofys³ e OFFIS⁴ e propõe uma metodologia de cálculo para o SRI e possíveis caminhos para a sua implementação na UE.

É ainda de salientar que como o SRI se enquadra na EPBD, o seu foco é o desempenho energético e não outros aspetos de sustentabilidade e portanto, para já, este está limitado às tecnologias “inteligentes” que afetam o desempenho energético, as condições climáticas internas e a flexibilidade energética do edifício, deixando de lado os sistemas de proteção e segurança. [36]

¹ VITO - *Vlaamse Instelling Voor Technologisch Onderzoek* é uma organização, flamenga, de pesquisa na área da tecnologia limpa e do desenvolvimento sustentável.

² *Waide Strategic Efficiency* é uma empresa de consultoria de gestão sediada no Reino Unido.

³ *Ecofys* é uma empresa internacional de consultoria em energia e clima.

⁴ *OFFIS - Oldenburg Forschungsinstitut für Informatikwerkzeuge und -systeme* é um instituto de pesquisa científica localizado na cidade de Oldenburg, na Alemanha.

3.1 Descrição do SRI

O processo de avaliação do SRI é baseado na avaliação de um catálogo de serviços que podem estar presentes no edifício e na avaliação das funcionalidades que estes podem oferecer. Cada serviço pode estar implementado com vários níveis de “inteligência”, referidos como “níveis de funcionalidade”.

Os serviços abrangem vários domínios (ex.: aquecimento, iluminação, carregamento de veículos elétricos, etc.) e podem provocar vários impactos (ex.: poupança de energia, conforto, flexibilidade energética em relação à rede, etc.), como se pode observar na Figura 2. [37]

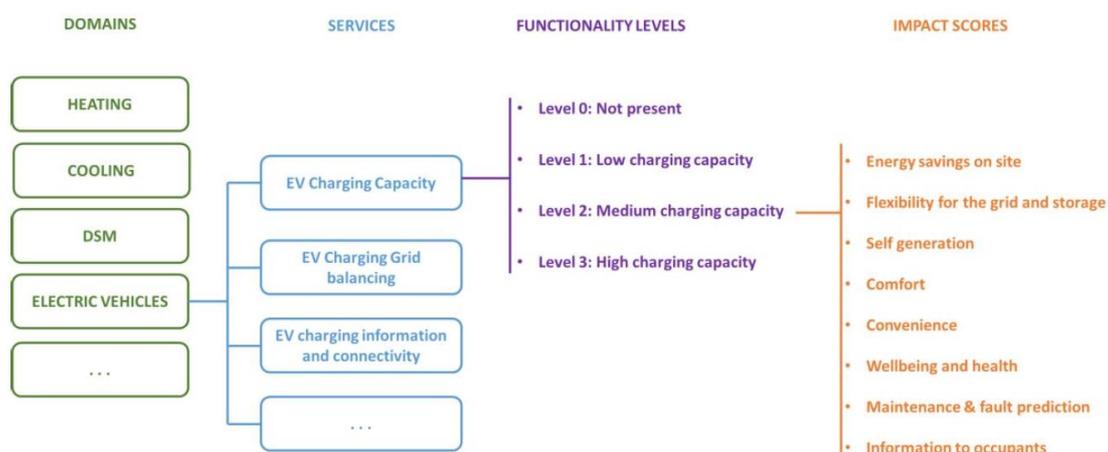


Figura 2 - Estrutura do catálogo dos "Smart Ready Services". [38]

O catálogo de serviços inicial tinha no total 115 serviços (ANEXO B). No entanto, nem todos os serviços eram viáveis para incorporar na avaliação do SRI, alguns por falta de *standards*, outros porque é tecnicamente difícil de fazer a sua avaliação e, por fim, alguns porque os impactos que estes teriam são considerados baixos tendo em conta a dificuldade requerida para realizar a sua avaliação. Assim o catálogo dos 115 serviços foi reduzido para 54 serviços (ANEXO C), que, na prática, poderá ser ainda mais reduzido devido ao processo de triagem, pois alguns dos serviços podem não ser relevantes para um edifício em particular, devido ao contexto em que o edifício existe e a função a que se destina.

Cada serviço pertence a um domínio e neste momento são considerados nove (9) domínios, sendo estes: o aquecimento, o arrefecimento, as águas quentes sanitárias, a ventilação controlada, a iluminação, a dinâmica da envolvente do edifício, a eletricidade, o carregamento de veículos elétricos e, por fim, a monitorização e controlo.

Os domínios considerados encontram-se descritos abaixo e representados na Figura 3: [36]

- **Aquecimento**
Este domínio contém os serviços que melhoram o funcionamento dos sistemas de aquecimento (armazenamento, geração, distribuição e emissão de calor) e estes serviços estão maioritariamente relacionados com a automatização do controlo dos sistemas técnicos do aquecimento;
- **Arrefecimento**
Este domínio foca-se no armazenamento térmico de energia, nos sistemas de controlo de emissões de frio, nos geradores de frio e no consumo de energia;

- **Águas Quentes Sanitárias**
Este domínio inclui os serviços relativos ao controlo “inteligente” da geração, armazenamento e distribuição da água quente;
- **Ventilação controlada**
Este domínio inclui serviços de controlo do fluxo de ar e de controlo da temperatura interior;
- **Iluminação**
Este domínio foca-se no controlo da iluminação através de sistemas que se baseiam na luz do dia, ocupação ou no horário de funcionamento;
- **Dinâmica da envolvente do edifício**
Este domínio foca-se no controlo dos sistemas de sombreamento (ex. estores) e no controlo da abertura de janelas;
- **Eletricidade**
Este domínio inclui serviços que monitorizam, preveem e otimizam a geração de energia descentralizada e controlam o armazenamento ou injeção de energia na rede elétrica;
- **Carregamento de Veículos Elétricos**
Este domínio inclui os serviços disponibilizados pelo edifício para os veículos elétricos através dos postos de carregamento;
- **Monitorização e controlo**
Este domínio foca-se nos dados que se podem obter de um sistema técnico do edifício e que possam ser usados por outros serviços.



Figura 3 - Nove domínios considerados no SRI. [36]

Quanto aos critérios de impacto consideram-se sete (7) e estes encontram-se descritos abaixo e representados na Figura 4: [36]

- **Poupança de Energia**
Refere-se aos impactos dos serviços na capacidade de poupança de energia (ex.: poupança de energia resultante de um melhor controlo da temperatura ambiente);
- **Flexibilidade Energética e Armazenamento**
Refere-se aos impactos dos serviços na potencial flexibilidade energética do edifício;
- **Conforto**
Refere-se ao impacto dos serviços no conforto dos ocupantes (conforto térmico, visual e acústico);

- **Conveniência**
Refere-se ao impacto dos serviços na conveniência dos ocupantes, isto é, que tornem a vida dos ocupantes mais “fácil” (ex.: redução do controlo manual dos sistemas);
- **Saúde e Bem-estar**
Refere-se aos impactos dos serviços na saúde e bem-estar dos ocupantes (ex.: um controlo automatizado pode aumentar a qualidade do ar interior em relação a um controlo manual, aumentando assim o bem-estar dos ocupantes), sendo que nenhum serviço deve prejudicar os ocupantes;
- **Manutenção e Previsão de Falhas**
Refere-se ao diagnóstico e deteção de falhas automatizados que têm um potencial para melhorar significativamente a manutenção e operação dos serviços técnicos de um edifício, bem como o seu desempenho, pois estes são capazes de detetar quando um serviço técnico funciona de forma ineficiente;
- **Informação aos Ocupantes**
Refere-se ao impacto dos serviços no fornecimento de informações aos ocupantes sobre o estado e operação do edifício.



Figura 4 - Sete critérios de impacto considerados no SRI. [36]

Cada serviço tem vários níveis de funcionalidade. Esses níveis de funcionalidade variam de serviço para serviço e podem existir no mínimo dois (2) e no máximo cinco (5). Cada nível de funcionalidade tem associado uma pontuação para cada um dos sete (7) critérios de impacto (ver Figura 5). Essa pontuação para cada critério de impacto varia de “menos quatro” (-4) a “quatro” (+4). No entanto, a maioria dos impactos são positivos. [37]

service A	Energy savings	Maintenance & fault prediction	Comfort	Convenience	Health & wellbeing	Information to occupants	Energy flexibility & storage
Functionality 0	0	0	0	0	0	1	0
Functionality 1	1	1	1	1	0	2	1
Functionality 2	2	2	2	1	0	3	2
Functionality 3	3	3	3	2	0	3	3

Figura 5 - Pontuações de impacto de um serviço para os sete (7) critérios de impacto, consoante o nível de funcionalidade. [36]

3.2 Tipos de Avaliação

De momento existem três propostas de abordagens a seguir para avaliar o SRI de um edifício. Estas abordagens encontram-se descritas abaixo e representadas na Figura 6.

A. Abordagem Simplificada

Trata-se de uma avaliação rápida do edifício usando um catálogo de serviços simplificado (ANEXO D), esta avaliação será online e feita pelo utilizador de forma gratuita. Esta avaliação destina-se a edifícios residenciais e edifícios não residenciais com menos de 500m², tendo como objetivo realçar a importância da “inteligência” dos edifícios e reportar o estado atual do mesmo, permitindo assim que os utilizadores planeiem as suas renovações. Esta avaliação não tem direito à emissão de um certificado.

B. Abordagem Detalhada

Trata-se de uma avaliação realizada no local, por um perito qualificado e que é aplicada a qualquer tipo de edifício (Residencial, Serviços, Novo, Existente, etc.) esta avaliação baseia-se na verificação dos serviços presentes no edifício, usando o catálogo de serviços do ANEXO C. Esta abordagem pretende realçar a importância da “inteligência” dos edifícios e fornecer uma visão da “inteligência” atual do edifício comparada com o seu potencial máximo. No final da avaliação é emitido um certificado.

C. Abordagem Monitorizada

Trata-se de uma avaliação que quantifica o atual desempenho do edifício. Esta abordagem é considerada uma possível evolução futura da abordagem detalhada, indo além das considerações do SRI.

De momento apenas a abordagem simplificada e a abordagem detalhada estão a ser trabalhadas, deixando assim a abordagem monitorizada para uma próxima atualização do SRI.

Para avaliar o SRI de um edifício é necessário ter uma metodologia definida, sendo que essa metodologia é igual independentemente do tipo de abordagem que se adotar.

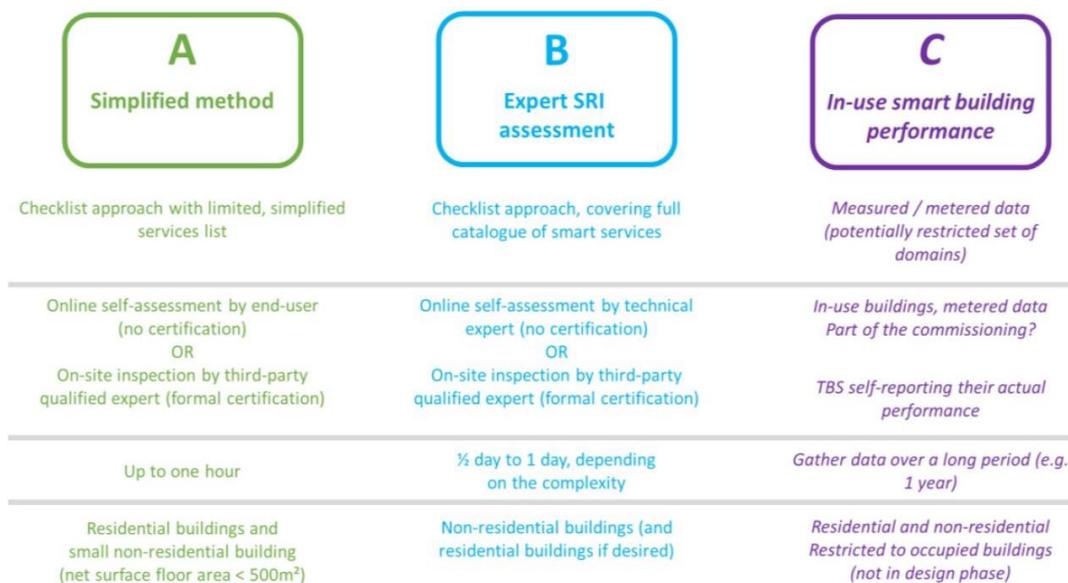


Figura 6 - Tipos de Abordagem de Avaliação do SRI de um Edifício. [39]

3.3 Metodologia de Cálculo

O cálculo do SRI é feito de acordo com a seguinte estrutura de metodologia de cálculo:

1. Avaliação individual de cada serviço

Existem 54 serviços que podem ser avaliados no método detalhado e 27 no método simplificado. No entanto, podem nem todos ser relevantes para o edifício que estamos a examinar pelo que devemos fazer primeiro uma triagem. Podemos perceber melhor que serviços considerar através do ANEXO E.

O processo de triagem é importante pois este afeta a pontuação máxima que um edifício pode obter. Sem este poderíamos estar a penalizar um edifício por não possuir um serviço que não lhe seja relevante. Assim, é necessário identificar os serviços que são relevantes, quer seja pelo sistema técnico estar presente no edifício (*smart ready*) ou então pelo facto de o serviço não estar presente, mas ser vantajoso (*smart possible*), servindo assim de estímulo para a modernização dos edifícios existentes com serviços “inteligentes”. Isto porque, devido ao local onde se encontra o edifício ou a especificidades do mesmo, podem existir situações onde alguns domínios ou serviços podem não ser relevantes, aplicáveis ou desejáveis. Exemplos:

- Alguns edifícios podem não ter capacidade para ter estacionamento, logo não têm capacidade para ter instalações para carregadores de veículos elétricos.
- Alguns edifícios residenciais podem não necessitar de arrefecimento.
- Alguns serviços são mutuamente exclusivos, ou seja, não é relevante estarem ambos presentes.
- Alguns serviços podem não estar presentes, mas serem desejados do ponto de vista político, ou seja, servem de estímulos para a remodelação dos edifícios existentes com serviços adicionais (“inteligentes”).

Após cada serviço considerado relevante ser inspecionado é determinado o seu nível de funcionalidade. Esse nível de funcionalidade vai então determinar a pontuação de impacto que cada serviço tem para cada um dos critérios de impacto (ver Figura 5). De forma a ser mais fácil a escolha dos níveis de funcionalidade foi criado o ANEXO F com alguns comentários sobre os diferentes níveis.

2. Cálculo da pontuação de impacto dos domínios

A pontuação de impacto de cada domínio é dada pela razão entre a soma das pontuações de impacto dos serviços desse domínio, para um dado critério de impacto, e pela soma das pontuações de impacto máximas teóricas dos serviços desse domínio para o mesmo critério de impacto (ver Figura 7).

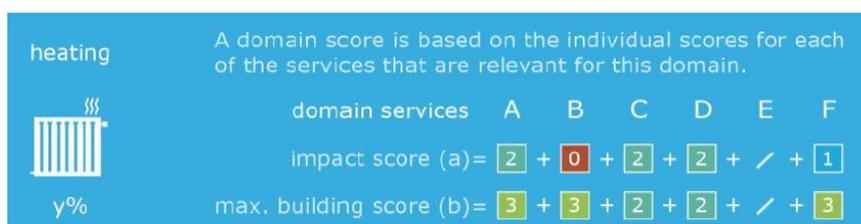


Figura 7 - Cálculo da pontuação de impacto de um domínio, para um dado critério de impacto. [36]

3. Cálculo da pontuação em cada critério de impacto

Esta pontuação é dada pela soma ponderada das pontuações de impacto de todos os domínios relevantes para o critério de impacto em questão.

Neste momento são apresentadas três (3) abordagens para fazer a ponderação dos domínios:

- **Fixed weighting (Ponderação fixa)** – nesta abordagem é definida uma ponderação e esta não se altera;
- **Equal Weighting (Ponderação igual)** – nesta abordagem os domínios são ponderados de igual forma;
- **Energy Balance Method (Método do balanço energético)** - esta abordagem estabelece um esquema de ponderações para os domínios que reflete o impacto estimado dos serviços desse domínio no balanço energético do edifício.

É de realçar que:

- As ponderações podem ser diferentes tendo em conta o tipo de edifício (Residencial e Não-Residencial) e a zona climática em que este se encontra (Norte da Europa, Europa Ocidental, Nordeste da Europa, Sudeste da Europa e Sul da Europa).
- No caso de não existirem pontuações de impacto, num dado domínio, para um dado critério de impacto, a ponderação desse domínio no respetivo critério de impacto é forçada a zero, independentemente do tipo de ponderação (ver Figura 8).
- No caso de um domínio não estar presente no edifício e de este não ser relevante para o edifício em questão, esse domínio é removido da avaliação e a sua ponderação é distribuída pelos restantes domínios sem que se altere a relação anteriormente existente entre as ponderações dos restantes domínios.

	Energy savings	Maintenance & fault prediction	Comfort	Convenience	Health & wellbeing	Information to occupants	Energy flexibility & storage
Heating			16%	10%	20%	11,4%	
Domestic hot water				10%		11,4%	
Cooling			16%	10%	20%	11,4%	
Controlled ventilation			16%	10%	20%	11,4%	
Lighting			16%	10%	20%		
Electricity				10%		11,4%	
Dynamic Envelope	5%	5%	16%	10%	20%	11,4%	
EV Charging				10%		11,4%	5%
Monitoring & Control	20%	20%	20%	20%		20%	20%

STEP 1: FIXED WEIGHTS STEP 2: EQUAL WEIGHTS STEP 3: ENERGY BALANCE WEIGHTS (depend on climate zone)

Figura 8 - Proposta de ponderações dos domínios. [40]

Foram então propostas, pelo consórcio encarregue do estudo do SRI, as seguintes atribuições de ponderações, e podemos obter uma ideia das mesmas através da Figura 8:

- **Ponderação fixa:**

- Ponderação de 20% para o domínio “Monitorização e Controlo” em todos os critérios de impacto;
- Ponderação de 5% nos domínios “Dinâmica da Envolvente do Edifício” e “Carregamento de Veículos Elétricos” para os critérios de impacto “Poupança de Energia”, “Manutenção e Previsão de Falhas” e “Flexibilidade Energética e Armazenamento”.

Estes valores não dependem do tipo de edifício nem da zona climática.

- **Ponderações iguais:**

- Estas ponderações são atribuídas aos critérios de impacto “Conforto”, “Conveniência”, “Saúde e bem-estar” e “Informação aos Ocupantes” sendo o valor desta ponderação dado pela seguinte expressão:

$$P_{\text{domínio,critério_imp}} = \frac{100\% - \sum(\text{Ponderações Fixas})}{\text{Número de Domínios Relevantes}} \quad (1)$$

Estes valores não dependem do tipo de edifício nem da zona climática.

- **Ponderações de Balanço Energético:**

- Estas ponderações são atribuídas aos critérios de impacto “Eficiência Energética”, “Manutenção e Previsão de Falhas” e “Flexibilidade Energética e Armazenamento” sendo que o valor desta ponderação é dado pela seguinte expressão:

$$P_{be\text{domínio,critério_imp}} = \left(100\% - \sum(\text{Ponderações Fixas})\right) * \alpha_{\text{domínio}} \quad (2)$$

Onde:

$\alpha_{\text{domínio}}$ é a importância relativa do domínio no balanço energético.

Este valor de $\alpha_{\text{domínio}}$ pode ser um valor por defeito ou pode ser adaptado ao edifício em questão, no caso de existirem dados relativos ao seu balanço energético. Se usarmos os valores por defeito, estes vão depender da zona climática e do tipo de edifício e podem ser consultados na Figura 9.

Caso se utilizem os valores do balanço energético do edifício, o $\alpha_{\text{domínio}}$ é dado por:

$$\alpha_{\text{domínio}} = \frac{Q_{\text{domínio}}}{Q_{\text{Total}}} \quad (3)$$

$$Q_{\text{Total}} = Q_{\text{Aquec}} + Q_{\text{Arref}} + Q_{\text{AQS}} + Q_{\text{Vent}} + Q_{\text{Ilumi}} + Q_{\text{Electric}} \quad (4)$$

Onde:

Q_{Aquec} é a energia primária usada para o aquecimento do espaço;

Q_{Arref} é a energia primária usada para o arrefecimento do espaço;

Q_{AQS} é a energia primária usada para produção de água quente sanitária;

Q_{Vent} é a energia primária usada para a ventilação do edifício;

Q_{Ilumi} é a energia usada para iluminação do edifício;

$Q_{Electric}$ é a energia renovável produzida no edifício, expressa em energia primária.

RESIDENTIAL BUILDINGS					
WEIGHTINGS	North	West	South	North-East	South-East
Heating	39.9	45.3	42.2	40.5	27.5
DHW	12.4	10.2	13.3	18.6	7.7
Cooling	0.0	4.1	9.2	0.0	19.5
Ventilation	25.0	23.8	12.3	25.4	14.4
Lighting	4.9	2.0	3.6	0.8	1.2
Electricity	17.8	14.8	19.5	14.7	29.6

NON-RESIDENTIAL BUILDINGS					
WEIGHTINGS	North	West	South	North-East	South-East
Heating	41.8	36.4	40.3	39.0	38.3
DHW	7.2	11.0	14.3	12.5	15.4
Cooling	12.5	16.9	15.7	11.2	9.9
Ventilation	26.2	19.1	11.7	24.4	20.1
Lighting	10.4	13.8	16.0	9.7	11.9
Electricity	2.0	2.8	2.1	3.1	4.4

Figura 9 - Importância relativa dos domínios por zona climática e por tipo de edifício. [41]

4. Cálculo do SRI

O SRI é então dado pela soma ponderada das pontuações dos critérios de impacto. Foram consideradas três (3) alternativas para a definição dos critérios de impacto sendo que estas variam na importância relativa que se atribuem a cada um dos critérios, influenciando assim o cálculo do SRI. Estas alternativas estão descritas no ANEXO G.

O consórcio de estudo do SRI decidiu seguir com a abordagem da proposta 3 (Figura 10), visto que esta apresenta um melhor equilíbrio entre as necessidades de economia de energia, as necessidades dos ocupantes e a flexibilidade energética, enquanto permite maior flexibilidade no que diz respeito à comunicação dos resultados.

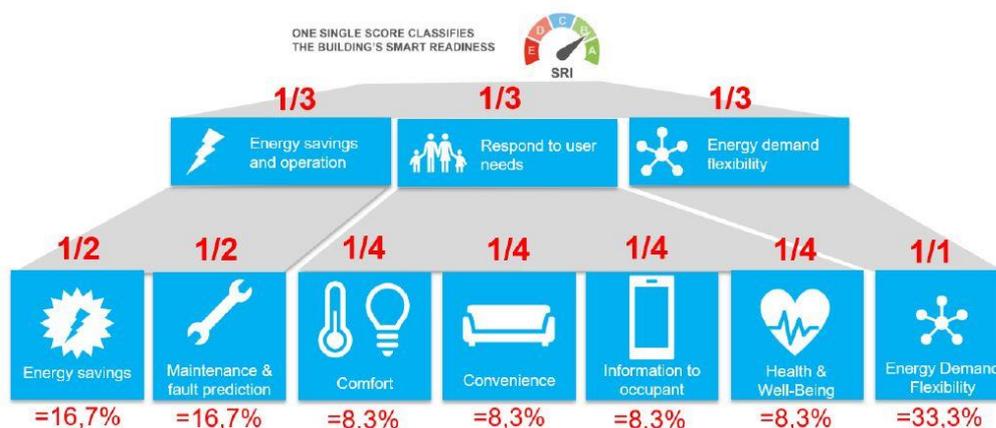


Figura 10 - Proposta 3, agregação das pontuações de impacto num resultado final. [39]

O SRI pode então ser calculado através da equação (5):

$$N = A * a + B * b + C * c + D * d + E * e + F * f + G * g \quad (5)$$

Onde:

- *N é a pontuação total do SRI;*
- *A, B, C, D, E, F, G são as pontuações de impacto dos critérios de impacto;*
- *a, b, c, d, e, f, g são as ponderações de impacto dos critérios de impacto.*

Com o valor de SRI calculado é preciso apresentar esta informação ao consumidor final, sendo que uma boa maneira de o fazer é apresentar dados numéricos por meio de escalas heurísticas como a da Figura 11.

SRI	Class
>86%	A
>72%	B
>58%	C
>44%	D
>30%	E
>16%	F
16% or less	G

Figura 11 - Escala dos valores de SRI. [38]

De forma a perceber qual seria a melhor maneira de comunicar a informação ao utilizador e que informações comunicar, o consórcio encarregue de estudo do SRI realizou um inquérito e algumas das conclusões desse inquérito encontram-se no ANEXO H.

3.4 Protocolo de Cálculo do SRI

Com a metodologia de cálculo definida pode-se definir o processo de cálculo do SRI de acordo com o seguinte protocolo: [41]

1º Passo: Fazer um processo de triagem de forma a definir os serviços que são relevantes no edifício

O processo de triagem é bastante importante pois influencia o valor de SRI final de um edifício e, como tal, não vamos querer penalizar injustamente um edifício pela ausência de alguns serviços, no caso de estes não serem relevantes para o mesmo. Isto quer dizer que não podemos deixar esta decisão nas “mãos” do avaliador, mas sim definir diretrizes claras de como proceder e estas devem ser comuns (pelo menos dentro de cada Estado-Membro).

Devido ao local em que o edifício se encontra ou devido a especificidades do mesmo, vão existir situações em que alguns domínios podem não ser relevantes, aplicáveis ou desejáveis. Exemplos:

- Alguns edifícios podem não ter capacidade para ter estacionamento, logo não têm capacidade para ter instalações para carregadores de veículos elétricos;
- Alguns edifícios residenciais podem não necessitar de arrefecimento.

Assim, surge a questão “Devemos penalizar a ausência de um domínio?”. Sabemos que o SRI tem como objetivo incentivar a instalação de *Smart Ready Technologies (SRT's)*, logo a instalação de alguns serviços, pelo que se não se penalizar a ausência de certos domínios, não se está a incentivar a instalação dos serviços desse domínio nem as *SRT's* correspondentes.

Uma solução para resolver estes problemas pode passar pelos órgãos que implementam o SRI definirem diretrizes que dependam de fatores contextuais, tais como, a relevância de serviços e domínios específicos para determinadas zonas climáticas, os requisitos presentes nos códigos de construção locais e ainda a diferenciação com base no tipo de construção (residencial ou não residencial) ou o estado atual do edifício (nova construção, renovação). Por exemplo:

- Um domínio ser considerado relevante para edifícios novos e para edifícios renovados, mas não para edifícios existentes;
- Um domínio ser considerado relevante para edifícios não residenciais, mas não para edifícios residenciais;
- Um domínio ser relevante para todos os edifícios não residenciais e edifícios residenciais novos ou renovados.

Como até ao momento não existem diretrizes em relação a este assunto, é recomendado pelo consórcio de estudo do SRI que se procede da seguinte maneira:

- Todos os domínios e serviços que são considerados obrigatórios pelo código de construção de edifícios de um Estado-Membro, são também considerados obrigatórios no SRI.
- Para alguns serviços, a avaliação apenas é relevante no caso de o sistema técnico a que este se refere esteja presente. Esta abordagem é usada quando não conseguimos concluir se um domínio ou serviço deve estar presente num edifício específico (por exemplo, um edifício pode ser confortável sem sistemas de arrefecimento), assim se um serviço deste tipo não estiver presente, ele será excluído da avaliação e não afetará a pontuação máxima atingível.
- Alguns serviços são mutuamente exclusivos (não seja relevante estar ambos presentes); assim se um desses serviços não estiver presente é excluído da avaliação.
- Alguns serviços podem não estar presentes, mas serem desejados do ponto de vista político. Esta abordagem serve de estímulo para a remodelação de edifícios existentes com serviços adicionais (“inteligentes”). Esses serviços são então incluídos na avaliação.
- Nos casos em que um serviço não está presente e não é relevante, o serviço não será pontuado e a pontuação máxima possível de se atingir será reduzida, assim é garantido que a ausência de um serviço ou domínio não é penalizada.

2º Passo: Definir o nível de funcionalidade de cada serviço

Para cada um dos serviços considerados relevantes é necessário definir o nível de funcionalidade implementado no edifício, quer seja por inspeção visual ou através da documentação técnica do edifício.

3º Passo: Calcular a pontuação de impacto que cada domínio tem em cada um dos 7 critérios

Para cada um dos 7 critérios de impacto vamos determinar a pontuação de cada domínio, da seguinte forma:

$$I(d, ic) = \sum_{i=1}^{N_d} I_{ic}(FL(S_{i,d})) \quad (6)$$

Onde:

- i. d é o número do domínio em questão, $d \in \mathbb{N}$
- ii. ic é o número do critério de impacto em questão, $ic \in \mathbb{N}$
- iii. N_d é o número total de serviços no domínio d , $N_d \in \mathbb{N}$
- iv. $S_{i,d}$ é o serviço i do domínio d , $i \in \mathbb{N}$, $1 \leq i \leq N_d$
- v. $FL(S_{i,d})$ é o nível de funcionalidade do serviço $S_{i,d}$ que o edifício tem implementado
- vi. $I_{ic}(FL(S_{i,d}))$ é a pontuação de impacto do serviço $S_{i,d}$ no critério de impacto ic , de acordo com o nível de funcionalidade do serviço, $I_{ic}(FL(S_{i,d})) \in \mathbb{N}$
- vii. $I(d, ic)$ é a pontuação de impacto do domínio d para o critério de impacto número ic , $I(d, ic) \in \mathbb{N}$.

No caso se um serviço ser implementado de acordo com diferentes níveis de funcionalidade em várias partes de um edifício, a pontuação de impacto do serviço pode ser calculada através de uma média ponderada.

Exemplo: no serviço “Lighting-2 Control artificial lighting power based on daylight levels” podemos ter 60% do edifício equipado com *dimming* automático (funcionalidade nível 3) e o restante 40% do edifício equipado com controlo manual (central) (funcionalidade de nível 0).

4º Passo: Calcular a pontuação de impacto máxima possível que cada domínio poderia ter em cada um dos 7 critérios de impacto

O cálculo da pontuação máxima de impacto que cada domínio pode ter para cada critério de impacto é dado por:

$$I_{max}(d, ic) = \sum_{i=1}^{N_d} I_{ic}(FL_{max}(S_{i,d})) \quad (7)$$

Onde:

- i. $FL_{max}(S_{i,d})$ é o maior nível de funcionalidade possível que o serviço $S_{i,d}$ pode obter
- ii. $I_{ic}(FL_{max}(S_{i,d}))$ é a pontuação de impacto do serviço $S_{i,d}$ para o maior nível de funcionalidade, ou seja, é a pontuação de impacto máxima que o serviço $S_{i,d}$ pode obter para um dado critério ic
- iii. $I_{max}(d, ic)$ é a máxima pontuação de impacto que um domínio d pode obter para o critério de impacto ic .

5º Passo: Calcular a pontuação de cada um dos 7 critérios de impacto

Para cada critério de impacto, a sua pontuação (em percentagem) é determinada da seguinte forma:

$$SR_{ic} = \frac{\sum_{d=1}^N W_{d,ic} \times I(d, ic)}{\sum_{d=1}^N W_{d,ic} \times I_{max}(d, ic)} \times 100 \quad (8)$$

Onde:

- i. d é o número do domínio em questão
- ii. N é o número total de domínios
- iii. $W_{d,ic}$ é o fator de ponderação expresso em percentagem do domínio d para o critério de impacto ic
- iv. SR_{ic} é a pontuação do critério de impacto ic expressa em percentagem.

6º Passo: Calcular a pontuação de cada um dos 3 critérios chave da EPBD

A pontuação de cada um dos critérios chave da EPBD é determinado de acordo com a seguinte expressão:

$$SR_C = \sum_{ic=1}^M W_c(ic) \times SR_{ic} \quad (9)$$

Onde:

- i. SR_C é a pontuação de cada critério chave c da EPBD
- ii. M é o número total de critérios de impacto, $M \in \mathbb{N}$
- iii. $W_c(ic)$ é o fator de ponderação, expresso em percentagem, do critério de impacto ic para o critério chave c da EPBD
- iv. SR_{ic} é a pontuação do critério de impacto ic .

Observações: Cada critério de impacto é apenas relevante para um e apenas um dos critérios chave da EPBD, sendo que todos os critérios de impacto relevantes para um dado critério chave têm fatores de ponderação iguais.

7º Passo: Calcular a pontuação final do SRI do edifício

O SRI final do edifício é então dado pela soma ponderada da pontuação dos critérios chave da EPBD, sendo estas ponderadas de igual forma.

$$SRI = \sum_1^3 \frac{1}{3} \times SR_C \quad (10)$$

Onde:

- i. SRI é a pontuação final do edifício
- v. SR_C é a pontuação de cada critério chave c da EPBD.

8º Passo: (Opcional) Calcular a pontuação de cada um dos 9 domínios

A pontuação de cada domínio relativa a cada critério de impacto pode ser calculada através da seguinte expressão:

$$SR_{d,ic} = \frac{I(d, ic)}{I_{max}(d, ic)} \times 100 \quad (11)$$

Tendo então a metodologia e processo de cálculo definidos e aproveitando o material disponibilizado pelas entidades responsáveis pelo estudo do SRI foi criada uma ferramenta de cálculo do SRI.

3.5 Ferramenta de Cálculo

Como referido anteriormente, a ferramenta de calculo foi criada através do aproveitamento de um dos materiais fornecidos pelas entidades que estão a desenvolver o SRI. O material usado foi um livro Excel que continha: [42]

- Uma folha com uma visão geral dos serviços – lista com todos os serviços e os seus níveis de funcionalidade;
- Uma folha para cada domínio – detalhes dos serviços, incluído as pontuações provisórias de impacto para cada um dos níveis de funcionalidade;
- Uma folha com todas as ponderações necessárias para o cálculo do SRI de um edifício;
- Uma folha com os países da europa e a zona climática em que estão inseridos.

Para as folhas de cada domínio foi adicionada uma opção de escolha do nível de funcionalidade de cada serviço, que leva à pontuação de impacto (atual) que este serviço tem para cada critério de impacto. Foi também retirada a pontuação de impacto máxima que este serviço pode ter em cada um dos critérios de impacto. Existe ainda a opção de selecionar vários níveis de funcionalidade, sendo obrigatório indicar a % correspondente a cada nível. (Figura 12)

code		service		Avaliação do nível de funcionalidade do serviço						
Lighting-2		Control artificial lighting power based on daylight levels		Multiple Levels	Service group: rtficial lighting power based on dayliq					
Escolha de vários níveis de funcionalidade				IMPACTS						
Functionality levels				Maintenance & Durability	Comfort	Convenience	Wellbeing and health	Information to occupants	Flexibility for the grid and storage	
<input checked="" type="checkbox"/>	40	1	level 0 Manual (central)	0	0	0	0	0	0	
<input type="checkbox"/>	10	0	level 1 Manual (per room / zone)	1	0	1	1	0	0	
<input type="checkbox"/>	10	0	level 2 Automatic switching	2	0	1	1	0	0	
<input checked="" type="checkbox"/>	60	1	level 3 Automatic dimming	3	0	2	2	0	0	
<input type="checkbox"/>	0	0	level 4 Automatic dimming including scene-based light control (during time intervals, dynamic and adapted lighting scenes are set, for example, in terms of illuminance level, different correlated colour temperature (CCT) and the possibility to change the light distribution within the space according to e. g. design, human needs, visual tasks)	3	0	3	3	0	0	
Pontuação de impacto atual (Actual Scores)				1,8	0	1,2	1,2	0	0	
Pontuação de impacto máxima (Max Scores)				3	0	3	3	0	0	

Figura 12 - Exemplo da avaliação de um serviço que conste numa folha de domínio da ferramenta criada.

A folha que continha as ponderações necessárias para efetuar o cálculo do SRI foi revista e atualizada, tendo sido introduzido o cálculo de ponderações para o caso em que se usa os dados do certificado energético (SCE) do edifício (Figura 13). Nesta figura temos os valores provenientes do SCE a verde, a laranja temos a importância relativa do domínio que é dada pelas equações (3) e (4) e por fim a azul as ponderações de balanço energético que são obtidas através da equação (2).

EPC Weightings							
	fator de correção	Valores EPC	Energy savings	Maintenance	Flexibility		
	Heating	45,289069	0,452891	0,461912973	0,609621324		
	DHW	10,161392	0,101614	0,103638227	0,13677917		
	Cooling	4,051908	0,040519	0,041326286	0,054541411		
	Ventilation	23,756263	0,237563	0,24229525	0		
	Lighting	1,953244	0,019532	0	0		
	Electricity	14,788124	0,147881	0,150827264	0,199058095		
		100,000000	1,000000	1,000000	1,000000		
	Energy savings on site	maintenance & fault prediction	Comfort	Convenience	Wellbeing and health	information to occupants	Flexibility for the grid and storage
Heating system	0,34	0,35	0,16	0,10	0,16	0,11	0,46
Domestic Hot Water	0,08	0,08	0,00	0,10	0,00	0,11	0,10
Cooling system	0,03	0,03	0,16	0,10	0,16	0,11	0,04
Controlled ventilation	0,18	0,18	0,16	0,10	0,16	0,11	0,00
Lighting	0,01	0,00	0,16	0,10	0,16	0,00	0,00
Electricity: renewables & storage	0,11	0,11	0,00	0,10	0,00	0,11	0,15
Dynamic Envelope	0,05	0,05	0,16	0,10	0,16	0,11	0,00
Electric Vehicle Charging	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,11	0,05
Monitoring & Control	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000

Figura 13 - Tabela de ponderações de acordo com o SCE

Tendo então as ponderações definidas e a folhas de avaliação dos serviços tratadas, foi criada uma folha com o nome “Calculo SRI” onde se criaram algumas tabelas, nomeadamente:

- Tabela com a soma das pontuações de impacto atuais de todos os serviços de um dado domínio para cada critério de impacto (Figura 14), calculados através da equação (6):

		Energy Savings	Maintenance & Fault Prediction	Comfort	Convenience	Health & Well-Being	Information to Occupant	Energy Demand Flexibility
Heating	Actual Score	21	5	12	11	5	4	11
Domestic Hot Water	Actual Score	11	2	0	7	0	3	11
Cooling	Actual Score	22	5	10	11	5	4	11
Ventilation	Actual Score	14	2	10	8	9	3	0
Lighting	Actual Score	6	0	5	5	3	0	0
Electricity Generation	Actual Score	7	6	0	11	0	9	11
Dynamic Envelope	Actual Score	5	2	5	6	4	3	0
Electric Vehicles	Actual Score	0	0	0	6	0	3	4
Monitoring & Control	Actual Score	8	11	3	17	4	9	9

Figura 14 - Tabela de pontuações atuais.

- Tabela com a soma das pontuações de impacto máximas de todos os serviços de um dado domínio para cada critério de impacto (Figura 15), calculados pela equação (7):

		Energy Savings	Maintenance & Fault Prediction	Comfort	Convenience	Health & Well-Being	Information to Occupant	Energy Demand Flexibility
Heating	Max Score	21	5	12	11	5	4	11
Domestic Hot Water	Max Score	11	2	0	7	0	3	11
Cooling	Max Score	22	5	10	11	5	4	11
Ventilation	Max Score	14	2	10	8	9	3	0
Lighting	Max Score	6	0	5	5	3	0	0
Electricity Generation	Max Score	7	6	0	11	0	9	11
Dynamic Envelope	Max Score	5	2	5	6	4	3	0
Electric Vehicles	Max Score	0	0	0	6	0	3	4
Monitoring & Control	Max Score	8	11	3	17	4	9	10

Figura 15 - Tabela de pontuações máximas.

- Tabela com a atualização das ponderações, tendo em conta os domínios ausentes (Figura 16).

	Tabela Renormalizada						
Heating	0,3020	0,3594	0,1600	0,1000	0,1600	0,1143	0,4175
Domestic Hot Water	0,1073	0,1277	0,0000	0,1000	0,0000	0,1143	0,1483
Cooling	0,1174	0,1398	0,1600	0,1000	0,1600	0,1143	0,1623
Ventilation	0,0877	0,1044	0,1600	0,1000	0,1600	0,1143	0,0000
Lighting	0,1198	0,0000	0,1600	0,1000	0,1600	0,0000	0,0000
Electricity Generation	0,0158	0,0189	0,0000	0,1000	0,0000	0,1143	0,0219
Dynamic Envelope	0,0500	0,0500	0,1600	0,1000	0,1600	0,1143	0,0000
Electric Vehicles	0,0000	0,0000	0,0000	0,1000	0,0000	0,1143	0,0500
Monitoring & Control	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000
	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Figura 16 - Tabela das ponderações normalizada.

Esta tabela é obtida através da distribuição ponderada, do total das ponderações dos domínios ausentes, pelo peso ponderado dos domínios presentes, como podemos observar na equação (12).

$$Ren_{d,ic} = (W_{d,ic} * Rel_{d,ic}) + \left(\frac{W_{d,ic} * Rel_{d,ic}}{\sum_{d=1}^N (W_{d,ic} * Rel_{d,ic})} * \sum_{d=1}^N (W_{d,ic} * (1 - Rel_{d,ic})) \right) \quad (12)$$

Onde:

- d é o número do domínio em questão
- N é o número total de domínios
- $W_{d,ic}$ é o fator de ponderação inicial do domínio d para o critério de impacto ic
- $Rel_{d,ic}$ é a relevância do domínio d para o critério de impacto ic , expressa em 0 ou 1.

- Tabela com a pontuação de cada um dos domínios para cada um dos critérios de impacto (Figura 17), através da aplicação da equação (11):

	Energy Savings	Maintenance & Fault Prediction	Comfort	Convenience	Health & Well-Being	Information to Occupant	Energy Demand Flexibility
Heating	100	100	100	100	100	100	100
Domestic Hot Water	100	100	0	100	0	100	100
Cooling	100	100	100	100	100	100	100
Ventilation	100	100	100	100	100	100	0
Lighting	100	0	100	100	100	0	0
Electricity Generation	100	100	0	100	0	100	100
Dynamic Envelope	100	100	100	100	100	100	0
Electric Vehicles	0	0	0	100	0	100	100
Monitoring & Control	100	100	100	100	100	100	90

Figura 17 - Tabela de pontuação dos domínios.

- Tabela com a pontuação dos critérios de impacto (Figura 18), calculados através da equação (8):

Critérios de Impacto	Energy Savings	Maintenance & Fault Prediction	Comfort	Convenience	Health & Well-Being	Information to Occupant	Energy Demand Flexibility
Pontuação	100	100	100	100	100	100	98,0861244

Figura 18 - Tabela de pontuações dos Critérios de Impacto.

- Tabela com a pontuação dos critérios chave da EPBD (Figura 19), calculados de acordo com a equação (9):

Critérios Base	Energy Savings and Operation	Respond to User Needs	Energy Demand Flexibility
Pontuação	100	100	98,08612440

Figura 19 - Tabela de pontuações dos Critérios Chave da EPBD.

- Célula com a pontuação final de SRI do edifício (Figura 19), calculado através da equação (10):

Valor SRI	99,36204147
------------------	--------------------

Figura 20 - Pontuação Final de SRI.

É ainda nesta folha de cálculo denominada "Calculo SRI", onde se realizam todas as operações e cálculos necessários. Os valores obtidos são depois passados para uma folha de apresentação que se chama "Calculo" em que se automatiza o cálculo do SRI do edifício tendo em conta o país, o tipo de edifício, o método usado e o tipo de ponderações usadas como se pode observar na Figura 21.

Method: Detailed		Valor SRI	99,36204147
País: Portugal			
Tipo edifício: Non_Residential			
Tipo ponderação: Default			
Zona: South_Europe			
Building EPC:			
Q_Heat	45,3		
Q_DHW	10,2		
Q_Cooling	4,1		
Q_Ventilation	23,8		
Q_lighting	2,0		
Q_Renewable	14,8		

Critérios Base	Energy Savings and Operation	Respond to User Needs	Energy Demand Flexibility
Pontuação	100	100	98,08612440

Critérios de Impacto	Energy Savings	Maintenance & Fault Prediction	Comfort	Convenience	Health & Well-Being	Information to Occupant	Energy Dem and Flexibility
Pontuação	100	100	100	100	100	100	98,0861244

Heating	100	100	100	100	100	100	100
Domestic Hot Water	100	100	0	100	0	100	100
Cooling	100	100	100	100	100	100	100
Ventilation	100	100	100	100	100	100	0
Lighting	100	0	100	100	100	0	0
Electricity Generation	100	100	0	100	0	100	100
Dynamic Envelope	100	100	100	100	100	100	0
Electric Vehicles	0	0	0	100	0	100	100
Monitoring & Control	100	100	100	100	100	100	90

Figura 21 - Folha de apresentação ("Calculo").

Tendo em conta o anteriormente referido, estamos então em condições de começar a utilizar e testar a ferramenta, tanto para responder às questões de pesquisa como para os casos de estudo.

3.6 Interoperabilidade, Cibersegurança e Proteção de Dados

3.4.1 Interoperabilidade

O grau de interoperabilidade entre sistemas técnicos pode ser um fator de limitação no que diz respeito aos serviços e aos impactos que estes podem causar num edifício, isto é, não é possível executar uma função sem os dados necessários, dados esses que são provenientes de outros sistemas técnicos.

Sistemas com um elevado grau de interoperabilidade entre eles podem evitar a duplicação de equipamentos (por exemplo, detetores de movimento, um ecrã apenas para mostrar dados dos vários sistemas técnicos), podem otimizar o controlo e manutenção dos sistemas técnicos (interface que controle aquecimento e arrefecimento e que evite o funcionamento simultâneo dos mesmos) e o mais importante de todos, a interoperabilidade é essencial quando se fala em flexibilidade, sendo que esta envolve a interação dos sistemas técnicos com a rede energética. [41]

A abordagem considerada para avaliar a interoperabilidade no SRI está descrita no ANEXO I.

3.4.2 Cibersegurança

Em relação à cibersegurança um dos maiores riscos é o acesso indevido aos dados que um serviço ou sistema técnico partilha através do uso da internet e o acesso indevido às bases de dados de sistemas online ou de terceiros.

Este risco de acessos indevidos a estes dados é impossível de se eliminar, pois, está intrinsecamente associado ao uso destes serviços. No entanto o SRI deve ser responsável por alertar o utilizador para estes riscos e se possível apresentar recomendações para os minimizar.

Neste momento existe um projeto em curso com o intuito de desenvolver uma etiqueta relativa à cibersegurança e que nos dá a indicação se um dispositivo ou serviço é mais seguro em relação aos que não têm essa etiqueta. No entanto este projeto ainda se encontra numa fase inicial e ainda não tem definidos os produtos e serviços a que irá ser aplicado. [43][44]

Não existindo nenhum tipo de certificação madura não é viável avaliar a cibersegurança no âmbito do SRI, pelo que foi definido que na primeira versão do SRI apenas se irá alertar para os riscos inerentes ao uso destas tecnologias, mas que nas próximas versões se vai incluir uma avaliação da cibersegurança de acordo com o *EU Cybersecurity Certification Act*. [45]

3.4.3 Proteção de Dados

No que diz respeito à proteção de dados aquando do processo de avaliação do SRI de um edifício, este tem de respeitar as normas do regulamento de proteção de dados e, como tal, tem de pedir permissão aos utilizadores para poder ter acesso aos dados que sejam necessários nesta avaliação. [46]

Quanto aos dados adquiridos pelos serviços avaliados pelo SRI, apesar de serem dados aparentemente irrelevantes podem tornar-se numa ferramenta para obter informações no que diz respeito a rotinas de um edifício, regimes de trabalho, etc. Então estes serviços também devem respeitar o regulamento de proteção de dados, mas neste caso a responsabilidade por tal é atribuída ao operador de sistema que processa e armazena esses mesmo dados.

Tendo isto em conta e sabendo que os dados são armazenados em servidores e posteriormente tratados por software não é viável para um assessor que faça uma avaliação SRI compreender e garantir a proteção de dados. Assim sendo, aquando da realização da avaliação do edifício é assumido que todos os serviços presentes no edifício respeitam o regulamento de proteção de dados e como tal não é efetuada nenhuma verificação a esse respeito.

3.7 Possíveis Ligações a Outros Projetos

De forma a facilitar a implementação do SRI, este pode ligar-se a outros projetos ou iniciativas sendo que estas iniciativas podem ser da UE ou dos Estado-Membros ou de outras organizações privadas.

Para avaliar as possíveis interações entre o SRI e outras iniciativas, o consórcio que estuda o SRI, fez uma análise e concluiu que os projetos que apresentam um maior potencial de obtenção de benefícios, são os projetos que apresentam uma maior cobertura (*Energy Performance Certificate (EPC)*, as medidas do Artigo 8 da EPBD, as medidas do Artigo 14 e 15 da EPBD, *“Installer” - Energy label for heating and hot water systems*, e *smart metering roll out initiatives*). [41]

Estes projetos têm um menor risco de conflito de interesses com o SRI, pois a maioria destes operam conforme a EPBD, assim têm potencial para partilhar plataformas operacionais e administrativas. Aquelas que envolvem visitas ao local têm ainda potencial para apoiar e complementar o lado operacional do cálculo do SRI.

3.8 Críticas ao SRI

No decorrer da análise da literatura existente sobre o SRI, existiram algumas conclusões que se achou que devem ser analisadas e discutidas. Como tal, foram escolhidas as seguintes literaturas para análise:

1. *Testing of Pilot Buildings by the SRI Method - Horák and Kabele – 2019* [43]

Neste estudo foi realizada uma avaliação SRI a quatro edifícios localizados na República Checa, três residenciais e um não-residencial. Da avaliação destes edifícios foi concluído que a caracterização de alguns critérios de impacto, nomeadamente o “Saúde e bem-estar”, era insuficiente pois facilmente se atingiam os 100% devido ao número reduzido de serviços que tinham influência neste critério de impacto.

É ainda referido nesta avaliação que é difícil atingir os 100% na pontuação total do SRI, pois para isso os edifícios teriam de ter sistemas “inteligentes” muito sofisticados que podem ser caros e que, em alguns casos, não são de fácil utilização para um utilizador comum.

Quanto ao facto de a caracterização do critério de impacto “Saúde e bem-estar” ser insuficiente por ser fácil de se atingir os 100%, neste momento este critério de impacto já é considerado em mais serviços. Em alguns destes serviços, é inclusive necessário implementar o maior nível de funcionalidade, aumentando assim a dificuldade de se atingir a pontuação máxima deste critério de impacto.

Por último, é referido que “é difícil atingir os 100% na pontuação total do SRI” o que na minha opinião faz todo o sentido, isto porque, se fosse fácil atingir os 100% o SRI iria perder o seu valor de diferenciação. E estando ainda as classificações divididas por classes (A, B, C, D, E, F, G), um edifício com mais de 86% (Figura 11 do subcapítulo “3.3 Metodologia de Cálculo”) é considerado um edifício de classe A, ou seja, já é dos edifícios considerados mais aptos para usar tecnologias “inteligentes”. No entanto para ser considerado o mais apto, o melhor (atingir os 100%), terá de investir nas tecnologias mais recentes, que, por sua vez, costumam ser as mais caras e mais complexas.

2. *Assessment of Building Intelligence Requirements for Real Time Performance Testing in Smart Buildings – Markoska – 2019* [44]

Nesta literatura é referido que a avaliação de soluções de “inteligência” nos edifícios geralmente requerer extensas análises manuais, pelo que é proposto um algoritmo para automatizar o processo para o cálculo do SRI, baseado nas descrições em modelos de meta dados numa estrutura de Teste de Desempenho (PTing). Como estudo de caso, eles analisaram um edifício “inteligente” de um complexo universitário em Odense, Dinamarca, e realizaram uma análise de sensibilidade para avaliar o impacto do número de serviços e sistemas de ponderação propostos pela metodologia do SRI. Deste estudo foi concluído que é possível realizar a avaliação do SRI de forma automatizada caso sejam cumpridos três requisitos:

1. Edifício necessita de ter um modelo de meta dados;
2. Uma HAL (*Hardware Abstraction Layer*) que contenha os dados operacionais do edifício;
3. O edifício ter uma pontuação SRI de pelo menos 23%.

Na minha opinião automatizar o cálculo do SRI é uma boa proposta pois permite uma enorme redução de custos da realização da avaliação. No entanto, atendendo aos requisitos necessários, ainda não estamos em condições para seguir este processo. O uso de HAL, onde se encontrem os dados operacionais do edifício, ainda não é muito usado, a maioria dos edifícios ainda não tem um modelo de meta dados e por fim, o facto de ser necessária uma pontuação SRI de, pelo menos 23% deixa de lado grande parte dos edifícios residenciais. No entanto serve para a maioria dos edifícios não residenciais como se pode observar na Figura A. 16 do ANEXO J.

3. *Applicability of the Smart Readiness Indicator for Cold Climate Countries - Eerika Janhunen – 2019* [45]

Este estudo decidiu explorar a aplicabilidade do SRI a países de clima frio no norte da Europa. Para isso, analisaram dois edifícios de educação de diferentes períodos de construção e um edifício de escritórios em Helsínquia, Finlândia. Este estudo mostrou que a estrutura do SRI não foi capaz de reconhecer os recursos específicos das práticas de construção de um clima frio, nomeadamente no que diz respeito a sistemas avançados de *District Heating*. Por exemplo, a estrutura abrangeu o *District Heating* como um método de fornecimento de aquecimento, mas não reconheceu a sua natureza como um sistema de integração na rede de energia, altamente otimizado e que apresenta uma enorme capacidade de armazenamento de energia térmica. Além disso, este estudo mostrou que a metodologia SRI ainda permite muitas escolhas subjetivas, o que aumenta o risco de "manipular" as pontuações para obter resultados mais favoráveis.

Para mitigar esse risco, foi proposto e testado duas variantes alternativas da metodologia:

- A. Avaliar apenas serviços relevantes. Se o edifício não tiver um serviço específico, excluir da avaliação. (Método de Triagem Original SRI)
- B. Excluir apenas serviços sobrepostos. Quando houver mais de um serviço listado para a mesma função, avalie apenas o(s) serviço(s) relevante(s) para o edifício. (1ª Proposta)
- C. Avaliar todos os serviços. Se um serviço não for implementado no edifício, o seu nível de funcionalidade será 0.

Após a realização de testes nestas propostas, foi verificado que o atual sistema de triagem resulta numa classificação específica para um edifício onde esta só pode ser comparada com edifícios que tenham implementado as mesmas *Smart Ready Technologies* (SRT) ou similares, dando assim origem à questão "O que é um nível suficiente de "inteligência", quando não é indicado um patamar/ valor de referência?".

Nesta literatura no método de triagem B, exclui-se os serviços sobrepostos, ou seja, quando existir mais que um serviço para a mesma função, apenas avaliamos o serviço relevante para o edifício. Assim, neste método existe um compromisso entre a relevância do serviço para o edifício e a comparabilidade do edifício com os restantes da UE.

Com este compromisso foi possível verificar que o método de triagem B produz valores de SRI que parecem ser mais consistentes com os atuais valores do SCE, enquanto o método de triagem A (original) produziu, para todos os casos de estudo, resultados de SRI que se enquadram na classe D. Isto levantou a questão "Será que o atual método de triagem suporta os objetivos nacionais do SCE, como foi inicialmente destacado na EPBD?".

Os autores deste estudo reforçam ainda a sua posição na alteração do método de triagem, dizendo que é importante que se diferencie um serviço que não é aplicado devido à existência de uma SRT paralela que realiza a mesma função e um serviço que não foi implementado devido à limitação dos recursos.

Tendo em conta tudo o que foi dito anteriormente, vale a pena realçar alguns pontos:

- 3.1 *District Heating* – No que diz respeito a esta tecnologia, de facto o SRI não tem em conta o seu potencial de armazenamento de energia. No entanto de acordo com o método de triagem original se o armazenamento de energia não for relevante não é avaliado logo não prejudica o valor do SRI. Quanto à questão de o SRI não reconhecer o *District Heating* como um sistema de integração na rede de energia, altamente otimizado, este reconhecimento na minha opinião não deve ser feito em cada edifício que utiliza o *District Heating*, mas sim no edifício em que é produzido o *District Heating*. E esse reconhecimento pode ser feito através dos seguintes serviços presentes no SRI: “*Heating-2 -> Heat generator control (all except heat pumps)*”, “*Heating-1f -> Thermal Energy Storage (TES) for building heating (excluding TABS)*” e pelo serviço “*Heating-4 -> Flexibility and grid interaction*”. No entanto deve ser garantido que um edifício que use *District Heating* não seja prejudicado por isso.
- 3.2 Nível suficiente de “inteligência” – O facto de não ser possível comparar resultados diretamente de um edifício para outro faz levantar esta questão de qual será um bom valor de SRI. À partida é difícil de responder a esta questão, mas se pensarmos um pouco no problema podemos dizer que um bom valor de SRI é aquele que se apresenta acima da média dos valores de SRI obtidos. Vamos a um exemplo, a Figura A. 16 do ANEXO J apresenta valores do método B (detalhado) para edifícios residenciais de 15% a 40% o que de acordo com a Figura 11 do subcapítulo “3.3 Metodologia de Cálculo” seria classe F ou E. Uma boa maneira de definir um bom nível de SRI seria exigir a classe superior seguinte, ou seja, um edifício residencial avaliado pelo método B teria de obter pelo menos a classe D (>44%).
- 3.3 Serviço não implementado por sobreposição versus Serviço não implementado por limitação de recursos - Neste caso estamos a falar duma situação em que dispensamos um serviço porque este se sobrepõe a outro, *versus*, uma situação em que é, ou pode ser alegado que um serviço não é relevante para o edifício e assim conseguir poupar recursos sem ser prejudicado no valor do SRI. No meu ponto de vista, um serviço não deve ser avaliado ou fazer parte da avaliação se este não for relevante para o edifício ou se o edifício não tiver capacidade de o realizar. Isto porque, por exemplo, se eu tiver um apartamento sem estacionamento, não acho que deva ser prejudicado por não ter um serviço que esteja relacionado com o carregamento de veículos elétricos, quando não tenho condições para poder ter esse serviço.
- 3.4 Método atual de avaliação do SRI suporta os objetivos do SCE – Esta questão está relacionada com o facto de a avaliação SRI estar ou não de acordo com os objetivos do Certificado Energético, uma vez que ambos se encontram ao abrigo da EPBD. Esta questão será analisada nos estudos de caso que iremos realizar e como tal será mais aprofundada.

4. *Supporting the Smart Readiness Indicator - A Methodology to Integrate A Quantitative Assessment of the Load Shifting Potential of Smart Buildings - Thomas Märzinger and Doris Österreicher – 2019* [35]

Este estudo refere que a avaliação do SRI se apoia fortemente em pareceres subjetivos dos peritos qualificados, que a mesma necessita de ser realizada dentro de um edifício que esteja operacional e que esta não pode ser aplicada ao projeto do edifício, realçando que a avaliação pode ser demorada.

É então proposta uma metodologia simples de avaliação do SRI baseada numa abordagem quantitativa. O objetivo da metodologia proposta é fornecer uma abordagem numérica baseada num modelo, que permita a categorização dos edifícios com base na sua capacidade de armazenamento de energia, potencial de deslocamento de carga e da sua interação com a rede. Esta metodologia faz uso dos dados que atualmente já são necessários para o SCE e também necessita de mais alguns dados adicionais (tipo de armazenamento, atividade do armazenamento). Assim, esta metodologia pode ser aplicada durante a fase de desenvolvimento do edifício ou quando o edifício já se encontra em funcionamento.

Uma das vantagens desta abordagem é que ficamos a conhecer o potencial de um edifício para interagir com um tipo de rede. No entanto também existem desvantagens tais como o facto de a metodologia não considerar armazenamentos temporários (por exemplo, veículos elétricos).

Esta proposta na minha opinião pode ser vantajosa, sendo que nos dá a indicação da flexibilidade que um edifício pode ter com uma dada rede. O que pode ser um bom complemento para o SRI, pois este apenas tem uma avaliação qualitativa. No entanto, a inclusão dos armazenamentos temporários neste indicador deveria ser obrigatória.

5. *Analysis of the Building Smart Readiness Indicator Calculation: A Comparative Case-Study with Two Panels of Experts - Ilaria Vigna, Roberta Perneti, Giovanni Pernigotto and Andrea Gasparella – 2020* [46]

Este estudo teve como objetivo examinar a aplicabilidade da metodologia de cálculo do SRI, focando-se em todo o processo de avaliação, ou seja, desde a recolha da informação técnica, ao processo de triagem, à escolha dos níveis de funcionalidade e por fim o resultado do SRI.

Durante este processo foram detetados alguns problemas sendo eles os seguintes:

- Recolha de toda a documentação técnica, uma vez que não existia apenas uma pessoa de referência a quem recorrer para recolher toda a informação;
- A fonte de recolha de informação e a sua interpretação afetam significativamente a avaliação;
- A forma como se devia tratar os serviços que tinham diferentes níveis de funcionalidade em diferentes partes do edifício, ou quando estes se encontravam instalados, mas não eram usados.
- A metodologia apenas permite a comparação entre edifícios que tenham SRT similares e com os mesmos domínios.

Através deste estudo, foi demonstrado que a fonte de recolha dos dados tem um grande impacto na avaliação, pelo que foi proposto que se definisse uma hierarquia de fontes para fazer a recolha dos dados. A existência desta hierarquia é de facto uma proposta que deveria ser implementada pois se começamos a realizar uma avaliação com informações que não estão de acordo com a realidade vamos tomar decisões também elas desenquadradas e como tal chegaremos a um valor de SRI que não corresponde à realidade do edifício.

No que diz respeito à interpretação da informação por parte do assessor, foi proposto que se deixasse claro como deve ser feita a tradução de cada tecnologia instalada para o nível de funcionalidade correspondente. A criação de linhas de orientação com a definição dos níveis de funcionalidade para as tecnologias mais aplicadas seria uma vantagem para reduzir os erros na interpretação e assim atingir uma avaliação mais fiável. É essencial para o SRI que a avaliação seja credível, caso contrário não terá a adesão esperada nem será visto como uma mais valia. Então, é de esperar que estas linhas de orientação sejam criadas e que minimizem o risco de existir a possibilidade de os assessores tomarem decisões subjetivas.

No que diz respeito aos vários níveis de funcionalidade e consideração do serviço relevante, foi pedido que se clarificasse o processo e dado sugestões para que fosse usada a área do edifício, a energia usada naquela parte do edifício ou ainda o número de pessoas presentes naquela área do edifício. Quanto a este campo, como já referido anteriormente, o SRI inclui a possibilidade de seleccionar vários níveis de funcionalidade sendo que a percentagem de cada nível de funcionalidade é definida através da razão entre a área do edifício em que é aplicado esse nível de funcionalidade e a área total do edifício; no entanto, deixa a possibilidade de implementação de outra métricas.

Durante este estudo foi também observado que as pontuações dos critérios de impacto eram mais interessantes do que a pontuação total do SRI, pois permitiam perceber melhor como estava distribuída a “inteligência” do edifício e onde se deveria melhorar. Esta observação é das mais importantes; atualmente o valor final de SRI por si só não é suficientemente explicativo, de tal modo que na comunicação do SRI ao utilizador se ponderou a introdução de uma tabela como a da Figura A. 13 do ANEXO H. Esta tabela contém as pontuações dos critérios de impacto e dos domínios, mostrando ao utilizador onde o edifício dele é mais “inteligente” e onde não o é, melhorando assim a sua tomada de decisão de investimento.

Ainda relativo aos resultados, foi proposto a associação de um parâmetro mensurável para cada critério de impacto, permitindo assim a monitorização e comparação do desempenho dos edifícios. Alguns exemplos para “conforto” e “saúde e bem-estar” poderiam ser “o número de horas de desconforto” e “a concentração de CO₂”, para o caso da “Flexibilidade energética” poderíamos ter um indicador com a “quantidade de energia que o edifício poderia disponibilizar à rede”. A associação de parâmetros ou avaliações quantitativas é sem dúvida uma ótima proposta. No entanto, (na minha opinião) deve apenas servir para complementar e adicionar credibilidade para o SRI. Isto porque um edifício “inteligente” não deve ser caracterizado pela quantidade de energia que consegue disponibilizar à rede, ou se apresenta um melhor valor de concentração de CO₂ que outro, mas sim pela capacidade de realizar essas operações.

3.9 Análise e Resposta às Questões de Pesquisa

De forma a conseguir responder às questões de pesquisa apresentadas no subcapítulo dos Objetivos, foi utilizada a ferramenta de cálculo criada e apresentada no subcapítulo “3.5 Ferramenta de Cálculo”.

3.9.1 Até que ponto um SRI elevado significa elevada flexibilidade?

Para se conseguir responder a esta questão vamos usar a ferramenta criada e simular um cenário realista que ilustre bem um edifício com um elevado SRI e verificar se este efetivamente apresenta ou não elevada flexibilidade.

O cenário criado (primeiro cenário) encontra-se descrito no ANEXO K e após a sua simulação na ferramenta foram obtidos os valores da Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados da Simulação do Primeiro Cenário.

Energy Savings	87,27	Energy Savings and Operation	88,96	SRI Value	66,00
Maintenance & Fault Protection	90,65				
Comfort	96,85	Response to User Needs	87,75		
Convenience	75,31				
Health & Well-Being	95,83				
Information to Occupant	82,99	Energy Demand Flexibility	21,30		
Energy Demand Flexibility	21,30				

Através dos valores obtidos é possível observar que temos um valor final de SRI de 66%, ora 66% se considerarmos a Figura 11, do subcapítulo “3.3 Metodologia de Cálculo”, não chega a ser classe A logo não estamos a falar de um valor de SRI assim tão elevado. No entanto, o SRI é composto à custa de três subvalores e neste caso podemos observar que dois deles se aproximam bastante dos 90% e o terceiro, que corresponde à flexibilidade, apenas apresenta um valor de 21,3%. Isto quer dizer que neste cenário, para se poder aumentar o valor do SRI de forma a atingir a Classe A da Figura 11 do subcapítulo “3.3 Metodologia de Cálculo”, teríamos de aumentar a flexibilidade do edifício.

Podemos também verificar a questão de outra forma, sabendo que o SRI é composto pela soma ponderada (ponderação de $\frac{1}{3}$) de cada um dos três subvalores, hipoteticamente poderíamos ter o seguinte cenário:

- “Energy Savings and Operation” = 100%
- “Response to User Needs” = 100%
- “Energy Demand Flexibility” = 0%

Assim com este cenário, o valor final do SRI seria de 66,66% e a única hipótese de subir este valor seria à custa do aumento de flexibilidade. Neste caso estaríamos numa Classe C. Olhando para este exemplo pode surgir a análise de que se a Flexibilidade fosse 19%, já estaríamos numa situação de Classe B. Em termos matemáticos estas observações estão corretas, todavia, é pouco credível que se possa ter classificações muito elevadas nas outras características e uma flexibilidade tão baixa. Um cenário plausível seria a consideração de (90/90/40) onde neste caso teríamos um edifício no limiar da Classe B (SRI = 73,33%), no entanto a sua flexibilidade é apenas mediana.

Isto quer dizer que se queremos um SRI de Classe A, vamos ter de ter também os três subvalores do SRI elevados. Para comprovar isso vamos utilizar o cenário anterior (primeiro cenário) e fazer algumas melhorias, estas melhorias estão também descritas no ANEXO K.

Através da simulação deste segundo cenário foram obtidos os valores da Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados da Simulação do Segundo Cenário.

Energy Savings	96,48	Energy Savings and Operation	91,23	SRI Value	90,34	
Maintenance & Fault Protection	85,97		Response to User Needs			91,31
Comfort	92,13					
Convenience	90,12					
Health & Well-Being	100					
Information to Occupant	82,99					
Energy Demand Flexibility	88,48					

Como podemos verificar ao fazer algumas alterações que nos proporcionem flexibilidade, conseguimos passar de um edifício de SRI=66% para um edifício com um SRI=90,34% (Classe A), onde a flexibilidade do mesmo passou de 21,3% para 88,48%.

Assim, podemos concluir que se tivermos um edifício que seja classe A (de acordo com a Figura 11 do subcapítulo “3.3 Metodologia de Cálculo”), este edifício não é apenas um edifício com elevada aptidão para utilizar as tecnologias “inteligentes” como também é um edifício que apresenta uma elevada flexibilidade. De realçar que isto apenas é uma afirmação válida para SRI’s de Classe A, pois como vimos anteriormente pode ser possível atingir uma Classe B com flexibilidade mediana.

3.9.2 Até que ponto pode o SRI ser usado como indicador NZEB?

Neste caso pretendemos saber se um edifício que apresente um elevado valor de SRI significa que esse edifício seja NZEB. Para isso vamos fazer uma avaliação SRI a um hipotético edifício NZEB e tentar perceber se isto efetivamente acontece.

Como foi referido anteriormente na Secção “2.2 Definições do Conceito NZEB”, um edifício NZEB é um edifício onde as suas necessidades de energia são pequenas ou nulas e onde essas necessidades de energia são cobertas na maioria por energia renovável local. No caso de Portugal um NZEB ainda tem de cumprir mais alguns requisitos, tais como: [24]

- O valor das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) deve ser inferior ou igual a 75% do seu valor máximo (N_i);
- O valor das necessidades energéticas nominais de energia primária (N_{tc}) deve ser inferior ou igual a 50% do seu valor máximo (N_t). O que equivale, no mínimo, a Classe A no SCE (Despacho nº 15793-J/2013);
- Os sistemas para aproveitamento de fontes de energia renovável devem suprir pelo menos 50% das necessidades anuais de energia primária.

Tendo isto em conta e sabendo que o SRI é um indicador que advém de escolhas qualitativas, podemos desde já perceber que não será possível garantir que um edifício com elevado SRI seja de facto um edifício NZEB. Basta pensar no caso da geração de energia renovável no local. Um edifício com elevado SRI pode ter os sistemas mais sofisticados e obter a pontuação máxima no que diz respeito a este domínio e, no entanto, não conseguir perfazer os 50% das necessidades anuais de energia do edifício em energia renovável. Agora pensemos de maneira diferente, se tivermos um edifício novo, em que este já tem de ser NZEB obrigatoriamente, será que isso se vai refletir no SRI? Ou seja, se fizermos uma avaliação SRI a um edifício novo (NZEB) iremos obter um SRI elevado?

Para perceber se isto acontece foi criado um terceiro cenário de um possível edifício NZEB, que se encontra descrito no ANEXO L. Este cenário foi simulado e foram obtidos os valores da Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados da Simulação do Terceiro Cenário.

Energy Savings	53,76	Energy Savings and Operation	36,38	SRI Value	23,49
Maintenance & Fault Protection	19,00				
Comfort	37,37	Response to User Needs	23,28		
Convenience	19,18				
Health & Well-Being	9,52				
Information to Occupant	27,04				
Energy Demand Flexibility	10,79	Energy Demand Flexibility	10,79		

Através da análise dos valores da nossa simulação é possível observar que este cenário de um possível edifício NZEB não implica um elevado SRI. O que vem de acordo com uma das várias conclusões do estudo *“Applicability of the Smart Readiness Indicator for Cold Climate Countries”* de *“Eerika Janhunen”* realizado em 2019, onde é referido que: [45]

“The current EPC classes varied from A to E with the assessed case buildings. Nevertheless, the smart readiness score for all case buildings was D according to the SRI ranking scale after triage”

Também no 1º estudo técnico do SRI foi realizada uma avaliação a um prédio de escritórios na Bélgica, onde este tinha um desempenho energético melhor que o necessário para ser NZEB, e o resultado do SRI foi de 77%. [38]

Assim, podemos dizer que apesar de um edifício ser NZEB nada garante que este tenha um elevado SRI. Quanto ao facto de se considerar o contrário, isto é, um edifício com elevado SRI poder ser considerado NZEB, esta afirmação pode não ser correta pois o SRI é apenas um indicador que advém de escolhas qualitativas e como vimos anteriormente não é capaz de garantir as condições quantitativas necessárias para que um edifício seja considerado NZEB.

3.9.3 Análise da influência da existência ou ausência de um domínio numa avaliação SRI.

Nesta simulação temos dois hipotéticos edifícios: o primeiro com todos os domínios obrigatórios e com um domínio não obrigatório, sendo que esse domínio tem uma boa pontuação; o segundo edifício tem os mesmos domínios obrigatórios com a mesma pontuação que o primeiro edifício. No entanto, no segundo edifício foram considerados todos os restantes domínios que não são obrigatórios, sendo que estes apenas apresentam uma pontuação mediana. Para perceber melhor a situação foi elaborada a Tabela 5 com os domínios considerados em cada edifício.

Tabela 5 - Comparação dos domínios presentes em cada simulação.

Domains	Building 1	Building 2	Mandatory?
Heating	YES	YES	NO
Domestic Hot Water	YES	YES	YES
Cooling	NO	YES	NO
Ventilation	NO	YES	NO
Lighting	YES	YES	YES
Electricity Generation	YES	YES	YES
Dynamic Envelope	YES	YES	YES
Electric Vehicles	NO	YES	NO
Monitoring & Control	YES	YES	YES

O objetivo desta simulação é perceber até que ponto a existência de um domínio, ou a não existência, afetam a avaliação do SRI de um edifício e, como referido anteriormente, nesta simulação foram considerados dois edifícios em que os domínios presentes nos mesmos estão definidos na Tabela 5.

Ambos os edifícios têm os domínios que se consideram obrigatórios iguais. No entanto o primeiro edifício tem apenas um domínio não obrigatório (*Heating*) e esse domínio tem uma boa pontuação, enquanto o segundo edifício tem todos os domínios não obrigatórios com uma pontuação mediana.

Após a simulação da avaliação destes dois edifícios, foram obtidos os valores da Tabela 6. Nessa tabela podemos observar que o primeiro edifício (coluna a verde) obtém valores superiores em todos os critérios EPBD e em todos os critérios de impacto, exceto o "*Health & Well-Being*" e "*Information to Occupant*". No entanto este edifício apenas considera os domínios obrigatórios e um outro com boa pontuação, enquanto o segundo edifício (coluna a amarelo) tem em consideração todos os domínios, quer eles sejam obrigatórios ou não.

Tabela 6 - Resultados dos critérios EPBD e dos critérios de impacto das simulações efetuadas aos dois edifícios.

Case	Building 1 (Mandatory)	Building 2 (All Domains)
SRI Value	30,78	22,52
Energy Savings and Operation	47,39	26,81
Respond to User Needs	25,06	21,99
Energy Demand Flexibility	19,89	18,76
Energy Savings	69,66	40,27
Maintenance & Fault Prediction	25,12	13,35
Comfort	48,28	30,61
Convenience	22,39	21,84
Health & Well-Being	13,33	15,38
Information to Occupant	16,26	20,13
Energy Demand Flexibility	19,89	18,76

Se não se tivesse feito esta simulação e nos fosse questionado qual seria o edifício com melhor SRI, provavelmente a nossa resposta seria o segundo edifício que considera todos os domínios, ou seja, que fornece mais serviços aos utilizadores. No entanto, isso não acontece e vamos tentar perceber porquê. Para isso vamos analisar a Tabela 7 e ver o que acontece às ponderações dos domínios.

Na Tabela 7 podemos observar que em todos os domínios comuns aos dois edifícios, a ponderação do primeiro edifício (linhas verdes) é sempre maior, isto acontece porque a ponderação dos domínios ausentes desse edifício é dividida pelos restantes domínios presentes sendo que esta divisão é feita de forma a que se mantenha a relação existente entre cada domínio.

Assim, sabendo que a pontuação do domínio do aquecimento no primeiro edifício é boa e que as pontuações dos domínios não obrigatórios do segundo edifício são apenas medianas, ver Tabela 8, podemos perceber que apesar dos domínios obrigatórios nos dois edifícios serem iguais, ou seja, obterem a mesma pontuação, no primeiro edifício esses mesmos domínios têm uma ponderação maior. Isto quer dizer que se os domínios não obrigatórios do segundo edifício não obtiverem uma boa pontuação, muito dificilmente esse edifício conseguirá obter um valor final de SRI maior que o primeiro edifício. O que significa que um edifício que fornece menos serviços de energia ao utilizador, ao realizar uma avaliação SRI pode obter melhores valores que um outro edifício que fornece todos os serviços de energia considerados na avaliação. Tudo dependerá da pontuação que o edifício com mais serviços tiver nesses serviços extra. Se a pontuação for fraca então arrisca-se a ter pior SRI; se for elevada poderá ter SRI superior ao SRI do edifício com menos serviços. Ou seja, é necessário cuidado ao fazer comparações entre SRI's de diferentes edifícios pois se estes não tiverem os mesmos domínios muito dificilmente são comparáveis.

Apesar desta dificuldade de comparação de edifícios, este indicador é interessante e pode ser útil porque nos avalia a capacidade de um edifício interagir, quer com a rede quer entre sistemas técnicos, avaliando ainda a capacidade do edifício responder às necessidades dos utilizadores e de manter o seu desempenho energético. No entanto, esta possibilidade de “manipular” o SRI deve ser tida em conta pois esta pode pôr em causa a confiança dos utilizadores no indicador, pelo que a ausência de domínios deve ser bem evidenciada aquando da certificação de um edifício.

Tabela 7 - Ponderações dos domínios para os edifícios simulados.

Domains Weighings	Energy Savings	Maintenance & Fault Prediction	Comfort	Convenience	Health & Well-Being	Information to Occupant	Energy Demand Flexibility
Heating	31,67%	32,84%	16,00%	10,00%	16,00%	11,43%	37,62%
Heating	37,73%	39,41%	23,53%	14,29%	23,53%	17,39%	43,33%
Domestic Hot Water	9,98%	10,35%	-	10,00%	-	11,43%	11,86%
Domestic Hot Water	11,89%	12,42%	-	14,29%	-	17,39%	13,66%
Cooling	6,88%	7,14%	16,00%	10,00%	16,00%	11,43%	8,18%
Cooling	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ventilation	9,20%	9,54%	16,00%	10,00%	16,00%	11,43%	-
Ventilation	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-
Lighting	2,68%	-	16,00%	10,00%	16,00%	-	-
Lighting	3,19%	-	23,53%	14,29%	23,53%	-	-
Electricity Generation	14,60%	15,14%	-	10,00%	-	11,43%	17,34%
Electricity Generation	17,39%	18,17%	-	14,29%	-	17,39%	19,97%
Dynamic Envelope	5,00%	5,00%	16,00%	10,00%	16,00%	11,43%	-
Dynamic Envelope	5,96%	6,00%	23,53%	14,29%	23,53%	17,39%	-
Electric Vehicles	-	-	-	10,00%	-	11,43%	5,00%
Electric Vehicles	-	-	-	0,00%	-	0,00%	0,00%
Monitoring & Control	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%
Monitoring & Control	23,83%	24,00%	29,41%	28,57%	29,41%	30,43%	23,03%

Tabela 8 - Pontuação dos domínios não obrigatórios para ambos os edifícios.

Domain Scores	Energy Savings	Maintenance & Fault Prediction	Comfort	Convenience	Health & Well-Being	Information to Occupant	Energy Demand Flexibility
Heating	58,33	25,00	62,50	50,00	66,67	33,33	16,67
Heating	100,00	50,00	87,50	75,00	66,67	66,67	33,33
Cooling	53,33	25,00	50,00	50,00	66,67	33,33	16,67
Cooling	-	-	-	-	-	-	-
Ventilation	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Ventilation	-	-	-	-	-	-	-
Electric Vehicles	-	-	-	66,67	-	100,00	100,00
Electric Vehicles	-	-	-	-	-	-	-

4. Caracterização do Objecto e Cenários Estudados dos Estudos de Casos

Neste capítulo é realizada uma caracterização do edifício usado nos estudos de casos e dos estudos de casos em si. No entanto a análise dos mesmos só será efetuada no capítulo 5.

O edifício usado para estudo de casos é o Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC), representado Figura 22, que faz parte da Universidade de Coimbra (UC) e está localizado no Pólo 2, na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (FCTUC). O DEEC foi ocupado em 1996 e é uma das unidades de ensino da FCTUC e pode ser dividido em 2 blocos: o primeiro com cinco torres (R, S, T, A e B) e 6 pisos onde se encontram salas de aula, salas de estudo, salas de lazer, laboratórios, bar e centro de cópias. O segundo bloco é constituído por três pisos que se encontram ao longo de todo o edifício, onde estão os gabinetes dos professores, serviços administrativos, salas de reuniões, etc. e tem agregadas mais três torres pequenas (1, 2 e 3) onde se encontram integrados três institutos de investigação, outros serviços e garagem.



Figura 22 - Vista aérea do DEEC.

Para se conseguir efetuar uma avaliação SRI ao DEEC e para simular alguns casos de teste é necessário caracterizar o edifício; assim consideramos a seguinte caracterização de DEEC:

- **Aquecimento**

Em termos de aquecimento o DEEC tem uma caldeira a gás em cada torre (R, S e T), em que estas têm um controlo de temperatura pré-definido pelo utilizador. A água aquecida pela caldeira é então distribuída por bombas de distribuição com controlo *ON/OFF*. No entanto a temperatura dessa água distribuída não é controlada de forma automática. Quanto à emissão de calor nas zonas abastecidas por estas caldeiras, esta não é controlada de forma automática, mas existe um controlador manual em cada zona. Este sistema não disponibiliza nenhuma informação centralmente ou remotamente e é operado de acordo com um horário pré-definido pelo utilizador. De momento, este sistema de aquecimento do DEEC encontra-se inoperacional devido à falta de manutenção.

Existem ainda bombas de calor para aquecimento dos anfiteatros (torre A) e da biblioteca (pisos 5 e 6 da torre B) e ainda bombas de calor *mono-split* e *multi-split* em algumas divisões do edifício nomeadamente em alguns dos gabinetes dos professores. Em termos de emissões de calor nas divisões, os sistemas dos anfiteatros e da biblioteca não têm um controlo automático enquanto os sistemas dos gabinetes têm um controlo individual por divisão. No que diz respeito ao controlo da geração de calor, falamos de um controlo variável que depende da carga e das necessidades de aquecimento; esse controlo é aplicado por um inversor de frequência. Estes sistemas não disponibilizam nenhuma informação centralmente ou remotamente e têm a possibilidade de serem operados de acordo com um horário pré-definido pelo utilizador.

Existem ainda alguns aquecedores elétricos em algumas divisões, sendo que nestes não é possível controlar a sua emissão de calor de forma automática. Estes aquecedores também não disponibilizam nenhuma informação centralmente ou remotamente.

- **AQS**

No DEEC apenas os balneários têm AQS. No entanto, estes balneários muito raramente são usados (se forem usados é uma vez por ano, mas normalmente nem isso acontece) pelo que este AQS está sempre desligado. Assim este domínio não será considerado na avaliação pois não se considera relevante.

- **Arrefecimento**

Quanto ao arrefecimento existem bombas de calor nos anfiteatros (torre A) e na biblioteca (pisos 5 e 6 da torre B) e em algumas divisões do edifício nomeadamente alguns dos gabinetes dos professores. Em termos de emissões de frio nas divisões, os sistemas dos anfiteatros e da biblioteca não têm um controlo automático enquanto os sistemas dos gabinetes têm um controlo individual por divisão. Estes sistemas garantem ainda que não existe arrefecimento e aquecimento ao mesmo tempo. No que diz respeito ao controlo da geração de frio, falamos de um controlo variável que depende da carga e das necessidades de arrefecimento; esse controlo é aplicado por um inversor de frequência. Estes sistemas não disponibilizam nenhuma informação centralmente ou remotamente e têm a possibilidade de serem operados de acordo com um horário pré-definido pelo utilizador.

- **Ventilação Mecânica**

Quanto à ventilação mecânica esta apenas existe nos anfiteatros (torre A) e na biblioteca (pisos 5 e 6 da torre B) através dos sistemas de climatização. Nestes sistemas o controlo do fluxo de ar que é entregue em cada sala é de controlo manual e o controlo do fluxo de ar ou da pressão do ar nas Unidades de Tratamento de Ar (UTA) não é automático. Nestas UTA também não existe controlo automático da temperatura do ar. A recuperação de calor apenas existe na biblioteca, no entanto não existe proteção contra sobreaquecimento. De referir também que estes sistemas não disponibilizam nenhuma informação relativa à qualidade do ar interior.

- **Iluminação**

Quanto ao controlo da iluminação de acordo com a ocupação dos espaços temos as salas da torre T e as casas de banho com detetores de presença; a iluminação dos corredores é controlada por relógio com um sinal de extinção e após o sinal de extinção a iluminação dos corredores passa a ser controlada por detetores de presença. As restantes salas e divisões apenas têm interruptores locais para fazer o controlo da iluminação.

Quanto ao controlo da iluminação de acordo com os níveis de luminosidade natural, temos os corredores que apresentam um comando central para ligar e desligar e existem salas de aula e outras divisões onde a iluminação é ligada de forma manual, através dos interruptores presentes na divisão. Por fim temos as salas da torre T em que existe um interruptor crepuscular que dá o sinal para ligar a iluminação destes espaços de acordo com o nível de luminosidade no exterior.

- **Eletricidade**

No DEEC existe produção de energia renovável através de painéis fotovoltaicos, sendo possível saber os valores atuais e histórico de produção. No entanto não existe otimização do consumo dessa energia gerada. A energia produzida pelos painéis pode ser armazenada em baterias, sendo possível saber o atual estado de carga das mesmas. O DEEC disponibiliza informações sobre o seu consumo total, mas não tem possibilidade de funcionar em *micro-grid*.

- **Dinâmica da envolvente**

O DEEC quanto ao sombreamento tem algumas cortinas que são controladas manualmente nas salas de aula e nalgumas janelas existem ainda palas de sombreamento. No que diz respeito ao funcionamento dos sistemas AVAC combinado com a abertura ou fecho de janelas, no DEEC isso não existe. No entanto, existem algumas salas da torre T em que os sistemas AVAC são desligados caso as portas da sala estejam abertas. Apesar de existir este controlo o edifício não informa o utilizador se essas portas estão abertas ou se existe alguma falha com este sistema.

- **Carregamento do Veículos Elétricos**

No DEEC existe apenas um carregador de veículos elétricos na garagem, no qual é possível saber o estado de carregamento do veículo, mas não é possível controlar o carregamento.

- **Monitorização e Controlo**

No que diz respeito à monitorização e controlo, os sistemas de AVAC apenas podem funcionar num determinado horário, não existe sistema de deteção de falhas nos sistemas técnicos, os detetores de movimento apenas estão ligados a funções individuais como é o caso da iluminação, não existe comunicação dos usos de energia por vetor energético de cada sistema técnico, não existe possibilidade de integração em *smart-grids*, não existe *demand side management (DSM)*, e como tal também não existe informação sobre DSM, e por fim, existe uma plataforma que permite o controlo manual de múltiplos sistemas técnicos.

Após a caracterização do edifício iniciou-se uma tentativa de avaliar o DEEC com a ferramenta anteriormente criada. No entanto, foram encontradas algumas dificuldades:

- O aquecimento do DEEC é realizado através de três tecnologias diferentes: caldeiras a gás, bombas de calor e aquecimento resistivo. Isto revelou-se um problema pois este aquecimento não é igualmente distribuído e por isso tem de ser ponderado. No entanto na metodologia presente os serviços *Heating-2a - Heat generator control (all except heat pumps)* e *Heating-2b - Heat generator control (for heat pumps)* têm a mesma ponderação para o domínio do aquecimento, num dado critério de impacto (Figura 23).

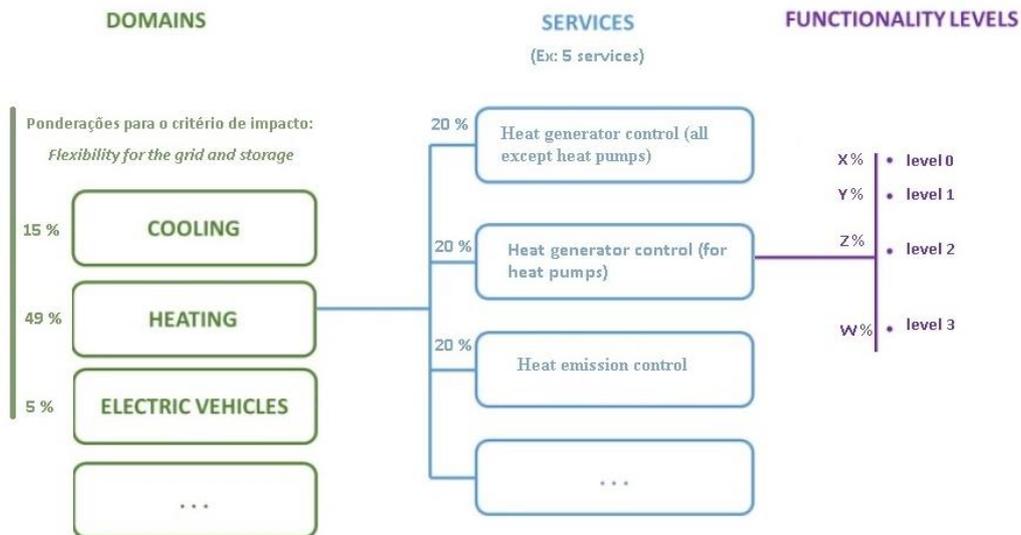


Figura 23 - Problema encontrado na presente metodologia de cálculo.

Assim, para resolver este problema foi decidido avaliar os serviços do domínio do aquecimento de forma individual para as tecnologias presentes. Ou seja, estamos a avaliar o aquecimento três vezes.

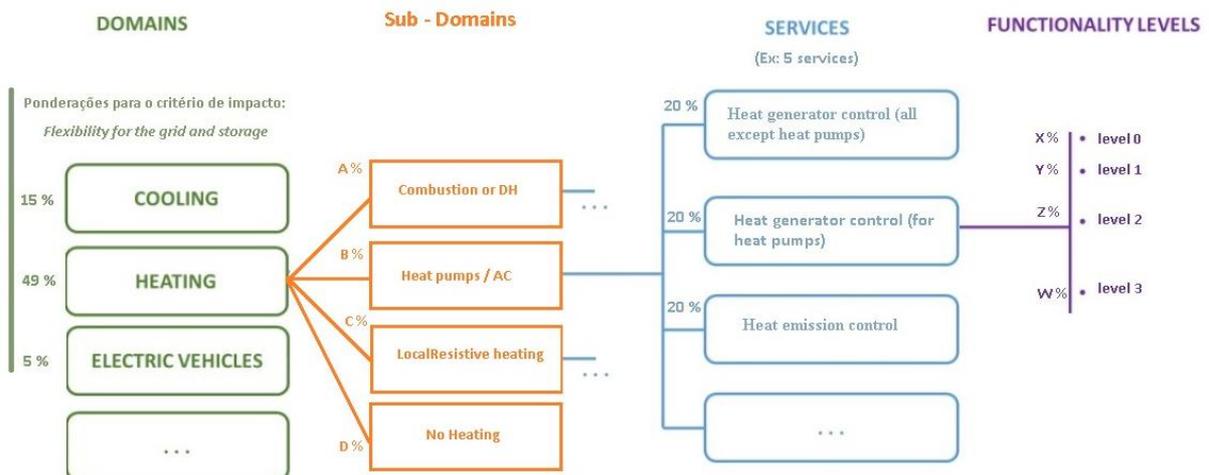


Figura 24 - Solução para ultrapassar o problema encontrado.

Estando então a ferramenta atualizada (alterações realizadas na ferramenta estão descritas no ANEXO M) e pronta a utilizar vamos então proceder à realização dos seguintes casos de estudo/teste.

4.1 Análise da influência do estado do aquecimento do DEEC no seu valor de SRI.

Nesta análise vamos considerar cinco situações do estado do aquecimento do DEEC. As distribuições do aquecimento nas situações que posteriormente se apresentam foram realizadas tendo em conta a utilização do espaço que se achou correta e não numa distribuição por área. Assim, foi considerado 45% para as torres R, S e T devido à existência de salas e laboratórios que são espaços de bastante permanência, foi atribuído 35% aos auditórios e biblioteca (que neste momento funciona como sala de estudo) pois os auditórios são os mais utilizados para aulas e como tal têm uma grande utilização, por fim foi atribuído 20% para os gabinetes e outros serviços visto que se considerou que os professores ou estariam a dar aulas ou nos gabinetes mas que essa taxa de utilização seria menor que as salas.

- **Situação Inicial** – Onde é considerado que o DEEC apenas tinha o aquecimento central a gás nas torres R, S e T e algum aquecimento resistivo, sendo que este está distribuído da seguinte forma (ver Figura 25):

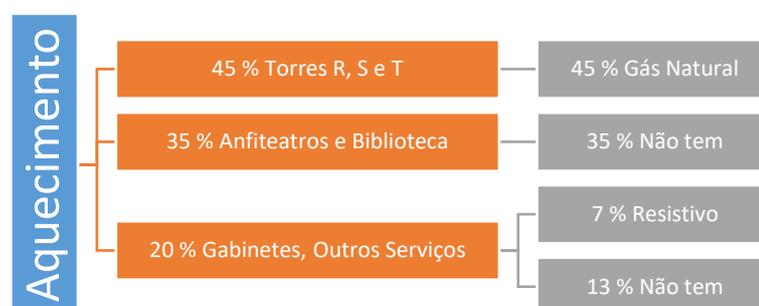


Figura 25 - Distribuição inicial do aquecimento do DEEC.

- **Situação Atual** – Atualmente o aquecimento central a gás das torres R, S e T está inoperacional, no entanto existe aquecimento em algumas partes do edifício, quer seja por bombas de calor nos anfiteatros e na biblioteca, quer seja por dispositivos locais como é o caso do aquecimento resistivo. O aquecimento nesta situação é distribuído de acordo com a ponderação da Figura 26.

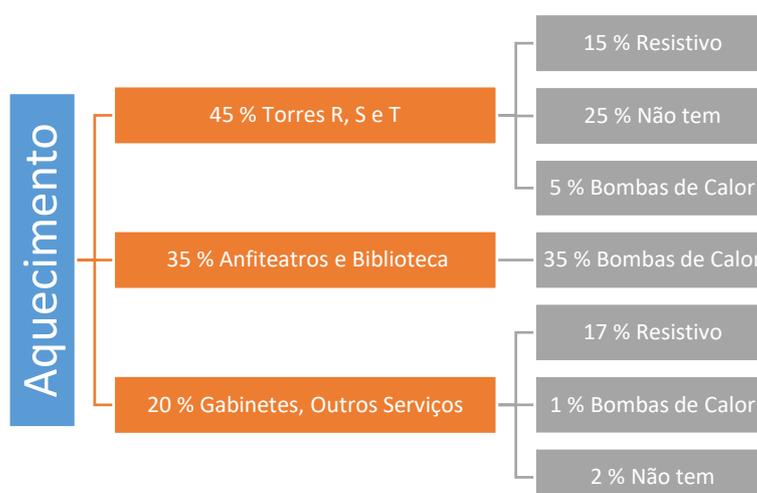


Figura 26 - Distribuição atual do aquecimento do DEEC.

- **Situação Futura 1** – Nesta situação futura é substituído o sistema central a gás natural das torres R, S e T por bombas de calor, mantendo o restante do edifício com as mesmas tecnologias. Assim a distribuição do aquecimento nesta situação será a seguinte (ver Figura 27):

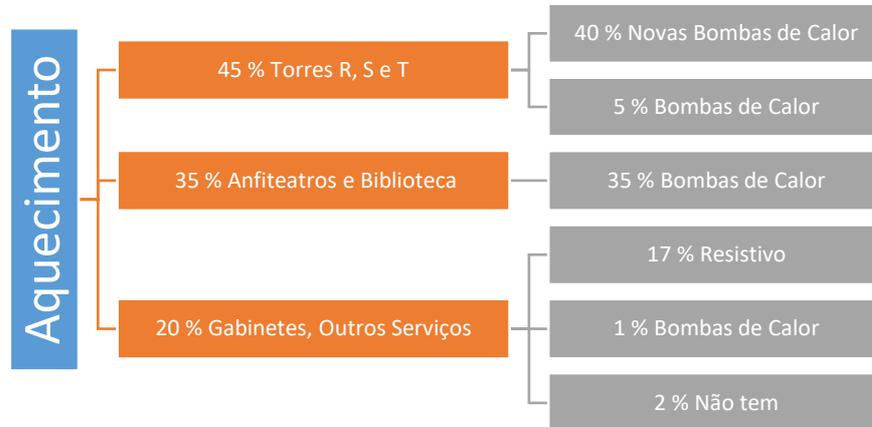


Figura 27 - Distribuição da primeira situação futura do aquecimento do DEEC.

Para esta situação considera-se que o novo sistema de aquecimento (bombas de calor) para as torres R, S e T será um pouco mais “inteligente” que os já instalados. Assim, este sistema terá a possibilidade de: controlo da emissão de calor em cada divisão de forma automática; a capacidade de controlar a temperatura do ar distribuído de acordo com o necessário em cada divisão (sistemas *multi-split*); a alimentação do gerador de calor é realizada através de um inversor; existe a possibilidade de saber valores atuais e histórico de desempenho; existe também a possibilidade de funcionar em determinadas horas pré-estabelecidas pelo utilizador; monitoriza os valores da qualidade do ar interior e não permite o aquecimento e arrefecimento simultâneo dos espaços.

- **Situação Futura 2** – Nesta situação substituiu-se o sistema central a gás natural das torres R, S e T por aquecimento resistivo e mantém-se o restante do edifício com as mesmas tecnologias, ficando o DEEC com a seguinte distribuição de aquecimento (ver Figura 28):

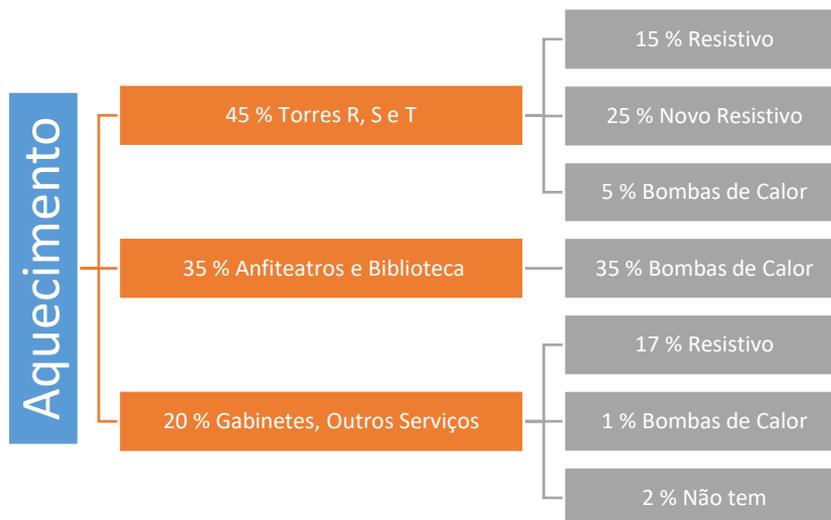


Figura 28 - Distribuição da segunda situação futura do aquecimento do DEEC.

Nesta situação, tal como referido anteriormente, é substituído o aquecimento das torres R, S e T por aquecimento resistivo. Este aquecimento resistivo será mais “inteligente” que o já existente no edifício, pelo que teremos um controlo da emissão de calor em cada divisão de forma automática, teremos acesso às informações atuais e históricos do desempenho dos equipamentos e ainda teremos a capacidade de controlar estes equipamentos de acordo com um horário pré-estabelecido.

- **Situação Futura 3** – Nesta situação considera-se uma substituição do sistema central a gás natural das torres R, S e T por um novo sistema também a gás natural, mantendo o restante do edifício com as mesmas tecnologias. Obtém-se então a seguinte distribuição de aquecimento (ver Figura 29):

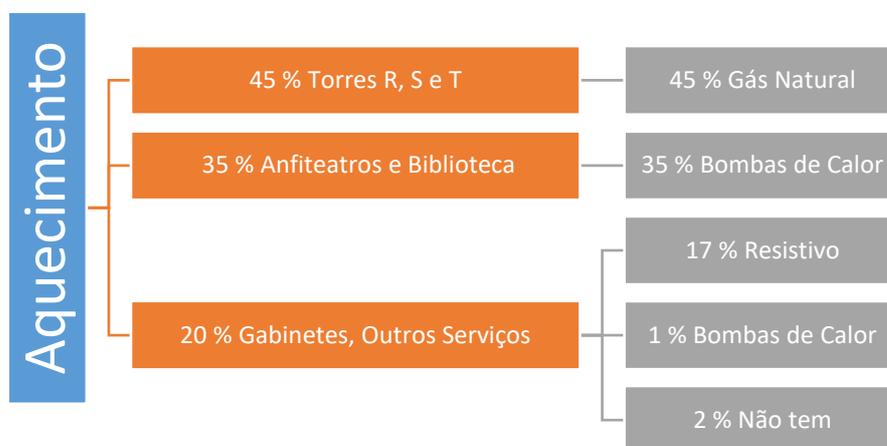


Figura 29 - Distribuição da terceira situação futura do aquecimento do DEEC.

Neste cenário decidimos substituir todo o sistema de aquecimento a gás por um mais recente em que teríamos a possibilidade de controlar a emissão de calor em cada divisão de forma automática, a temperatura da água distribuída seria ajustada tendo em conta a temperatura do exterior, as bombas de distribuição seriam de multinível, o controlo da temperatura do gerador de calor seria ajustado de acordo com a temperatura da água de distribuição, teríamos acesso à informação atual e históricos do desempenho do sistema de aquecimento e teríamos a possibilidade de o colocar a funcionar de acordo com horários pré-estabelecidos pelo utilizador.

A análise destas situações pretende fornecer informações aos órgãos administrativos do DEEC de forma a que aquando da decisão de substituição/reparação do sistema de aquecimento, estes ponderem as alternativas tendo em conta uma futura avaliação SRI.

4.2 Análise de algumas propostas de melhoria no DEEC e o impacto destas no seu valor de SRI.

Nesta análise vamos considerar algumas propostas de melhoria de forma independente e avaliar o seu impacto no valor do SRI. No final iremos considerar o conjunto dessas medidas e calcular o valor de SRI que esse conjunto de medidas nos proporciona e por fim teremos mais duas situações que serão: a implementação de todas as medidas individuais com gestão da procura e implementação de todas as medidas individuais com gestão da procura e substituição do sistema de aquecimento pela tecnologia que obteve melhor desempenho no SRI do DEEC na análise anterior.

As propostas de melhoria consideradas são as seguintes:

- **Melhoria na comunicação ao utilizador dos consumos energéticos, ou seja, comunicação dos consumos de forma desagregada.**
Nesta medida altera-se a comunicação de informação das bombas de calor dos anfiteatros e da biblioteca. Passamos agora a obter informações atuais e histórico do uso de energia desses sistemas. Passamos também a saber o valor atual e histórico do estado de carga das baterias do DEEC e a comunicação dos consumos de energia total do DEEC passam a ser desagregados por serviço de energia. A comunicação é feita através de uma plataforma, onde se encontram os consumos de alguns dos sistemas técnicos do edifício.
- **Aumento do número de salas com controlo do aquecimento por sensores, nomeadamente sensores de presença que controlem também a iluminação.**
Nesta medida a iluminação de todas as salas passa a ser controlada por sensores de movimento e através de sensores crepusculares, os sensores de movimento e alguns sensores nas portas das salas vão permitir também controlar os sistemas AVAC.
- **Melhoria nas estratégias de controlo do armazenamento.**
Nesta medida é implementado um sistema de gestão da energia armazenada que tem em conta as previsões de necessidade de energia e da disponibilidade de energia renovável e ainda faz uma otimização do uso da energia armazenada e da energia que é enviada para a rede. São ainda melhoradas as informações que o sistema de armazenamento fornece, existindo agora avaliação e previsão do desempenho das baterias.
- **Melhoria do carregamento de veículos elétricos, isto é, aumento do número de postos de carregamento e do tipo de controlo que se tem nesse carregamento.**
Nesta medida é considerado um aumento do número de carregadores para veículos elétricos na garagem, ficando com pelo menos 10% dos lugares com carregadores. Os carregadores instalados devem ter capacidade para controlar o carregamento do veículo, sendo possível indicar a hora de saída e o carregador fazer a gestão do carregamento. É também estabelecido que os carregadores devem estabelecer um “handshake” com o veículo antes de iniciar o carregamento.

Após consideradas estas medidas foram ainda consideradas mais três situações:

- **Aplicação de todas as medidas anteriores.**
Nesta medida são aplicadas todas as alterações que se propôs nas medidas anteriores.
- **Aplicação de todas as medidas anteriores, com possibilidade de gestão da procura.**
Nesta medida são aplicadas todas as alterações que se propôs nas medidas anteriores e ainda é considera um sistema de gestão automática do consumo de eletricidade do edifício e da eletricidade fornecida a vizinhos; carregamento dos veículos elétricos em que permite usar essas baterias para ajustes das condições da rede ou do edifício; coordenação dos sistemas técnicos na gestão da procura; desativação da funcionalidade de gestão da procura de acordo com determinados horários e com reativação otimizada da mesma. Comunicação do estado atual, histórico e previsão da gestão da procura, bem como dos fluxos de energia geridos.
- **Aplicação de todas as medidas anteriores, com possibilidade de gestão da procura e substituindo o aquecimento das torres R, S e T escolhendo a tecnologia que proporcionou um melhor resultado de SRI no estudo anterior.**
Nesta medida são aplicadas todas as alterações que se propôs na medida anterior, em que se considerou a gestão da procura, no entanto é realizada uma alteração do sistema de aquecimento das torres R, S e T pela tecnologia que apresentou melhor desempenho no SRI no caso de estudo anterior.

As propostas acima apresentadas são propostas de melhorias que os aos órgãos administrativos do DEEC já ponderam fazer no futuro, pelo que este estudo vem mais uma vez fornecer informações para uma possível tomada de decisão tendo em conta uma futura avaliação SRI ao DEEC.

5. Análise de Resultados

Todos os resultados foram obtidos através da ferramenta adaptada no âmbito desta dissertação, sendo que na avaliação do DEEC, os níveis de funcionalidade dos serviços foram selecionados tendo em conta o conhecimento que os intervenientes (orientando e orientador) têm do edifício.

Durante esta análise de resultados apenas serão apresentados os valores considerados relevantes.

5.1. Análise da influência do estado do aquecimento do DEEC no seu valor de SRI

Nesta análise, como referido anteriormente, foram simulados cinco cenários: o cenário inicial do edifício, o cenário atual e três cenários futuros. O cenário inicial é o cenário em que o DEEC tinha o aquecimento das torres R, S e T funcional; o cenário atual é quando esse sistema de aquecimento das torres R, S e T se encontra inoperacional; o primeiro cenário futuro é a substituição do aquecimento existente nas torres R, S e T por bombas de calor; no segundo cenário a substituição é feita por aquecimento resistivo e no terceiro cenário a substituição é feita por um novo sistema a gás natural.

Os valores de SRI obtidos nestes cenários podem ser observados na Figura 30.

Tabela 9 - Relação entre os cenários simulados do estado do aquecimento e o estado atual.

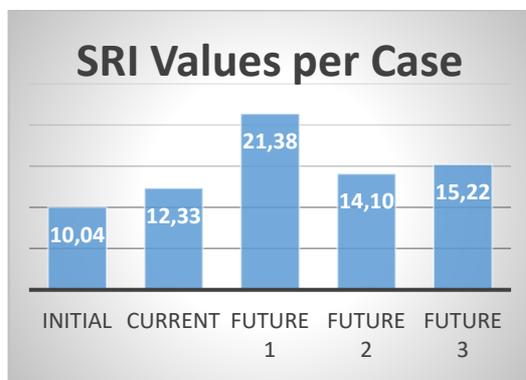


Figura 30 - Valores SRI dos cenários simulados do estado do aquecimento.

DEEC Case	SRI Value (%)	Effective Growth	Growth in relation to the Actual Case Value (%)
Initial	10,30	-2,02	-16%
Current	12,33	0,00	0%
Future 1	21,38	9,06	73%
Future 2	14,10	1,77	14%
Future 3	15,22	2,89	23%

Observando a Tabela 9, o cenário que apresenta melhor SRI é o primeiro cenário (*“Future 1”*) em que o sistema de aquecimento das torres R, S e T é substituído por bombas de calor. Este cenário aumenta o SRI atual do edifício em 73%, o que nos deixaria com um SRI de 21,38%. O segundo cenário proporciona um aumento de 14% em relação ao valor atual, o que corresponderia a um SRI de 14,10% e o terceiro cenário proporciona um aumento de 23% que corresponde a um valor de SRI de 15,22%. Atualmente o DEEC, tendo em conta a Figura 11 do subcapítulo “3.3 Metodologia de Cálculo”, é considerado um edifício de “Classe G” e apenas consegue melhorar essa classe através do primeiro cenário onde obtém um SRI de 21,38% que lhe confere a “Classe F”.

Na Tabela 10 são apresentados os resultados obtidos, através da simulação dos cenários do estado do aquecimento do DEEC, para os critérios EPBD e para os critérios de impacto.

Tabela 10 - Resultados dos critérios EPBD e dos critérios de impacto da simulação dos cenários do estado do aquecimento do DEEC.

DEEC Case	Current	Future 1		Future 2		Future 3	
	Value (%)	Value (%)	Growth (%)	Value (%)	Growth (%)	Value (%)	Growth (%)
Energy Savings and Operation	16,73	30,56	83%	20,22	21%	23,44	40%
Respond to User Needs	13,78	22,78	65%	15,37	12%	16,24	18%
Energy Demand Flexibility	6,48	10,81	67%	6,70	3%	5,97	-8%
Energy Savings	20,33	41,54	104%	25,25	24%	30,81	52%
Maintenance & Fault Prediction	13,12	19,58	49%	15,19	16%	16,07	22%
Comfort	16,94	31,84	88%	19,30	14%	21,13	25%
Convenience	16,85	21,64	28%	17,83	6%	18,19	8%
Health & Well-Being	0,17	9,99	5680%	1,92	1009%	3,02	1650%
Information to Occupant	21,14	27,65	31%	22,43	6%	22,61	7%
Energy Demand Flexibility	6,48	10,81	67%	6,70	3%	5,97	-8%

Fazendo uma análise da Tabela 10, podemos observar que no terceiro cenário futuro a flexibilidade do edifício é reduzida em 8%. Isto acontece porque quando se considerou a substituição das caldeiras a gás existentes nas torres R, S e T pensou-se que não faria sentido a continuação da existência dos sistemas de bombas de calor, uma vez que passaria a existir um sistema de aquecimento central para toda a torre. Assim, devido a esta consideração o edifício regista uma perda de 8% na sua flexibilidade.

Como podemos observar na Tabela 11, onde se compara os domínios do critério de impacto "Energy Demand Flexibility" do cenário atual e do terceiro cenário, no terceiro cenário apesar de existir um aumento da pontuação do domínio "Heating" existe também uma redução na pontuação do domínio "Cooling". Esta redução advém do facto de as bombas de calor terem capacidade de realizar arrefecimento e a caldeira a gás não, o que leva depois à redução de 8% do critério de impacto e critério EPBD "Energy Demand Flexibility".

Tabela 11 - Comparação dos domínios do critério de impacto "Energy Demand Flexibility" do cenário atual e do terceiro cenário.

	Current	Future 3
	Energy Demand Flexibility	Energy Demand Flexibility
	6,48	5,97
Heating	8,88	8,94
Domestic Hot Water	-	-
Cooling	5,43	4,01
Ventilation	-	-
Lighting	-	-
Electricity Generation	11,11	11,11
Dynamic Envelope	-	-
Electric Vehicles	-50,00	-50,00
Monitoring & Control	10,00	10,00

Para os três cenários, o critério EPBD que apresenta um maior aumento é o “Energy Savings and Operation”, seguido do “Respond to User Needs” e por fim o “Energy Demand Flexibility”.

Também da análise da Tabela 10 é possível observar que nos três cenários existe uma grande melhoria no critério de impacto “Health & Well-Being” (5680% para o primeiro cenário, 1009% para o segundo e 1650% para o terceiro). Após este critério de impacto os que mais se destacam são: “Energy Savings”, “Comfort” e “Energy Demand Flexibility” para o primeiro cenário e “Energy Savings”, “Maintenance & Fault Prediction” e “Comfort” para o segundo e terceiro cenário.

5.2. Análise de algumas propostas de melhorias no DEEC e impacto destas no seu valor de SRI.

Nesta análise, como referido anteriormente, foram consideradas quatro medidas e após a aplicação dessas medidas individualmente foram ainda consideradas mais três situações onde se aplicam todas as medidas anteriores.

Os valores de SRI obtidos pela aplicação dessas medidas estão representados na Figura 31.

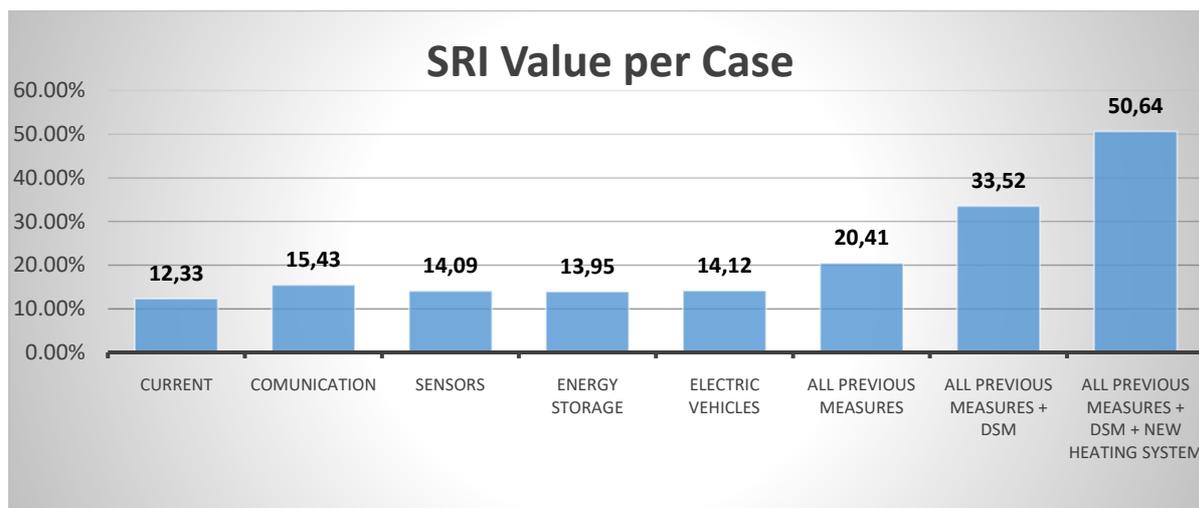


Figura 31 - Valores de SRI das simulações das medidas de melhoria propostas e das consequentes situações que se decidiu simular.

Como podemos ver na Tabela 12, onde se relaciona as medidas individuais de melhoria propostas (comunicação ao utilizador, sensores, armazenamento e veículos elétricos) com estado atual do DEEC, as medidas individuais que apresentam um maior aumento no valor final do SRI foram as medidas de melhoria aplicadas na comunicação ao utilizador. Estas medidas de melhoria na comunicação ao utilizador registaram um aumento de 25% em relação ao valor de SRI atual do DEEC, ou seja, um valor SRI de 15,43%. As restantes três medidas individuais apenas conseguem aumentar 13 - 15% do valor atual, pelo que obtêm SRI's da ordem dos 13,95% - 14,02%.

Tendo em conta a Figura 11 do subcapítulo “3.3 Metodologia de Cálculo”, nenhuma das quatro medidas individuais aplicadas consegue elevar o SRI do DEEC acima da “Classe G” que corresponde a SRI’s menores que 16%.

Após a simulação das medias individuais simulou-se a aplicação do conjunto de todas as medidas individuais e obteve-se um aumento de 66% do valor de SRI em relação ao valor atual, este aumento corresponde a um SRI de 20,41% que, pela Figura 11 do subcapítulo “3.3 Metodologia de Cálculo”, corresponde a “Classe F”. Depois implementou-se, para além de todas as medidas, gestão da procura. Esta simulação obteve um bom desempenho tendo aumentado em 172% o valor atual do SRI, que corresponde a um valor de SRI de 33,52% permitindo assim que o DEEC consiga atingir a “Classe E” no SRI. Por último foi simulada a implementação de todas as medidas de melhoria com gestão da procura e substituindo o aquecimento das torres R, S e T pelas bombas de calor que foram as que obtiveram melhor desempenho na análise anteriormente realizada. Nesta simulação obteve-se um aumento de 311% em relação ao valor atual do SRI do DEEC e que corresponde a um valor de 50,64%, permitindo que o DEEC atinja a “Classe D”.

Tabela 12 - Relação entre as medidas de melhoria e o estado atual do DEEC.

DEEC Case	SRI Value (%)	Effective Growth	Growth in relation to the Actual Case SRI Value (%)
Current	12,33	0,00	0%
Comunication	15,43	3,11	25%
Sensors	14,09	1,76	14%
Energy Storage	13,95	1,62	13%
Electric Vehicles	14,12	1,80	15%
All Previous Measures	20,41	8,08	66%
All Previous Measures + DSM	33,52	21,19	172%
All Previous Measures + DSM + New Heating System	50,64	38,32	311%

Na Tabela 13 podemos observar os valores obtidos nos critérios EPBD e nos critérios de impacto, por medida de melhoria individual aplicada.

Observando os valores apresentados para os critérios EPBD, podemos perceber que as medidas de melhoria da comunicação aos utilizadores melhoram os critérios “*Energy Savings and Operation*” e “*Respond to User Needs*” em 33% e 28%, respetivamente, mas não regista alterações no critério “*Energy Demand Flexibility*”. A medida de melhoria dos sensores também melhora os critérios EPBD “*Energy Savings and Operation*” e “*Respond to User Needs*”, mas apenas em 21% e 13%, não registando aumento no critério “*Energy Demand Flexibility*”. No caso da medida de melhoria do armazenamento, esta regista um aumento de 1%, 20% e 30% nos critérios EPBD “*Energy Savings and Operation*”, “*Respond to User Needs*” e “*Energy Demand Flexibility*”. Por fim, a medida de melhoria do carregamento de veículos elétricos apenas apresenta um aumento de 13% e 56% nos critérios EPBD “*Respond to User Needs*” e “*Energy Demand Flexibility*”, não registando qualquer aumento no critério EPBD “*Energy Savings and Operation*”.

Desta análise é possível verificar que se pretendemos melhorar a flexibilidade devemos implementar as medidas de melhoria do carregamento de veículos elétricos e que se pretendemos melhorar o desempenho do edifício e a resposta às necessidades do utilizador devemos implementar a medida de melhoria da comunicação ao utilizador.

Olhando para os critérios de impacto que estas duas medidas, melhoria da comunicação aos utilizadores e melhoria do carregamento de veículos elétricos, mais influenciam temos para o carregamento de veículos elétricos uma melhoria de 28%, 11% e 56% nos critérios “Convenience”, “Information to Occupant” e “Energy Demand Flexibility” e para a melhoria de comunicação ao utilizador um aumento de 12%, 66%, 14% e 61% para os critérios “Energy Savings”, “Maintenance & Fault Prediction”, “Convenience” e “Information to Occupant”.

De referir ainda que a medida de melhoria dos sensores é a única que regista aumentos nos critérios de impacto “Comfort” e “Health & Well-Being”, registando respetivamente aumentos de 20% e 1300%.

Tabela 13 - Resultados dos critérios EPBD e dos critérios de impacto da simulação das medidas de melhoria individuais aplicadas ao DEEC.

DEEC Case	Current	Comunication		Sensors		Energy Storage		Electric Vehicles	
	Value (%)	Value (%)	Growth (%)	Value (%)	Growth (%)	Value (%)	Growth (%)	Value (%)	Growth (%)
Energy Savings and Operation	16,73	22,22	33%	20,21	21%	16,92	1%	16,73	0%
Respond to User Needs	13,78	17,60	28%	15,58	13%	16,47	20%	15,56	13%
Energy Demand Flexibility	6,48	6,48	0%	6,48	0%	8,45	30%	10,08	56%
Energy Savings	20,33	22,68	12%	23,18	14%	20,33	0%	20,33	0%
Maintenance & Fault Prediction	13,12	21,75	66%	17,24	31%	13,51	3%	13,12	0%
Comfort	16,94	16,94	0%	20,37	20%	16,94	0%	16,94	0%
Convenience	16,85	19,21	14%	18,39	9%	20,40	21%	21,58	28%
Health & Well-Being	0,17	0,17	0%	2,42	1300%	0,17	0%	0,17	0%
Information to Occupant	21,14	34,08	61%	21,14	0%	28,39	34%	23,55	11%
Energy Demand Flexibility	6,48	6,48	0%	6,48	0%	8,45	30%	10,08	56%

Na Tabela 14 são apresentados os valores obtidos nos critérios EPBD e nos critérios de impacto, por situação simulada (aplicação de todas as medidas individuais, aplicação de todas as medidas individuais e possibilidade de gestão da procura e aplicação de todas as medidas individuais, possibilidade de gestão da procura com substituição do aquecimento das torres R, S e T por bombas de calor).

Como esperado cada vez que adicionamos uma nova alteração, os valores dos critérios de impacto e dos critérios EPBD aumentam. A única exceção é na segunda situação em que temos a aplicação de todas as medidas individuais e gestão da procura, onde os valores dos critérios de impacto “Comfort” e “Health & Well-Being” se mantêm inalterados em relação à primeira situação em que se implementa todas as medidas individuais.

Se analisarmos os resultados do primeiro teste público, que se encontram no ANEXO J, na Figura A. 16 podemos observar que os valores de SRI dos edifícios não residenciais se situavam maioritariamente entre os 35% e os 60%. Assim, de forma a que DEEC consiga obter um valor de SRI que se enquadre dentro deste cenário teríamos de realizar a implementação da segunda ou terceira situação (valores SRI de 33,52% e de 50,64%), que correspondem à implementação de todas as medidas individuais com gestão da procura ou então à implementação de todas as medidas individuais com gestão da procura e ainda substituição do aquecimento das torres R, S e T.

Tabela 14 - Resultados dos critérios EPBD e dos critérios de impacto da simulação de três situações onde se aplica todo o conjunto das medidas de melhoria individuais.

DEEC Case	Current	All Previous Measures		All Previous Measures + DSM		All Previous Measures + DSM + New Heating System	
	Value (%)	Value (%)	Growth (%)	Value (%)	Growth (%)	Value (%)	Growth (%)
Energy Savings and Operation	16,73	25,89	55%	31,28	87%	46,78	180%
Respond to User Needs	13,78	23,28	69%	29,41	113%	39,45	186%
Energy Demand Flexibility	6,48	12,05	86%	39,86	515%	65,69	914%
Energy Savings	20,33	25,53	26%	28,08	38%	51,79	155%
Maintenance & Fault Prediction	13,12	26,26	100%	34,49	163%	41,78	218%
Comfort	16,94	20,37	20%	20,37	20%	38,01	124%
Convenience	16,85	29,02	72%	40,83	142%	48,78	189%
Health & Well-Being	0,17	2,42	1300%	2,42	1300%	9,40	5339%
Information to Occupant	21,14	41,33	96%	54,01	156%	61,63	192%
Energy Demand Flexibility	6,48	12,05	86%	39,86	515%	65,69	914%

6. Conclusão e Trabalho Futuro

6.1. Conclusão

O trabalho desenvolvido nesta dissertação teve como principais objetivos: a análise de indicadores de prontidão para edifícios “inteligentes”, nomeadamente o SRI; a avaliação do SRI do DEEC através de uma ferramenta adaptada em Excel; simulação de possíveis medidas a implementar no DEEC e avaliação do seu impacto no SRI do DEEC e ainda a realização de uma comparação entre dois edifícios com o intuito de perceber a influência que os serviços de energia presentes num edifício têm no valor do SRI.

Durante esta análise ao SRI respondeu-se a duas questões relativas a este indicador. A primeira questão foi “Até que ponto um SRI elevado significa elevada flexibilidade?”, onde se concluiu que se um edifício obtiver um valor elevado de SRI, ou seja classe A, então esse edifício não é apenas um edifício com elevada aptidão para utilizar as tecnologias “inteligentes” como também é um edifício que apresenta uma elevada flexibilidade. A segunda questão foi “Até que ponto pode o SRI ser usado como indicador NZEB?”, onde foi concluído que o facto de um edifício ser NZEB nada garante que este tenha um elevado SRI e que no caso de um edifício com elevado SRI poder ser considerado NZEB, essa afirmação poderia não ser correta pois o SRI é apenas um indicador qualitativo e, como tal, não é capaz de garantir as condições quantitativas necessárias para que um edifício seja considerado NZEB.

Quanto às simulações realizadas ao DEEC, foram realizados dois conjuntos de simulações: o primeiro conjunto foi realizado para perceber como o estado do aquecimento do DEEC influenciava o seu valor SRI e o segundo conjunto foi realizado para perceber que melhorias poderiam ser aplicadas ao DEEC de forma a que fosse possível melhorar o seu valor de SRI. Quanto ao primeiro conjunto de simulações foi possível concluir que a substituição do aquecimento das torres R, S e T, do DEEC, por bombas de calor lhe permitiria obter um melhor valor SRI em relação a qualquer outra tecnologia de aquecimento considerada. No que diz respeito ao segundo conjunto de simulações, em termos de medidas individuais aplicadas a que apresenta uma melhoria significativa no SRI do DEEC é a melhoria da comunicação de informação ao utilizador. No entanto mesmo com essa alteração o DEEC continuaria a obter um valor de SRI baixo. Assim foram simulados mais alguns cenários em que se aplicavam as medidas todas e foi possível concluir que, para o DEEC conseguir obter um valor de SRI que se enquadre nos valores médios dos edifícios não residenciais já testados, seria necessário implementar todas as medidas individuais consideradas e gestão da procura ou então todas as medidas individuais, gestão da procura e ainda efetuar a alteração do aquecimento das torres R, S e T pelas bombas de calor consideradas.

Quanto à análise da influência da ausência ou presença de um domínio na avaliação, ou seja, dos serviços de energia que o edifício presta ao utilizador, foi concluído que um edifício que fornece menos serviços de energia ao utilizador pode obter melhores valores de SRI que um outro edifício que fornece todos os serviços de energia considerados na avaliação. Ou seja, devemos ter cuidado ao fazer comparações entre SRI's de diferentes edifícios pois se estes não tiverem os mesmos domínios muito dificilmente são comparáveis. No entanto, não é por causa dessa dificuldade que o indicador deixa de ser interessante e útil, pois continuamos a conseguir obter uma visão da capacidade de um edifício interagir, quer com a rede quer entre sistemas técnicos, da sua capacidade de responder às necessidades dos utilizadores e de manter o seu desempenho energético.

6.2. Trabalho Futuro

Como este indicador se encontra em desenvolvimento, é de esperar que possam existir alterações e como tal poderá ser necessário uma revisão e atualização da ferramenta melhorada. Tal como referido no subcapítulo “3.8 Críticas ao SRI” desta dissertação, seria interessante a introdução de indicadores quantitativos para complementar esta avaliação SRI.

Tendo também em conta que nas simulações de SRI do DEEC o domínio da ventilação apresenta sempre uma pontuação baixa, seria interessante simular cenários de melhoria deste domínio e avaliar o impacto dessa melhoria na qualidade do ar interior.

7. Bibliografia

- [1] E. Commission, “Factsheet: Energy Performance in Buildings Directive,” 2019. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/buildings_performance_factsheet.pdf. [Accessed: 27-Jul-2019].
- [2] Eurostat, “Production in construction,” 2019. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sts_copr_a/default/table?lang=en. [Accessed: 25-Jul-2019].
- [3] E. Parliament, “Directiva 2010/31/UE, de 19 de maio,” *Jornal Oficial da União Europeia*, vol. I, no. 135, pp. 13–35, 2010.
- [4] E. Commission, “Um Planeta Limpo para Todos - Estratégia a longo prazo da UE para uma economia próspera, moderna, competitiva e com impacto neutro no clima,” 2018.
- [5] European Commission, “United in delivering the Energy Union and Climate Action - Setting the foundations for a successful clean energy transition,” 2019.
- [6] P. Europeu, “Directiva 2018/244/UE,” *Jornal Oficial da União Europeia*, vol. L156, pp. 75–91, 2018.
- [7] EuroACE, “EuroACE Position Paper Smart Buildings : Energy Efficiency First !,” 2017. [Online]. Available: https://euroace.org/wp-content/uploads/2015/10/EA_Smart_Buildings_Feb_2017_Final.pdf. [Accessed: 17-Jul-2019].
- [8] H. Maheshwari, “An Overview of Opportunities with the Smart Grid - Future Electrical Power,” *International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT)*, pp. 279–284, 2017.
- [9] S. Verbeke, P. Waide, K. Bettgenhäuser, M. Uslar, and S. Bogaert, “Support for setting up a Smart Readiness Indicator for buildings and related impact assessment - executive summary for the final report (study 1),” 2018.
- [10] P. Europeu, “Directiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de dezembro de 2002,” *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*, no. 11, pp. 65–71, 2003.
- [11] Ministério Da Economia E Da Inovação, “Decreto-Lei n.º 78/2006, Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE),” *Diário da República*, 1ª série, vol. 67, pp. 2–6, 2006.
- [12] Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações, “Decreto-Lei n.º 79/2006,” *Diário da República*, 1ª série, no. 67, pp. 2416–2468, 2006.
- [13] Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações, “DL N.º80/2006,” *Diário da República*, 1ª série, vol. 67, pp. 2468–2513, 2006.

- [14] Ministério da Economia e do Emprego, “Decreto-Lei n.º 118/2013,” *Diário da República*, 1ª série, vol. 159, pp. 4988–5005, 2013.
- [15] US Department of Energy, “A Common Definition for Zero Energy Buildings, DOE/EE-1247,” 2015.
- [16] L. Aygeris and P. P. Groumpos, “An Overview of Zero Energy Buildings with an Emphasis on Energy Savings on Energy Savings,” in *UBT International Conference 136*, 2017, pp. 0–6.
- [17] D. D’Agostino and L. Mazzarella, “What is a Nearly zero energy building? Overview, implementation and comparison of definitions,” *Journal of Building Engineering*, vol. 21, pp. 200–212, Jan. 2019.
- [18] E. Commission, “Guidelines accompanying Commission Delegated Regulation (EU) No 244/2012 of 16 January 2012 supplementing Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council,” *Official Journal of the European Union*, no. C115, pp. 1–28, 2012.
- [19] M. Panagiotidou and R. J. Fuller, “Progress in ZEBs—A review of definitions, policies and construction activity,” *Energy Policy*, vol. 62, pp. 196–206, Nov. 2013.
- [20] P. Torcellini, S. Pless, M. Deru, and D. Crawley, “Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition, NREL/CP-550-39833,” in *ACEEE Summer Study Pacific Grove*, 2006, p. 15.
- [21] J. Laustsen, “Energy Efficiency Requirements in Building Codes , Energy Efficiency Policies for New Buildings,” *International Energy Agency (IEA)*, no. March. pp. 1–85, 2008.
- [22] H. Lund, A. Marszal, and P. Heiselberg, “Zero energy buildings and mismatch compensation factors,” *Energy and Buildings*, vol. 43, no. 7, pp. 1646–1654, Jul. 2011.
- [23] U. Berardi, “From Efficient to Sustainable and Zero Energy Consumption Buildings,” in *Handbook of Energy Efficiency in Buildings*, no. May 2018, Elsevier, 2019, pp. 75–205.
- [24] Ambiente e Transição Energética, “Portaria n.º 98/2019,” *Diário da República*, vol. 1ª série, no. 65, pp. 1816–1818, 2019.
- [25] R. Panchalingam and K. C. Chan, “A state-of-the-art review on artificial intelligence for Smart Buildings,” *Intelligent Buildings International*, pp. 1–24, Jun. 2019.
- [26] V. Bonneau and T. Ramahandry, “Smart Building : Energy efficiency application Smart Building : Energy efficiency application, EASME/COSME/2014/004,” 2017.
- [27] E. I. Batov, “The Distinctive Features of ‘Smart’ Buildings,” *Procedia Engineering*, vol. 111, no. TFoCE, pp. 103–107, 2015.
- [28] Y. K. Penya, C. E. Borges, J. Haase, and D. Bruckner, “Smart buildings and the smart grid,” in *IECON 2013 - 39th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 2013, pp. 113–117.

- [29] T. M. Lawrence *et al.*, “Ten questions concerning integrating smart buildings into the smart grid,” *Building and Environment*, vol. 108, pp. 273–283, Nov. 2016.
- [30] H. Gharavi and R. Ghafurian, “Smart Grid: The Electric Energy System of the Future,” *Proceedings of the IEEE*, vol. 99, no. 6, pp. 917–921, Jun. 2011.
- [31] M. E. El-hawary, “The Smart Grid—State-of-the-art and Future Trends,” *Electric Power Components and Systems*, vol. 42, no. 3–4, pp. 239–250, Mar. 2014.
- [32] Y. Latief, M. A. Berawi, L. Supriadi, A. B. Koesalamwardi, J. Petroceany, and A. Herzanita, “Integration of net zero energy building with smart grid to improve regional electrification ratio towards sustainable development,” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 109, p. 012041, Dec. 2017.
- [33] S. Østergaard Jensen, “Energy Flexibility as a key asset in a smart building future,” *IEA Energy in Buildings and Communities Program (EBC) Annex67 “Energy Flexible Buildings,”* no. November. 2017.
- [34] República Portuguesa, *Plano Nacional Integrado Energia e Clima 2021-2030*. 2018.
- [35] T. Märzinger and D. Österreicher, “Supporting the Smart Readiness Indicator—A Methodology to Integrate A Quantitative Assessment of the Load Shifting Potential of Smart Buildings,” *Energies*, vol. 12, no. 10, p. 1955, May 2019.
- [36] S. Verbeke, D. Aerts, G. Rynders, Y. Ma, and P. Waide, “Interim Report July 2019 of the 2nd Technical Support Study on the Smart Readiness Indicator for Buildings, ENER/C3/2018-447/06,” 2019.
- [37] S. Verbeke *et al.*, “Support for Setting up a Smart Readiness Indicator for Buildings and Related Impact Assessment Final Report, 2017/SEB/R/1610684,” 2018.
- [38] S. Verbeke *et al.*, “Support for setting up a Smart Readiness Indicator for buildings and related impact assessment final report, 2017/SEB/R/1610684,” 2018.
- [39] S. Verbeke *et al.*, “SRI - Second stakeholder meeting - 9 October 2019,” 2019.
- [40] S. Verbeke *et al.*, “SRI - Stakeholder Topical Group Feedback Meeting 13.02.2020,” 2020.
- [41] S. Verbeke *et al.*, “3rd Interim Report of the 2nd Technical Support Study on the Smart Readiness Indicator for Buildings, ENER/C3/2018-447/06,” 2020.
- [42] S. Verbeke *et al.*, “SRI - annex-d_service-catalogue_detailed-method,” 2020. [Online]. Available: https://smartreadinessindicator.eu/sites/smartreadinessindicator.eu/files/annex-d_service-catalogue_detailed-method_final.xlsx. [Accessed: 16-Mar-2020].

- [43] O. Horák and K. Kabele, "Testing of pilot buildings by the SRI method," *Department of Indoor Environmental and Building Services Engineering, Faculty of Civil Engineering, Czech Technical University in Prague*, 2019. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10467/86913>. [Accessed: 06-Jul-2020].
- [44] E. Markoska, N. Jakica, S. Lazarova-Molnar, and M. K. Kragh, "Assessment of Building Intelligence Requirements for Real Time Performance Testing in Smart Buildings," in *2019 4th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech)*, 2019, pp. 1–6.
- [45] E. Janhunen, L. Pulkka, A. Säynäjoki, and S. Junnila, "Applicability of the smart readiness indicator for cold climate countries," *Buildings*, vol. 9, no. 4, 2019.
- [46] I. Vigna, R. Pernetti, G. Pernigotto, and A. Gasparella, "Analysis of the building smart readiness indicator calculation: A comparative case-study with two panels of experts," *Energies*, vol. 13, no. 11, 2020.
- [47] Ministério do Ambiente Ordenamento do Território e Energia, "Decreto-Lei nº 250/2015 de 25 de novembro," *Diário da República, 1ª série*, vol. 231, pp. 9591–9611, 2015.
- [48] Ministério do Ambiente Ordenamento do Território e Energia, "3.º Suplemento (Despachos-15793)," *Diário da República, 2ª série*, vol. 234, 2013.
- [49] Diário da República - Economia, "DL 28/2016 - alteração DL 118/2013," *Diário da República, 1ª série*, vol. 119, p. 1945, 2016.
- [50] Ministério do Ambiente Ordenamento do Território e Energia, "Portaria n.º 349-B," *Diário da República, 1ª série*, vol. 232, pp. 6624-(18) a 6624-(29), 2013.
- [51] Ministério do Ambiente Ordenamento do Território e Energia, "Portaria n.º 379-A/2015," *Diário da República, 1ª série*, vol. 207, p. 9196, 2015.
- [52] Ministério do Ambiente Ordenamento do Território e Energia, "Portaria n.º 319/2016 de 15 de dezembro," *Diário da República*, vol. 1.ª série, no. N.º 239, pp. 4723–4725, 2016.
- [53] Siemens Building Technologies, "Building Automation – Impact on Energy Efficiency, Application of EN 15232-1:2017," 2018.

ANEXOS

Anexo A. Resumo do Decreto-Lei 118/2013

Tabela A. 1 - Resumo da secção SCE do Decreto-Lei 118/2013. [14]

Sistema de Certificação Energética dos Edifícios		
SCE Abrange:		
<ul style="list-style-type: none"> • Edifícios Novos e Edifícios Sujeitos a Grandes Renovações <ul style="list-style-type: none"> ○ Emissão de pré-certificado tendo em conta o estudo de viabilidade técnica, ambiental e económica dos sistemas alternativos de elevada eficiência • Edifícios de Comércio e Serviços <ul style="list-style-type: none"> ○ Com + 250m² para edifícios públicos, visitados pelo público ○ Com + 500m² para centros comerciais, hipermercados, supermercados e piscinas cobertas ○ Com + 1000m² para os restantes ○ Com sistema de climatização centralizado • Edifícios no momento de Venda ou novo arrendamento 		
SCE Inclui:		
<ul style="list-style-type: none"> • Recomendações de melhoria do desempenho energético <ul style="list-style-type: none"> ○ Medidas para grandes renovações da envolvente ou dos sistemas técnicos; ○ Medidas para componentes individuais, independentes das grandes renovações; ○ Estas medidas são viáveis e vêm acompanhadas de uma estimativa do período de retorno do investimento. [47] • Classificação energética <ul style="list-style-type: none"> ○ 8 classes, sendo a “classe A+” correspondente a um edifício com o melhor desempenho energético. 		
Tabela A. 2 - Classificação energética dos edifícios. [48]		
Classe Energética	Edifícios de Habitação	Edifícios de Comercio e Serviços
	Valor de R_{Nt}	Valor de R_{IEE}
A⁺	$R_{Nt} \leq 0.25$	$R_{IEE} \leq 0.25$
A	$0.26 \leq R_{Nt} \leq 0.50$	$0.26 \leq R_{IEE} \leq 0.50$
B	$0.51 \leq R_{Nt} \leq 0.75$	$0.51 \leq R_{IEE} \leq 0.75$
B⁻	$0.76 \leq R_{Nt} \leq 1.00$	$0.76 \leq R_{IEE} \leq 1.00$
C	$1.01 \leq R_{Nt} \leq 1.50$	$1.01 \leq R_{IEE} \leq 1.50$
D	$1.51 \leq R_{Nt} \leq 2.00$	$1.51 \leq R_{IEE} \leq 2.00$
E	$2.01 \leq R_{Nt} \leq 2.50$	$2.01 \leq R_{IEE} \leq 2.50$
F	$R_{Nt} \geq 2.51$	$R_{IEE} \geq 2.51$
<ul style="list-style-type: none"> • Duração do Certificado: 10 anos de validade. 		

NZEB:

- **Descrição**

“São edifícios com necessidades quase nulas de energia os que tenham um muito elevado desempenho energético, determinado nos termos do presente diploma, em que as necessidades de energia quase nulas ou muito reduzidas são em larga medida satisfeitas com recurso a energia proveniente de fontes renováveis, designadamente a produzida no local ou nas proximidades.” [49]

- **Requisitos**

- Fazer uso de energias renováveis locais para cobrir grande parte das necessidades energéticas previstas.
- Edifícios novos, após 31 de dezembro de 2020, devem ser NZEB.

Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH)

Neste regulamento são estabelecidos requisitos, parâmetros e metodologias de cálculo de desempenho energético para os edifícios de habitação e para os seus sistemas técnicos, com o objetivo de melhorar o comportamento térmico do edifício e a eficiência dos seus sistemas técnicos. Este regulamento é dividido em duas partes, a primeira referente aos edifícios novos e a segunda referente aos edifícios sujeitos a grande intervenção. [14]

Edifícios Novos

- **Requisitos de comportamento térmico:**

- As necessidades anuais de energia útil para aquecimento (Nic) não podem exceder o valor máximo de energia útil para aquecimento (Ni).
- As necessidades anuais de energia útil para arrefecimento (Nvc) não podem exceder o valor máximo de energia útil para o arrefecimento (Nv).
- Não se pode ultrapassar os valores limite de qualidade térmica e energética da envolvente. [47]
- Valores mínimos para a taxa de renovação de ar horária.

- **Sistemas técnicos:**

- Requisitos mínimos para sistemas de aquecimento e de arrefecimento ambiente e para preparação de água quente sanitária. [50][51][52][24]
- Obrigatórios sistemas solares térmicos para aquecimento de Aquecimento de Águas Quentes Sanitárias (AQS).
- As necessidades nominais anuais de energia primária (Ntc) não podem exceder o valor máximo das necessidades nominais anuais de energia primária (Nt).

Tabela A. 3 (continuação) - Resumo da secção REH do Decreto-Lei 118/2013. [14]

- **Cálculo da classe energética:**

Devido ao anteriormente referido e de acordo com a equação (13), é possível observar que para edifícios novos de habitação o valor máximo de R_{Nt} é 1, pelo que consoante a Tabela A. 2 estes edifícios são obrigados a ter classe de desempenho mínima de “B”. [48]

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} \quad (13)$$

Edifícios Sujeitos a Grande Intervenção

- **Requisitos de comportamento térmico para:**

- A razão entre as necessidades anuais de energia útil para o aquecimento (N_{ic}) e o valor máximo de energia útil para aquecimento (N_i).
- A razão entre as necessidades anuais de energia útil para o arrefecimento (N_{vc}) e o valor máximo de energia útil para o arrefecimento (N_v).
- Todas as intervenções na envolvente do edifício. [47]
- A taxa de renovação de ar horária.

- **Sistemas técnicos:**

- Requisitos mínimos de eficiência para os sistemas técnicos instalados, intervencionados ou substituídos.
- Instalação obrigatória de sistemas solares térmicos para aquecimento de AQS.
- Requisitos para a razão entre o valor das necessidades anuais de energia primária (N_{tc}) e o valor máximo das necessidades anuais de energia primária (N_t).

Tendo em conta o anteriormente referido, a equação (13), a Tabela A. 2 e a Tabela A. 4, é possível verificar que a classe mínima de desempenho, para um edifício de habitação sujeito a grande intervenção, é a classe “C”.

Tabela A. 4 - Relação entre os valores das necessidades nominais e limite. [50]

ANO DE CONSTRUÇÃO	NIC/NI	NVC/NV	NTC/NT
ANTERIOR A 1960	Não aplicável	Não aplicável	1.50
ENTRE 1960 E 1990	1.25	1.25	1.50
POSTERIOR A 1990	1.15	1.15	1.50

Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS)

Neste regulamento são estabelecidos requisitos em termos de: regras de construção, alteração, operação e manutenção de edifícios de comércio e serviços e ainda requisitos para a caracterização do desempenho energético. [14]

Edifícios de Comércio e Serviços

- **Requisitos de comportamento térmico**
 - Relativos à qualidade térmica da envolvente: [47]
 - Valores máximos da transmissão térmica superficial
 - Fator solar

- **Sistemas técnicos**
 - Requisitos de concepção
 - Avaliação periódica do desempenho do edifício em funcionamento
 - Requisitos para a Ventilação e Qualidade do Ar Interior:
 - Valores mínimos de caudal de ar novo
 - Preferência da ventilação natural à ventilação mecânica
 - Instalação deve ter em conta a facilidade para efetuar manutenções
 - Plano de manutenção e Técnico de Instalação e Manutenção (TIM)
 - Garantir correta manutenção
 - Atualização da informação técnica

- **Classe energética**
 - O valor do indicador de eficiência energética previsto (IEE_{pr}) não pode exceder o valor do indicador de eficiência energética de referência (IEE_{ref})

$$R_{IEE} = \frac{IEE_{pr} - IEE_{REN}}{IEE_{ref}} \quad (14)$$

Tendo em conta o anteriormente referido e sendo a classe energética dada pela equação (14), através da Tabela A. 2 podemos observar que os novos edifícios devem ter no mínimo “Classe B-” enquanto que os edifícios existentes apenas devem ter classificação igual ou superior à “Classe C”.

Anexo B. Catálogo de todos os Serviços

Tabela A. 6 - Todos os serviços considerados no estudo do SRI. [38]

<i>Domain</i>	<i>Code</i>	<i>Smart ready service</i>
<i>Heating</i>	<i>Heating-1a</i>	<i>Heat emission control</i>
<i>Heating</i>	<i>Heating-1b</i>	<i>Emission control for TABS (heating mode)</i>
<i>Heating</i>	<i>Heating-1c</i>	<i>Control of distribution fluid temperature (supply or return air flow or water flow) - Similar function can be applied to the control of direct electric heating networks</i>
<i>Heating</i>	<i>Heating-1d</i>	<i>Control of distribution pumps in networks</i>
<i>Heating</i>	<i>Heating-1e</i>	<i>Intermittent control of emission and/or distribution - One controller can control different rooms/zones having same occupancy patterns</i>
<i>Heating</i>	<i>Heating-1f</i>	<i>Thermal Energy Storage (TES) for building heating (excluding TABS)</i>
<i>Heating</i>	<i>Heating-1g</i>	<i>Building preheating control</i>
<i>Heating</i>	<i>Heating-2a</i>	<i>Heat generator control (for combustion and district heating)</i>
<i>Heating</i>	<i>Heating-2b</i>	<i>Heat generator control (for heat pumps)</i>
<i>Heating</i>	<i>Heating-2c</i>	<i>Sequencing of different heat generators</i>
<i>Heating</i>	<i>Heating-2d</i>	<i>Heat system control according to external signal (e.g. electricity tariff, gas pricing, load shedding signal etc.)</i>
<i>Heating</i>	<i>Heating-2e</i>	<i>Control of on-site waste heat recovery fed into the heating system (e.g. excess heat from data centers)</i>
<i>Heating</i>	<i>Heating-3</i>	<i>Report information regarding HEATING system performance</i>
<i>Domestic hot water</i>	<i>DHW-1a</i>	<i>Control of DHW storage charging (with direct electric heating or integrated electric heat pump)</i>
<i>Domestic hot water</i>	<i>DHW-1b</i>	<i>Control of DHW storage charging (using hot water generation)</i>
<i>Domestic hot water</i>	<i>DHW-1c</i>	<i>Control of DHW storage temperature, varying seasonally: with heat generation or integrated electric heating</i>
<i>Domestic hot water</i>	<i>DHW-1d</i>	<i>Control of DHW storage charging (with solar collector and supplementary heat generation)</i>
<i>Domestic hot water</i>	<i>DHW-2</i>	<i>Control of DHW circulation pump</i>
<i>Domestic hot water</i>	<i>DHW-3</i>	<i>Report information regarding domestic hot water performance</i>
<i>Cooling</i>	<i>Cooling-1a</i>	<i>Cooling emission control</i>
<i>Cooling</i>	<i>Cooling-1b</i>	<i>Emission control for TABS (cooling mode)</i>
<i>Cooling</i>	<i>Cooling-1c</i>	<i>Control of distribution network chilled water temperature (supply or return)</i>

Fonte: "Support for setting up a Smart Readiness Indicator for buildings and related impact assessment final report", 2018. [38]

Tabela A. 6 (continuação) - Todos os serviços considerados no estudo do SRI. [38]

<i>Domain</i>	<i>Code</i>	<i>Smart ready service</i>
<i>Cooling</i>	<i>Cooling-1d</i>	<i>Control of distribution pumps in networks</i>
<i>Cooling</i>	<i>Cooling-1e</i>	<i>Intermittent control of emission and/or distribution</i>
<i>Cooling</i>	<i>Cooling-1f</i>	<i>Interlock between heating and cooling control of emission and/or distribution</i>
<i>Cooling</i>	<i>Cooling-1g</i>	<i>Control of Thermal Energy Storage (TES) operation</i>
<i>Cooling</i>	<i>Cooling-2a</i>	<i>Generator control for cooling</i>
<i>Cooling</i>	<i>Cooling-2b</i>	<i>Sequencing of different cooling generators</i>
<i>Cooling</i>	<i>Cooling-3</i>	<i>Report information regarding cooling system performance</i>
<i>Controlled ventilation</i>	<i>Ventilation-1a</i>	<i>Supply air flow control at the room level</i>
<i>Controlled ventilation</i>	<i>Ventilation-1b</i>	<i>Adjust the outdoor air flow rate</i>
<i>Controlled ventilation</i>	<i>Ventilation-1c</i>	<i>Air flow or pressure control at the air handler level</i>
<i>Controlled ventilation</i>	<i>Ventilation-2a</i>	<i>Room air temp. control (all-air systems)</i>
<i>Controlled ventilation</i>	<i>Ventilation-2b</i>	<i>Room air temp. control (Combined air- water systems)</i>
<i>Controlled ventilation</i>	<i>Ventilation-2c</i>	<i>Heat recovery control: prevention of overheating</i>
<i>Controlled ventilation</i>	<i>Ventilation-2d</i>	<i>Supply air temperature control</i>
<i>Controlled ventilation</i>	<i>Ventilation-3</i>	<i>Free cooling with mechanical ventilation system</i>
<i>Controlled ventilation</i>	<i>Ventilation-4</i>	<i>Heat recovery control: icing protection</i>
<i>Controlled ventilation</i>	<i>Ventilation-5</i>	<i>Humidity control</i>
<i>Controlled ventilation</i>	<i>Ventilation-6</i>	<i>Reporting information regarding IAQ</i>
<i>Lighting</i>	<i>Lighting-1a</i>	<i>Occupancy control for indoor lighting</i>
<i>Lighting</i>	<i>Lighting-1b</i>	<i>Mood and time based control of lighting in buildings</i>
<i>Lighting</i>	<i>Lighting-2</i>	<i>Control artificial lighting power based on daylight levels</i>
<i>Dynamic building envelope</i>	<i>DE-1</i>	<i>Window solar shading control</i>
<i>Dynamic building envelope</i>	<i>DE-2</i>	<i>Window open/closed control, combined with HVAC system</i>
<i>Dynamic building envelope</i>	<i>DE-3</i>	<i>Changing window spectral properties</i>
<i>Energy generation</i>	<i>EG-1</i>	<i>Amount of on-site renewable energy generation</i>

Fonte: "Support for setting up a Smart Readiness Indicator for buildings and related impact assessment final report", 2018. [38]

Tabela A. 6 (continuação) - Todos os serviços considerados no estudo do SRI. [38]

<i>Domain</i>	<i>Code</i>	<i>Smart ready service</i>
<i>Energy generation</i>	<i>EG-2</i>	<i>Reporting information regarding energy generation</i>
<i>Energy generation</i>	<i>EG-3</i>	<i>Storage of locally generated energy</i>
<i>Energy generation</i>	<i>EG-4</i>	<i>Optimizing self-consumption of locally generated energy</i>
<i>Energy generation</i>	<i>EG-5</i>	<i>CHP control</i>
<i>Demand side management</i>	<i>DSM-1</i>	<i>Services for integration of renewables into the building energy portfolio</i>
<i>Demand side management</i>	<i>DSM-2</i>	<i>Services for integrating battery storage systems into energy portfolio</i>
<i>Demand side management</i>	<i>DSM-3</i>	<i>Support of microgrid operation modes</i>
<i>Demand side management</i>	<i>DSM-4</i>	<i>Integration of smart appliances</i>
<i>Demand side management</i>	<i>DSM-5</i>	<i>Power flows measurement and communications</i>
<i>Demand side management</i>	<i>DSM-6</i>	<i>Energy delivery KPI tracking and calculation</i>
<i>Demand side management</i>	<i>DSM-7</i>	<i>Fault location and detection</i>
<i>Demand side management</i>	<i>DSM-8</i>	<i>Fault prevention and risk assessment</i>
<i>Demand side management</i>	<i>DSM-9</i>	<i>Fraud detection and losses calculation</i>
<i>Demand side management</i>	<i>DSM-10</i>	<i>Neighbourhood energy efficiency calculation</i>
<i>Demand side management</i>	<i>DSM-11</i>	<i>Demand prediction</i>
<i>Demand side management</i>	<i>DSM-12</i>	<i>Information exchange on renewables generation prediction</i>
<i>Demand side management</i>	<i>DSM-13</i>	<i>Heat management for a multi-tenant house by aggregator</i>
<i>Demand side management</i>	<i>DSM-14</i>	<i>Flexible start and switch off of home appliances</i>
<i>Demand side management</i>	<i>DSM-15</i>	<i>DSM control of a device by an aggregator</i>
<i>Demand side management</i>	<i>DSM-16</i>	<i>Energy storage penetration prediction</i>
<i>Demand side management</i>	<i>DSM-17</i>	<i>Smart Grid Integration</i>
<i>Demand side management</i>	<i>DSM-18</i>	<i>DSM control of equipment</i>
<i>Demand side management</i>	<i>DSM-19</i>	<i>Connecting PV to DSO grid</i>
<i>Demand side management</i>	<i>DSM-20</i>	<i>Reporting information regarding DSM</i>
<i>Demand side management</i>	<i>DSM-21</i>	<i>Override of DSM control</i>
<i>Electric vehicle charging</i>	<i>EV-1</i>	<i>Charging whenever needed at the charging pole of the building ("dumb charging service")</i>

Fonte: "Support for setting up a Smart Readiness Indicator for buildings and related impact assessment final report", 2018. [38]

Tabela A. 6 (continuação) - Todos os serviços considerados no estudo do SRI. [38]

<i>Domain</i>	<i>Code</i>	<i>Smart ready service</i>
<i>Electric vehicle charging</i>	<i>EV-2</i>	<i>Charging with local, building system based control (price signal based charging)</i>
<i>Electric vehicle charging</i>	<i>EV-3</i>	<i>Charging with aggregated control (EV responsible party as VPP balancing responsible party)</i>
<i>Electric vehicle charging</i>	<i>EV-4</i>	<i>Charging with aggregated control (EV responsible party under a balance responsible party)</i>
<i>Electric vehicle charging</i>	<i>EV-5</i>	<i>Grid connected heating for EV in winter time</i>
<i>Electric vehicle charging</i>	<i>EV-6</i>	<i>Providing system services to DSO operations</i>
<i>Electric vehicle charging</i>	<i>EV-7</i>	<i>Charging for optimization of the EV battery life-cycle</i>
<i>Electric vehicle charging</i>	<i>EV-8</i>	<i>Charging at a commercial building site - roaming</i>
<i>Electric vehicle charging</i>	<i>EV-9</i>	<i>Charging based on DSO price tags - "local wind storage"</i>
<i>Electric vehicle charging</i>	<i>EV-10</i>	<i>Providing the state-of-charge to home display</i>
<i>Electric vehicle charging</i>	<i>EV-11</i>	<i>Fast charging services - mode 4</i>
<i>Electric vehicle charging</i>	<i>EV-12</i>	<i>Vehicle to grid operation and control</i>
<i>Electric vehicle charging</i>	<i>EV-13</i>	<i>EV Charging Capacity</i>
<i>Electric vehicle charging</i>	<i>EV-14</i>	<i>EV Charging Grid balancing</i>
<i>Electric vehicle charging</i>	<i>EV-15</i>	<i>EV charging information and connectivity</i>
<i>Monitoring and control</i>	<i>MC-1</i>	<i>Heating and cooling set point management</i>
<i>Monitoring and control</i>	<i>MC-2</i>	<i>Control of thermal exchanges</i>
<i>Monitoring and control</i>	<i>MC-3</i>	<i>Run time management of HVAC systems</i>
<i>Monitoring and control</i>	<i>MC-4</i>	<i>Detecting faults of technical building systems and providing support to the diagnosis of these faults</i>
<i>Monitoring and control</i>	<i>MC-5</i>	<i>Reporting information regarding current energy consumption</i>
<i>Monitoring and control</i>	<i>MC-6</i>	<i>Reporting information regarding historical energy consumption</i>
<i>Monitoring and control</i>	<i>MC-7</i>	<i>Reporting information regarding predicted energy consumption</i>
<i>Monitoring and control</i>	<i>MC-9</i>	<i>Occupancy detection: connected services</i>
<i>Monitoring and control</i>	<i>MC-10</i>	<i>Occupancy detection: space and activity</i>
<i>Monitoring and control</i>	<i>MC-11</i>	<i>Remote surveillance of building behavior</i>
<i>Monitoring and control</i>	<i>MC-12</i>	<i>Central off-switch for appliances at home</i>

Fonte: "Support for setting up a Smart Readiness Indicator for buildings and related impact assessment final report", 2018. [38]

Tabela A. 6 (continuação) - Todos os serviços considerados no estudo do SRI. [38]

<i>Domain</i>	<i>Code</i>	<i>Smart ready service</i>
<i>Monitoring and control</i>	<i>MC-13</i>	<i>Central reporting of TBS performance and energy use</i>
<i>Various</i>	<i>VA-1</i>	<i>Coming home - leaving home functions</i>
<i>Various</i>	<i>VA-2</i>	<i>Inactivity recognition services</i>
<i>Various</i>	<i>VA-3</i>	<i>Multi-tenant access control for buildings without keys</i>
<i>Various</i>	<i>VA-4</i>	<i>Occupants Wellbeing and health status monitoring services</i>
<i>Various</i>	<i>VA-5</i>	<i>Dementia monitoring</i>
<i>Various</i>	<i>VA-6</i>	<i>Rain water Collection</i>
<i>Various</i>	<i>VA-7</i>	<i>Smoke detection</i>
<i>Various</i>	<i>VA-8</i>	<i>Water leakage detection</i>
<i>Various</i>	<i>VA-9</i>	<i>Carbon Monoxide detection</i>
<i>Various</i>	<i>VA-10</i>	<i>Emergency notification services</i>
<i>Various</i>	<i>VA-11</i>	<i>Smart testing of emergency lighting</i>
<i>Various</i>	<i>VA-12</i>	<i>Intelligent alerting on building events</i>
<i>Various</i>	<i>VA-13</i>	<i>Energy Cost Allocation for heating, cooling and water</i>
<i>Various</i>	<i>VA-14</i>	<i>Lifts and elevators: Control and dispatching</i>
<i>Various</i>	<i>VA-15</i>	<i>Lift and elevator monitoring and maintenance</i>
<i>Various</i>	<i>VA-16</i>	<i>Lift and elevator energy recovery management</i>

Fonte: "Support for setting up a Smart Readiness Indicator for buildings and related impact assessment final report", 2018. [38]

Anexo C. Redução do Catálogo dos 115 Serviços para os 54 Serviços usados no Método Detalhado

Tabela A. 7 - Serviços considerados na avaliação detalhada do SRI. [41]

Domain	Smart ready service	Functionality level 0 (as non-smart default)	Functionality level 1	Functionality level 2	Functionality level 3	Functionality level 4
Heating	Heat emission control	No automatic control	Central automatic control (e.g. central thermostat)	Individual room control (e.g. thermostatic valves, or electronic controller)	Individual room control with communication between controllers and to BACS	Individual room control with communication and occupancy detection
Heating	Emission TABS (heating mode)	No control	Central control	Advanced automatic control	Advanced automatic with operation room feedback control	
Heating	Control of distribution fluid temperature (supply or return air flow or water flow) - Similar function can be applied to the control of direct electric heating networks	No automatic control	Outside temperature compensated control	Demand based control		
Heating	Control of distribution pumps in networks	No automatic control	On off control	Multi-Stage control	Variable speed pump control (pump unit (internal) estimations)	Variable speed pump control (external demand signal)
Heating	Thermal Storage (TES) building (excluding TABS)	Continuous operation	Time-scheduled storage operation	Load based storage operation	Heat storage capable of control signals (e.g. DSM)	
Heating	Heat generator control (all except heat pumps)	Constant temperature control	Variable temperature control depending on outdoor temperature	Variable temperature control depending on the load (e.g. depending on supply water temperature set point)		

Fonte: “3rd interim report of the 2nd technical support study on the smart readiness indicator for buildings”, 2020. [41]

Tabela A. 7 (continuação) - Serviços considerados na avaliação detalhada do SRI. [41]

Domain	Smart ready service	Functionality level 0 (as non-smart default)	Functionality level 1	Functionality level 2	Functionality level 3	Functionality level 4
Heating	Heat generator control (for heat pumps)	On/Off-control of heat generator	Multi-stage control of heat generator capacity depending on the load or demand (e.g. on/off of several compressors)	Variable control of heat generator capacity depending on the load or demand (e.g. hot gas bypass, inverter frequency control)	Variable control of heat generator capacity depending on the load AND external signals from grid	
Heating	Sequencing in case of different heat generators	Priorities only based on running time	Control according to fixed priority list: e.g. based on rated energy efficiency	Control according to dynamic priority list (based on current energy efficiency, carbon emissions and capacity of generators, e.g. solar, geothermal heat, cogeneration plant, fossil fuels)	Control according to dynamic priority list (based on current AND predicted load, energy efficiency, carbon emissions and capacity of generators)	Control according to dynamic priority list (based on current AND predicted load, energy efficiency, carbon emissions, capacity of generators AND external signals from grid)
Heating	Report information regarding HEATING system performance	None	Central or remote reporting of current performance KPIs (e.g. temperatures, submetering energy usage)	Central or remote reporting of current performance KPIs and historical data	Central or remote reporting of performance evaluation including forecasting and/or benchmarking	Central or remote reporting of performance evaluation including forecasting and/or benchmarking; also including predictive management and fault detection.
Heating	Flexibility and grid interaction	No automatic control	Scheduled operation of heating system	Self-learning optimal control of heating system	Heating system capable of flexible control through grid signals (e.g. DSM)	Optimized control of heating system based on local predictions and grid signals (e.g. through model predictive control)
Domestic hot water	Control of DHW storage charging (with direct electric heating or integrated electric heat pump)	Automatic control on / off	Automatic control on / off and scheduled charging enable	Automatic control on / off and scheduled charging enable and multi- sensor storage management	Automatic charging control based on local availability of renewables or information from electricity grid (DR, DSM)	
Domestic hot water	Control of DHW storage charging (with direct electric heating or integrated electric heat pump)	Automatic control on / off	Automatic control on / off and scheduled charging enable	Automatic control on / off and scheduled charging enable and multi- sensor storage management	Automatic charging control based on local availability of renewables or information from electricity grid (DR, DSM)	

Fonte: “3rd interim report of the 2nd technical support study on the smart readiness indicator for buildings”, 2020. [41]

Tabela A. 7 (continuação) - Serviços considerados na avaliação detalhada do SRI. [41]

Domain	Smart ready service	Functionality level 0 (as non-smart default)	Functionality level 1	Functionality level 2	Functionality level 3	Functionality level 4
Domestic hot water	Control of DHW storage charging (with direct electric heating or integrated electric heat pump)	Automatic control on / off	Automatic control on / off and scheduled charging enable	Automatic control on / off and scheduled charging enable and multi-sensor storage management	Automatic charging control based on local availability of renewables or information from electricity grid (DR, DSM)	
Domestic hot water	Control of DHW storage charging (using hot water generation)	Automatic control on / off	Automatic control on / off and scheduled charging enable	Automatic on/off control, scheduled charging enable and demand-based supply temperature control or multi-sensor storage management	DHW production system capable of automatic charging control based on external signals (e.g. from district heating grid)	
Domestic hot water	Control of DHW storage charging (with solar collector and supplementary heat generation)	Manual selected control of solar energy or heat generation	Automatic control of solar storage charge (Prio. 1) and supplementary storage charge	Automatic control of solar storage charge (Prio. 1) and supplementary storage charge and demand-oriented supply or multi-sensor storage management	Automatic control of solar storage charge (Prio. 1) and supplementary storage charge, demand-oriented supply and return temperature control and multi-sensor storage management	
Domestic hot water	Sequencing in case of different DHW generators	Priorities only based on running time	Control according to fixed priority list: e.g. based on rated energy efficiency	Control according to dynamic priority list (based on current energy efficiency, carbon emissions and capacity of generators, e.g. solar, geothermal heat, cogeneration plant, fossil fuels)	Control according to dynamic priority list (based on current AND predicted load, energy efficiency, carbon emissions and capacity of generators)	Control according to dynamic priority list (based on current AND predicted load, energy efficiency, carbon emissions, capacity of generators AND external signals from grid)
Domestic hot water	Report information regarding domestic hot water performance	None	Indication of actual values (e.g. temperatures, submetering energy usage)	Actual values and historical data	Performance evaluation including forecasting and/or benchmarking	Performance evaluation including forecasting and/or benchmarking; also including predictive management and fault detection
Cooling	Cooling emission control	No automatic control	Central automatic control	Individual room control	Individual room control with communication between controllers and to BACS	Individual room control with communication and occupancy detection
Cooling	Emission control for TABS (cooling mode)	No automatic control	Central automatic control	Advanced central automatic control	Advanced central automatic control with intermittent operation and/or room temperature feedback control	

Fonte: “3rd interim report of the 2nd technical support study on the smart readiness indicator for buildings”, 2020. [41]

Tabela A. 7 (continuação) - Serviços considerados na avaliação detalhada do SRI. [41]

Domain	Smart ready service	Functionality level 0 (as non-smart default)	Functionality level 1	Functionality level 2	Functionality level 3	Functionality level 4
Cooling	Control of distribution network chilled water temperature (supply or return)	Constant temperature control	Outside temperature compensated control	Demand based control		
Cooling	Control of distribution pumps in networks	No automatic control	On off control	Multi-Stage control	Variable speed pump control (pump unit (internal) estimations)	Variable speed pump control (external demand signal)
Cooling	Interlock: avoiding simultaneous heating and cooling in the same room	No interlock	Partial interlock (minimising risk of simultaneous heating and cooling e.g. by sliding setpoints)	Total interlock (control system ensures no simultaneous heating and cooling can take place)		
Cooling	Control of Thermal Energy Storage (TES) operation	Continuous storage operation	Time-scheduled storage operation	Load prediction based storage operation	Cold storage capable of flexible control through grid signals (e.g. DSM)	
Cooling	Generator control for cooling	On/Off-control of cooling production	Multi-stage control of cooling production capacity depending on the load or demand (e.g. on/off of several compressors)	Variable control of cooling production capacity depending on the load or demand (e.g. hot gas bypass, inverter frequency control)	Variable control of cooling production capacity depending on the load AND external signals from grid	
Cooling	Sequencing of different cooling generators	Priorities only based on running times	Fixed sequencing based on loads only: e.g. depending on the generators characteristics such as absorption chiller vs. centrifugal chiller	Dynamic priorities based on generator efficiency and characteristics (e.g. availability of free cooling)	Load prediction based sequencing: the sequence is based on e.g. COP and available power of a device and the predicted required power	Sequencing based on dynamic priority list, including external signals from grid
Cooling	Report information regarding cooling system performance	None	Central or remote reporting of current performance KPIs (e.g. temperatures, submetering energy usage)	Central or remote reporting of current performance KPIs and historical data	Central or remote reporting of performance evaluation including forecasting and/or benchmarking	Central or remote reporting of performance evaluation including forecasting and/or benchmarking; also including predictive management and fault detection

Fonte: “3rd interim report of the 2nd technical support study on the smart readiness indicator for buildings”, 2020. [41]

Tabela A. 7 (continuação) - Serviços considerados na avaliação detalhada do SRI. [41]

Domain	Smart ready service	Functionality level 0 (as non-smart default)	Functionality level 1	Functionality level 2	Functionality level 3	Functionality level 4
Cooling	Flexibility and grid interaction	No automatic control	Scheduled operation of cooling system	Self-learning optimal control of cooling system	Cooling system capable of flexible control through grid signals (e.g. DSM)	Optimized control of cooling system based on local predictions and grid signals (e.g. through model predictive control)
Controlled ventilation	Supply air flow control at the room level	No ventilation system or manual control	Clock control	Occupancy detection control	Central Demand Control based on air quality sensors (CO ₂ , VOC, humidity, ...)	Local Demand Control based on air quality sensors (CO ₂ , VOC,...) with local flow from/to the zone regulated by dampers
Controlled ventilation	Air flow or pressure control at the air handler level	No automatic control: Continuously supplies of air flow for a maximum load of all rooms	On off time control: Continuously supplies of air flow for a maximum load of all rooms during nominal occupancy time	Multi-stage control: To reduce the auxiliary energy demand of the fan	Automatic flow or pressure control without pressure reset: Load dependent supplies of air flow for the demand of all connected rooms.	Automatic flow or pressure control with pressure reset: Load dependent supplies of air flow for the demand of all connected rooms (for variable air volume systems with VFD).
Controlled ventilation	Heat recovery control: prevention of overheating	Without overheating control	Modulate or bypass heat recovery based on sensors in air exhaust	Modulate or bypass heat recovery based on multiple room temperature sensors or predictive control		
Controlled ventilation	Supply air temperature control at the air handling unit level	No automatic control	Constant setpoint: A control loop enables to control the supply air temperature, the setpoint is constant and can only be modified by a manual action	Variable set point with outdoor temperature compensation	Variable set point with load dependent compensation. A control loop enables to control the supply air temperature. The setpoint is defined as a function of the loads in the room	
Controlled ventilation	Free cooling with mechanical ventilation system	No automatic control	Night cooling	Free cooling: air flows modulated during all periods of time to minimize the amount of mechanical cooling	H,x- directed control: The amount of outside air and recirculation air are modulated during all periods of time to minimize the amount of mechanical cooling. Calculation is performed on the basis of temperatures and humidity.	

Fonte: "3rd interim report of the 2nd technical support study on the smart readiness indicator for buildings", 2020. [41]

Tabela A. 7 (continuação) - Serviços considerados na avaliação detalhada do SRI. [41]

Domain	Smart ready service	Functionality level 0 (as non-smart default)	Functionality level 1	Functionality level 2	Functionality level 3	Functionality level 4
Controlled ventilation	Reporting information regarding IAQ	None	Air quality sensors (e.g. CO2) and real time autonomous monitoring	Real time monitoring & historical information of IAQ available to occupants	Real time monitoring & historical information of IAQ available to occupants + warning on maintenance needs or occupant actions (e.g. window opening)	
Lighting	Occupancy control for indoor lighting	Manual on/off switch	Manual on/off switch + additional sweeping extinction signal	Automatic detection (auto on / dimmed or auto off)	Automatic detection (manual on / dimmed or auto off)	
Lighting	Control artificial lighting power based on daylight levels	Manual (central)	Manual (per room / zone)	Automatic switching	Automatic dimming	Automatic dimming including scene- based light control (during time intervals, dynamic and adapted lighting scenes are set, for example, in terms of illuminance level, different correlated colour temperature (CCT) and the possibility to change the light distribution within the space according to e. g. design, human needs, visual tasks)
Dynamic building envelope	Window solar shading control	No sun shading or only manual operation	Motorized operation with manual control	Motorized operation with automatic control based on sensor data	Combined light/blind/HVAC control	Predictive blind control (e.g. based on weather forecast)
Dynamic building envelope	Window open/closed control, combined with HVAC system	Manual operation or only fixed windows	Open/closed detection to shut down heating or cooling systems	Level 1 + Automised mechanical window opening based on room sensor data	Level 2 + Centralized coordination of operable windows, e.g. to control free natural night cooling	
Dynamic building envelope	Reporting information regarding performance of dynamic building envelope systems	No reporting	Position of each product & fault detection	Position of each product, fault detection & predictive maintenance	Position of each product, fault detection, predictive maintenance, real-time sensor data (wind, lux, temperature...)	Position of each product, fault detection, predictive maintenance, real-time & historical sensor data (wind, lux, temperature...)

Fonte: “3rd interim report of the 2nd technical support study on the smart readiness indicator for buildings”, 2020. [41]

Tabela A. 7 (continuação) - Serviços considerados na avaliação detalhada do SRI. [41]

Domain	Smart ready service	Functionality level 0 (as non-smart default)	Functionality level 1	Functionality level 2	Functionality level 3	Functionality level 4
Electricity	Reporting information regarding local electricity generation	None	Current generation data available	Actual values and historical data	Performance evaluation including forecasting and/or benchmarking	Performance evaluation including forecasting and/or benchmarking; also including predictive
Electricity	Storage of (locally generated) electricity	None	On site storage of electricity (e.g. electric battery)	On site storage of energy (e.g. electric battery or thermal storage) with controller based on grid signals	On site storage of energy (e.g. electric battery or thermal storage) with controller optimising the use of locally generated electricity	On site storage of energy (e.g. electric battery or thermal storage) with controller optimising the use of locally generated electricity and possibility to feed
Electricity	Optimizing self-consumption of locally generated electricity	None	Scheduling electricity consumption (plug loads, white goods, etc.)	Automated management of local electricity consumption based on current renewable energy availability	Automated management of local electricity consumption based on current and predicted energy needs and renewable energy availability	
Electricity	Control of combined heat and power plant (CHP)	CHP control based on scheduled runtime management and/or current heat energy demand	CHP runtime control influenced by the fluctuating availability of RES; overproduction will be fed into the grid	CHP runtime control influenced by the fluctuating availability of RES and grid signals; dynamic charging and runtime control to optimise self-consumption of renewables		
Electricity	Support of (micro)grid operation modes	None	Automated management of (building-level) electricity consumption based on grid signals	Automated management of (building-level) electricity consumption and electricity supply to neighbouring buildings (microgrid) or grid	Automated management of (building-level) electricity consumption and supply, with potential to continue limited off-grid operation (island mode)	
Electricity	Reporting information regarding energy storage	None	Current state of charge (SOC) data available	Actual values and historical data	Performance evaluation including forecasting and/or benchmarking	Performance evaluation including forecasting and/or benchmarking; also including predictive management and fault detection

Fonte: “3rd interim report of the 2nd technical support study on the smart readiness indicator for buildings”, 2020. [41]

Tabela A. 7 (continuação) - Serviços considerados na avaliação detalhada do SRI. [41]

Domain	Smart ready service	Functionality level 0 (as non-smart default)	Functionality level 1	Functionality level 2	Functionality level 3	Functionality level 4
Electricity	Reporting information regarding electricity consumption	None	reporting on current electricity consumption on building level	real-time feedback or benchmarking on building level	real-time feedback or benchmarking on appliance level	real-time feedback or benchmarking on appliance level with automated personalized recommendations
Electric vehicle charging	EV Charging Capacity	not present	ducting (or simple power plug) available	0-9% of parking spaces has recharging points	10-50% of parking spaces has recharging point	>50% of parking spaces has recharging point
Electric vehicle charging	EV Charging Grid balancing	Not present (uncontrolled charging)	1-way controlled charging (e.g. including desired departure time and grid signals for optimization)	2-way controlled charging (e.g. including desired departure time and grid signals for optimization)		
Electric vehicle charging	EV charging information and connectivity	No information available	Reporting information on EV charging status to occupant	Reporting information on EV charging status to occupant AND automatic identification and authorization of the driver to the charging station (ISO 15118 compliant)		
Monitoring and control	Run time management of HVAC systems	Manual setting	Runtime setting of heating and cooling plants following a predefined time schedule	Heating and cooling plant on/off control based on building loads	Heating and cooling plant on/off control based on predictive control or grid signals	
Monitoring and control	Detecting faults of technical building systems and providing support to the diagnosis of these faults	No central indication of detected faults and alarms	With central indication of detected faults and alarms for at least 2 relevant TBS	With central indication of detected faults and alarms for all relevant TBS	With central indication of detected faults and alarms for all relevant TBS, including diagnosing functions	
Monitoring and control	Occupancy detection: connected services	None	Occupancy detection for individual functions, e.g. lighting	Centralised occupant detection which feeds in to several TBS such as lighting and heating		
Monitoring and control	Central reporting of TBS performance and energy use	None	Central or remote reporting of realtime energy use per energy carrier	Central or remote reporting of realtime energy use per energy carrier, combining TBS of at least 2 domains in one interface	Central or remote reporting of realtime energy use per energy carrier, combining TBS of all main domains in one interface	

Fonte: "3rd interim report of the 2nd technical support study on the smart readiness indicator for buildings", 2020. [41]

Tabela A. 7 (continuação) - Serviços considerados na avaliação detalhada do SRI. [41]

Domain	Smart ready service	Functionality level 0 (as non-smart default)	Functionality level 1	Functionality level 2	Functionality level 3	Functionality level 4
Monitoring and control	Smart Grid Integration	None - No harmonization between grid and TBS; building is operated independently from the grid load	Demand side management possible for (some) individual TBS, but not coordinated over various domains	Coordinated demand side management of multiple TBS		
Monitoring and control	Reporting information regarding demand side management performance and operation	None	Reporting information on current DSM status, including managed energy flows	Reporting information on current historical and predicted DSM status, including managed energy flows		
Monitoring and control	Override of DSM control	No DSM control	DSM control without the possibility to override this control by the building user (occupant or facility manager)	Manual override and reactivation of DSM control by the building user	Scheduled override of DSM control (and reactivation) by the building user	Scheduled override of DSM control and reactivation with optimised control
Monitoring and control	Single platform that allows automated control & coordination between TBS + optimization of energy flow based on occupancy, weather and grid signals	None	Single platform that allows manual control of multiple TBS	Single platform that allows automated control & coordination between TBS	Single platform that allows automated control & coordination between TBS + optimization of energy flow based on occupancy, weather and grid signals	

Fonte: “3rd interim report of the 2nd technical support study on the smart readiness indicator for buildings”, 2020. [41]

Anexo D. Redução do Catálogo dos 115 Serviços para os 27 Serviços usados no Método Simplificado

Tabela A. 8 - Serviços considerados na avaliação simplificada do SRI. [41]

Domain	Smart ready service	Functionality level 0 (as non-smart default)	Functionality level 1	Functionality level 2	Functionality level 3	Functionality level 4
Heating	Heat emission control	No automatic control	Central automatic control (e.g. central thermostat)	Individual room control (e.g. thermostatic valves, or electronic controller)	Individual room control with communication between controllers and to BACS	Individual room control with communication and presence control
Heating	Heat generator control (all except heat pumps)	Constant temperature control	Variable temperature control depending on outdoor temperature	Variable temperature control depending on the load (e.g. depending on supply water temperature set point)		
Heating	Heat generator control (heat pumps)	On/Off-control of heat generator	Multi-stage control of heat generator capacity depending on the load or demand (e.g. on/off of several compressors)	Variable control of heat generator capacity depending on the load or demand (e.g. hot gas bypass, inverter frequency control)	Variable control of heat generator capacity depending on the load AND external signals from grid	
Heating	Storage and shifting of thermal energy	None	HW storage vessels available	HW storage vessels controlled based on external signals (from BACS or grid)		
Heating	Report information regarding heating system performance	None	Central or remote reporting of current performance KPIs (e.g. temperatures, submetering energy usage)	Central or remote reporting of current performance KPIs and historical data	Central or remote reporting of performance evaluation including forecasting and/or benchmarking	Central or remote reporting of performance evaluation including forecasting and/or benchmarking; also including predictive management and fault detection
Domestic hot water	Control of DHW storage charging (with direct electric heating or integrated electric heat pump)	Automatic control on / off	Automatic control on / off and scheduled charging enable	Automatic on/off control, scheduled charging enable and demand-based supply temperature control or multi-sensor storage management		

Fonte: “3rd interim report of the 2nd technical support study on the smart readiness indicator for buildings”, 2020. [41]

Tabela A. 8 (continuação) - Serviços considerados na avaliação simplificada do SRI. [41]

Domain	Smart ready service	Functionality level 0 (as non-smart default)	Functionality level 1	Functionality level 2	Functionality level 3	Functionality level 4
Domestic hot water	Control of DHW storage charging	None	HW storage vessels available	Automatic charging control based on local availability of renewables or information from electricity grid (DR, DSM)		
Domestic hot water	Report information regarding domestic hot water performance	None	Indication of actual values (e.g. temperatures, submetering energy usage)	Actual values and historical data	Performance evaluation including forecasting and/or benchmarking	Performance evaluation including forecasting and/or benchmarking; also including predictive management and fault detection
Cooling	Cooling emission control	No automatic control	Central automatic control (e.g. central thermostat)	Individual room control (e.g. thermostatic valves, or electronic controller)	Individual room control with communication between controllers and to BACS	Individual room control with communication and occupancy detection
Cooling	Generator control for cooling	On/Off-control of cooling production	Multi-stage control of cooling production capacity depending on the load or demand (e.g. on/off of several compressors)	Variable control of cooling production capacity depending on the load or demand (e.g. hot gas bypass, inverter frequency control)	Variable control of cooling production capacity depending on the load AND external signals from grid	
Cooling	Flexibility and grid interaction	No automatic control	Scheduled operation of cooling system	Self-learning optimal control of cooling system	Cooling system capable of flexible control through grid signals (e.g. DSM)	Optimized control of cooling system based on local predictions and grid signals (e.g. through model predictive control)
Cooling	Report information regarding cooling system performance	None	Central or remote reporting of current performance KPIs (e.g. temperatures, submetering energy usage)	Central or remote reporting of current performance KPIs and historical data	Central or remote reporting of performance evaluation including forecasting and/or benchmarking	Central or remote reporting of performance evaluation including forecasting and/or benchmarking; also including predictive management and fault detection
Controlled ventilation	Supply air flow control at the room level	No ventilation system or manual control	Clock control	Occupancy detection control	Central Demand Control based on air quality sensors (CO ₂ , VOC, ...)	Local Demand Control based on air quality sensors (CO ₂ , VOC, ...) with local flow from/to the zone regulated by dampers

Fonte: “3rd interim report of the 2nd technical support study on the smart readiness indicator for buildings”, 2020. [41]

Tabela A. 8 (continuação) - Serviços considerados na avaliação simplificada do SRI. [41]

Domain	Smart ready service	Functionality level 0 (as non-smart default)	Functionality level 1	Functionality level 2	Functionality level 3	Functionality level 4
Controlled ventilation	Reporting information regarding IAQ	None	Air quality sensors (e.g. CO2) and real time autonomous monitoring	Real time monitoring & historical information of IAQ available to occupants	Real time monitoring & historical information of IAQ available to occupants + warning on maintenance needs or occupant actions (e.g. window opening)	
Lighting	Occupancy control for indoor lighting	Manual on/off switch	Manual on/off switch + additional sweeping extinction signal	Automatic detection (auto on / dimmed or auto off)	Automatic detection (manual on / dimmed or auto off)	
Dynamic building envelope	Window solar shading control	No sun shading or only manual operation	Motorized operation with manual control	Motorized operation with automatic control based on sensor data	Combined light/blind/HVAC control	Predictive blind control (e.g. based on weather forecast)
Dynamic building envelope	Reporting information regarding performance	No reporting	Position of each product & fault detection	Position of each product, fault detection & predictive maintenance	Position of each product, fault detection, predictive maintenance, real-time sensor data (wind, lux, temperature...)	Position of each product, fault detection, predictive maintenance, real-time & historical sensor data (wind, lux, temperature...)
Electricity	Storage of (locally generated) electricity	None	On site storage of electricity (e.g. electric battery)	On site storage of energy (e.g. electric battery or thermal storage) with controller based on grid signals	On site storage of energy (e.g. electric battery or thermal storage) with controller optimizing the use of locally generated electricity	On site storage of energy (e.g. electric battery or thermal storage) with controller optimizing the use of locally generated electricity and possibility to feed back into the grid
Electricity	Reporting information regarding electricity consumption	None	reporting on current electricity consumption on building level	real-time feedback or benchmarking on building level	real-time feedback or benchmarking on appliance level	real-time feedback or benchmarking on appliance level with automated personalized recommendations
Electricity	Reporting information regarding local electricity generation	None	Current generation data available	Actual values and historical data	Performance evaluation including forecasting and/or benchmarking	Performance evaluation including forecasting and/or benchmarking; also including predictive management and fault detection

Fonte: “3rd interim report of the 2nd technical support study on the smart readiness indicator for buildings”, 2020. [41]

Tabela A. 8 (continuação) - Serviços considerados na avaliação simplificada do SRI. [41]

Domain	Smart ready service	Functionality level 0 (as non-smart default)	Functionality level 1	Functionality level 2	Functionality level 3	Functionality level 4
Electricity	Reporting information regarding energy storage	None	Current state of charge (SOC) data available	Actual values and historical data	Performance evaluation including forecasting and/or benchmarking	Performance evaluation including forecasting and/or benchmarking; also including predictive management and fault detection
Electric vehicle charging	Charging capacity	not present	ducting (or simple power plug) available	0-9% of parking spaces has recharging points	10-50% of parking spaces has recharging point	>50% of parking spaces has recharging point
Electric vehicle charging	EV Charging Grid balancing	Not present (uncontrolled charging)	1-way controlled charging (e.g. including desired departure time and grid signals for optimization)	2-way controlled charging (e.g. including desired departure time and grid signals for optimization)		
Electric vehicle charging	EV charging information and connectivity	No information available	Reporting information on EV charging status to occupant	Reporting information on EV charging status to occupant AND automatic identification and authorization of the driver to the charging station (ISO 15118 compliant)		
Monitoring and control	Single platform that allows automated control & coordination between TBS + optimization of energy flow based on occupancy, weather and grid signals	None	Single platform that allows manual control of multiple TBS	Single platform that allows automated control & coordination between TBS	Single platform that allows automated control & coordination between TBS + optimization of energy flow based on occupancy, weather, and grid signals	
Monitoring and control	Smart Grid Integration	None - No harmonization between grid and TBS; building is operated independently from the grid load	Demand side management possible for (some) individual TBS, but not coordinated over various domains	Coordinated demand side management of multiple TBS		
Monitoring and control	Central reporting of TBS performance and energy use	None	Central o remote reporting of real-time energy use per energy carrier	Central o remote reporting of real-time energy use per energy carrier, combining TBS of at least 2 domains in one interface	Central o remote reporting of real-time energy use per energy carrier, combining TBS of all domains in one interface	

Fonte: “3rd interim report of the 2nd technical support study on the smart readiness indicator for buildings”, 2020. [41]

Anexo E. Processo de Triagem

Este anexo foi retirado do: “3rd interim report of the 2nd technical support study on the smart readiness indicator for buildings”, 2020. [41]

Ao excerto retirado foram acrescentadas algumas notas.

Heating/Aquecimento –

- **Emission type (tipo de emissor de calor):**
 - **TABS (Thermo-Active Building System)** - aplica-se a sistemas de aquecimento incorporados na superfície ou no betão de construção de um edifício (lajes, paredes). Piso radiante não é considerado TABS.
 - **Other hydronic system (eg. radiators)** - Sistemas que usam um fluido como meio de transferência de calor (Água, óleo, etc.).
 - **Non-hydronic system** - sistemas que não usam um fluido como meio de transferência de calor (sistemas de aquecimento a ar).
- **Thermal energy storage:**
 - **Storage presente** - aplica-se a sistemas de aquecimento que incluem recursos de armazenamento, por exemplo sob a forma de um reservatório. Isso não inclui piso radiante ou TABS.
 - **No Storage present** - quando não existe capacidade de armazenamento.
- **Production type:**
 - **District heating**
 - **Heat pump**
 - **Central Heating - combustion (oil or gas)**
 - **Central heating - other**
 - **Decentral heating** - aplica-se a Recuperadores de Calor/Aquecedores Elétricos/Ar-Condicionado individuais.
- **Multiple Generators:**
 - **Single** - Apenas um gerador.
 - **Multiple** - Isso aplica-se tanto a múltiplos geradores que usam a mesma fonte de energia (por exemplo, caldeira a gás) ou a sistemas híbridos (por exemplo, bomba de calor e caldeira a gás). Nesse contexto, o aquecimento urbano também é considerado um gerador de calor.

Avaliar:

- *Heating-1a Heat emission control (Obrigatório se existir aquecimento)*
- *Heating-1b Emission control for TABS (Thermo-Active Building Systems) (heating mode) (Energia térmica na envolvente do edifício) (Obrigatório se existir TABS)*
- *Heating-1c Control of distribution network fluid temperature (supply or return air flow or water flow) - Similar function can be applied to the control of direct electric heating networks (Não aplicado no caso de Aquecimentos Individuais ex.: Lareira ou Recuperador de calor, aquecedores)*

- *Heating-1d Control of distribution pumps in networks* (Obrigatório se o Sistema for Hídrico (água usada como meio de transferência de calor))
- *Heating-1f Thermal Energy Storage (TES) for building heating (excluding TABS)* (Obrigatório se TES Presente)
- *Heating-2a Heat generator control (for combustion and district heating)* (Obrigatório se Sistema de combustão ou rede urbana)
- *Heating-2b Heat generator control (for heat pumps)* (Obrigatório no caso de Bombas de Calor)
- *Heating-2d Sequencing in case of different heat generators* (Obrigatório se existirem vários geradores)
- *Heating-3 Report information regarding HEATING system performance* (Obrigatório se existir aquecimento)
- *Heating-4 Flexibility and grid interaction* (Obrigatório se existir aquecimento)

AQS –

- **Production type:**
 - **Electric** - produção de água quente através de eletricidade.
 - **Non-electric** - aplica-se à produção não elétrica de água quente, como por exemplo caldeiras a gasóleo ou gás.
- **Storage present:**
 - **Storage present** - sistemas de AQS com reservatório de armazenamento.
 - **No Storage present** - sistemas de AQS sem reservatório de armazenamento.
- **Solar collectors:**
 - **Present** - Painéis solares utilizados para AQS.
 - **Not present** - Sem painéis solares para AQS.

Avaliar:

- *DHW-1a Control of DHW storage charging (with direct electric heating or integrated electric heat pump)* (Obrigatório se Aquecimento elétrico ou Bomba de Calor)
- *DHW-1b Control of DHW storage charging (using hot water generation)* (Obrigatório se o aquecimento da água não é elétrico)
- *DHW-1d Control of DHW storage charging (with solar collector and supplementary heat generation)* (Obrigatório na presença de coletor solar)
- *DHW-2b Sequencing in case of different DHW generators* (Obrigatório se existirem vários geradores)

- *DHW-3 Report information regarding domestic hot water performance* (Obrigatório se existir AQS)

Cooling / Arrefecimento –

- **Emission type:**
 - **TABS (Thermo-Active Building System)** - aplica-se a sistemas de arrefecimento incorporados na superfície ou no betão de construção de um edifício (lajes, paredes). Não inclui Piso Radiante.
 - **Other hydronic system (eg. radiators)** - Sistemas que usam um fluído como meio de transferência de calor (Água, óleo, etc.).
 - **Non-hydronic system** - sistemas que não usam um fluído como meio de transferência de calor (sistemas de aquecimento a ar).
- **Thermal energy storage:**
 - **Storage presente** - aplica-se a sistemas de aquecimento que incluem recursos de armazenamento, por exemplo sob a forma de um reservatório.
 - **No Storage presente** - quando não existe capacidade de armazenamento.
- **Multiple Generators:**
 - **Single** - Apenas um gerador.
 - **Multiple** - Isso aplica-se a múltiplos geradores.

Avaliar:

- *Cooling-1a Cooling emission control* (Obrigatório se existir arrefecimento mecânico)
- *Cooling-1b Emission control for TABS (cooling mode)* (Obrigatório se TABS Presente)
- *Cooling-1c Control of distribution network chilled water temperature (supply or return)* (Obrigatório se existir arrefecimento mecânico com sistema de distribuição Hídrico)
- *Cooling-1d Control of distribution pumps in networks* (Obrigatório se existir arrefecimento mecânico com sistema de distribuição Hídrico)
- *Cooling-1f Interlock: avoiding simultaneous heating and cooling in the same room* (Obrigatório se existir aquecimento e arrefecimento mecânico)
- *Cooling-1g Control of Thermal Energy Storage (TES) operation* (Obrigatório se existir arrefecimento mecânico e TES)
- *Cooling-2a Generator control for cooling* (Obrigatório se existir arrefecimento mecânico)
- *Cooling-2b Sequencing of different cooling generators* (Obrigatório se existirem vários geradores)

- *Cooling-3 Report information regarding cooling system performance* (Obrigatório se existir arrefecimento mecânico)
- *Cooling-4 Flexibility and grid interaction* (Obrigatório se existir arrefecimento mecânico)

Controlled Ventilation / Ventilação

- **System type:**
 - **Mechanical ventilation** - aplica-se a todos os sistemas de ventilação acionados mecanicamente.
 - **Controlled natural ventilation** - aplica-se a sistemas de ventilação natural controlados ex: abertura automática de janelas ou outras aberturas de ventilação dedicadas. O controlo manual das aberturas não é considerado ventilação natural controlada.
- **Heat recovery (if mechanical ventilation):**
 - *Heat recovery*
 - *No heat recovery*
- **Space heating (if mechanical ventilation):**
 - *Used for space heating*
 - *Not used for space heating*
- **System sub-type (if space heating):**
 - **All-air** - aplica-se a sistemas de ventilação que usam o ar como meio para transportar energia da unidade de ventilação para o espaço.
 - **Combined air-water** - aplica-se a sistemas em que o ar e a água são usados para fornecer as condições necessárias ao espaço.

Avaliar:

- *Ventilation-1a Supply air flow control at the room level* (Obrigatório se existir ventilação mecânica)
- *Ventilation-1c Air flow or pressure control at the air handler level* (Obrigatório se existir ventilação mecânica)
- *Ventilation-2c "Heat recovery control: prevention of overheating"* (Obrigatório se existir ventilação mecânica com recuperação de calor)
- *Ventilation-2d Supply air temperature control at the air handling unit level* (Obrigatório no caso da ventilação mecânica que tenha função de aquecimento)
- *Ventilation-3 Free cooling with mechanical ventilation system* (Obrigatório no caso de ventilação mecânica ou ventilação híbrida)
- *Ventilation-6 Reporting information regarding IAQ* (Obrigatório se existir ventilação mecânica)

Dynamic Envelope / Dinâmica da envolvente do edifício

- **Movable shades, screens or blinds:**
 - **Present** - aplica-se tanto a dispositivos que fornecem proteção solar (para evitar sobreaquecimento) quanto a dispositivos que evitam o brilho excessivo.
 - **Not Present** - quando não existe presença dos dispositivos acima referidos.

Avaliar:

- *DE-1 Window solar shading control* (Obrigatório se existir persianas, cortinas/telas ou persianas móveis)
- *DE-2 Window open/closed control, combined with HVAC system* (Obrigatório)
- *DE-4 Reporting information regarding performance of dynamic building envelope systems* (Obrigatório se existir persianas, cortinas/telas ou persianas móveis)

Electricity / Eletricidade

- **On-site renewable electricity generation:**
 - **Present** - inclui células fotovoltaicas, eletricidade proveniente do aproveitamento do vento, CHP (renovável), etc. Este campo concentra-se na eletricidade pelo que os painéis solares são considerados aqui.
 - **Not Present** - não existe geração de eletricidade renovável no local.
- **Storage of on-site renewable electricity:**
 - **Present** - inclui baterias e armazenamento de energia térmica (TES).
 - **Not Present** - quando nenhum dos anteriores está presente.
- **CHP (Combined Heat and Power) (if on-site renewable):**
 - CHP present
 - No CHP

Avaliar:

- *electricity-2 Reporting information regarding local electricity generation* (Obrigatório se existir geração de energia local)
- *electricity-3 Storage of (locally generated) electricity* (Obrigatório se existir geração de energia local)
- *electricity-4 Optimizing self-consumption of locally generated energy* (Obrigatório se existir geração de energia local)
- *electricity-5 Control of combined heat and power plant (CHP)* (Obrigatório se existir CHP)
- *electricity-8 Support of (micro)grid operation modes* (Obrigatório)

- *electricity-11 Reporting information regarding energy storage* (Obrigatório se existir armazenamento de energia local)
- *electricity-12 Reporting information regarding electricity consumption* (Obrigatório)

EV Charging / Carregamento de VE

- **On-site parking spots:**
 - **On-site parking** - Para edifícios residenciais, isto pode incluir uma entrada de automóveis, garagem ou vaga de estacionamento (subterrâneo).
 - **No on-site parking** - sem parque de estacionamento ou com estacionamento público.
- **Electric vehicle charging spots:**
 - **EV charging** - aplica-se quando pelo menos um dos parques de estacionamento fornece um ponto de carregamento.
 - **No EV charging** - aplica-se quando nenhum dos parques de estacionamento fornece um ponto de carregamento.

Avaliar:

- *EV-15 EV Charging Capacity* (Obrigatório se existir parque de estacionamento)
- *EV-16 EV Charging Grid balancing* (Obrigatório se existir carregamento de veículos elétricos)
- *EV-17 EV charging information and connectivity* (Obrigatório se existir carregamento de veículos elétricos)

Lighting / Iluminação

Avaliar:

- *Lighting-1a Occupancy control for indoor lighting* (Obrigatório)
- *Lighting-2 Control artificial lighting power based on daylight levels* (Obrigatório)

Monitoring and Control / Monitorização e Controlo

Avaliar:

- *MC-3 Run time management of HVAC systems* (Obrigatório se existir sistemas HVAC)
- *MC-4 Detecting faults of technical building systems and providing support to the diagnosis of these faults* (Obrigatório se existir TBS)

- *MC-9 Occupancy detection: connected services (Obrigatório)*
- *MC-13 Central reporting of TBS performance and energy use (Obrigatório)*
- *MC-25 Smart Grid Integration (Obrigatório)*
- *MC-28 Reporting information regarding demand side management performance and operation (Obrigatório)*
- *MC-29 Override of DSM control (Obrigatório)*
- *MC-30 Single platform that allows automated control & coordination between TBS + optimization of energy flow based on occupancy, weather, and grid signals (Obrigatório)*

Anexo F. Descrição dos Serviços

Este anexo foi elaborado usando o documento Excel, fornecido pelo consórcio de estudo do SRI, “*annex-d_service-catalogue_detailed-method_final.xlsx*, [42]” e usando o documento “*Building Automation - Impact on energy efficiency*, [53]”.

Heating

Heating-1a Heat emission control (Obrigatório se existir aquecimento)

Controlo da emissão de calor.

- **Level 0: No automatic control** - a temperatura do espaço não é controlada, ou seja, o controlo é feito pelo utilizador;
- **Level 1: Central automatic control (e.g. central thermostat)** - o controlo do aquecimento é centralizado, ou seja, apenas com a indicação de um termostato é controlado o aquecimento de todo o edifício;
- **Level 2: Individual room control (e.g. thermostatic valves, or electronic controller)** - cada divisão ou zona tem controlo de temperatura;
- **Level 3: Individual room control with communication between controllers and to BACS** - cada divisão ou zona tem controlo de temperatura e existe comunicação com os sistemas de automação e controlo do edifício;
- **Level 4: Individual room control with communication and presence control** - mesmo que o anterior, mas com a introdução de sensores de movimento em cada divisão ou zona.

Heating-1b Emission control for TABS (Thermo-Active Building Systems) (heating mode) (Energia térmica na envolvente do edifício) (Obrigatório se existir TABS)

Controlo de emissão de calor dos sistemas de estruturas termo ativas.

- **Level 0: No automatic control** - a temperatura do espaço não é controlada, ou seja, está sempre a entregar o máximo de energia;
- **Level 1: Central automatic control** - o controlo da temperatura da água é ajustado tendo em conta a temperatura exterior, tipicamente média das últimas 24h;
- **Level 2: Advanced central automatic control** - autorregulação ideal da temperatura ambiente, dentro de um determinado intervalo (especificado pelo ponto de ajuste de aquecimento da temperatura do espaço);
- **Level 3: Advanced central automatic control with intermittent operation and/or room temperature feedback control** - mesmo que o anterior, mas com mais funções:
1) Operação intermitente, a bomba é desligada regularmente com uma frequência rápida ou lenta de forma a economizar energia
2) O ponto de ajuste da temperatura da água é corrigido através da realimentação da temperatura ambiente, como o TABS reage lentamente apenas a correção da temperatura ambiente diária é aplicada e a temperatura realimentada é a de uma sala de referência.

Heating-1c Control of distribution network fluid temperature (supply or return air flow or water flow) - Similar function can be applied to the control of direct electric heating networks (Não aplicado no caso de aquecimentos Individuais ex.: Lareira ou recuperador de calor)

Avaliar controlo da temperatura da água que circula na rede de distribuição.

- **Level 0: No automatic control** - é fornecida continuamente a temperatura máxima possível de ser pedida por um consumidor, no conjunto de todos os consumidores;
- **Level 1: Outside temperature compensated control** - a temperatura do fluido distribuído depende da temperatura exterior;
- **Level 2: Demand based control** - a temperatura do fluido distribuído, depende da temperatura interior da divisão ou zona.

Heating-1d Control of distribution pumps in networks (Obrigatório se o Sistema for Hídrico (água usada como meio de transferência de calor))

Avaliar controlo das bombas que fazem a distribuição na rede.

- **Level 0: No automatic control** - sem controlo automático, a bomba está sempre em funcionamento quando ligada;
- **Level 1: On off control** - controlo ON/OFF automático, ou seja, liga e desliga conforme necessário;
- **Level 2: Multi-Stage control** - a bomba é controlada por um controlador de multiestágios, aplicado a uma bomba de multiestágios (conjunto de velocidades pré-definidas);
- **Level 3: Variable speed pump control (pump unit (internal) estimations)** - controlo da variação de velocidade com pressão constante ou variável e baseada em estimativas internas. (*normal speed pump*)
- **Level 4: Variable speed pump control (external demand signal)** - Controlo da variação de velocidade com pressão variável seguindo um sinal externo, assim, ao reduzir a carga a velocidade da bomba é reduzida o máximo possível, mas garantindo sempre que o maior consumidor do conjunto dos consumidores é sempre fornecido.

Heating-1f Thermal Energy Storage (TES) for building heating (excluding TABS) (Obrigatório se TES Presente)

Armazenamento de Energia Térmica excluído TABS.

- **Level 0: Continuous storage operation** - armazenamento contínuo de calor num tanque de armazenamento;
- **Level 1: Time-scheduled storage operation** - controlo horário das horas em que se efetua o armazenamento;
- **Level 2: Load prediction-based storage operation** - controlo do armazenamento baseado na previsão das necessidades do consumidor;
- **Level 3: Heat storage capable of flexible control through grid signals (e.g. DSM)** - armazenamento de calor com capacidade de ter um comportamento flexível ao receber sinais da rede.

Heating-2a Heat generator control (for combustion and district heating) (Obrigatório se Sistema de combustão ou rede urbana)

Controlo do gerador de calor de sistema de combustão ou rede urbana.

- **Level 0: Constant temperature control** - o gerador está sempre a fornecer calor á maior temperatura definida no conjunto de todos os consumidores;
- **Level 1: Variable temperature control depending on outdoor temperature** - a temperatura é controlada de acordo com a temperatura exterior;
- **Level 2: Variable temperature control depending on the load (e.g. depending on supply water temperature set point)** - a temperatura é controlada de acordo com as necessidades dos consumidores.

Heating-2b Heat generator control (for heat pumps) (Obrigatório no caso de Bombas de Calor)

Controlo do Gerador de calor para o caso de ser uma bomba de calor.

- **Level 0: On/Off-control of heat generator** - ao alterar a frequência de comutação ON/OFF é possível ajustar de forma grosseira o funcionamento do gerador de calor às necessidades dos consumidores;
- **Level 1: Multi-stage control of heat generator capacity depending on the load or demand (e.g. on/off of several compressors)** - este controlo altera os vários estágios definidos do gerador de calor, escolhendo o que mais se adequa às necessidades do consumidor;
- **Level 2: Variable control of heat generator capacity depending on the load or demand (e.g. hot gas bypass, inverter frequency control)** - controlo variável baseado nas necessidades do consumidor, exemplo, fazendo uso de um inversor para otimizar a produção de calor e maximizar a eficiência;
- **Level 3: Variable control of heat generator capacity depending on the load AND external signals from grid** - mesmo que a anterior, mas com a adição da possibilidade de ser controlado de acordo com os sinais vindos da rede.

Heating-2d Sequencing in case of different heat generators (Obrigatório se existirem vários geradores)

Controlo do funcionamento dos geradores de calor no caso de existir mais que um.

- **Level 0: Priorities only based on running time** - Controlo baseado no tempo de funcionamento, isto é, é colocado em funcionamento o gerador que não funciona à mais tempo;
- **Level 1: Control according to fixed priority list: e.g. based on rated energy efficiency** - controlo baseado no funcionamento dos geradores conforme uma lista fixa de prioridades, que pode estar definida, por exemplo, por eficiência dos geradores;
- **Level 2: Control according to dynamic priority list (based on current energy efficiency, carbon emissions and capacity of generators, e.g. solar, geothermal heat, cogeneration plant, fossil fuels)** - controlo do funcionamento dos geradores através de uma lista de prioridades dinâmica que é baseada nas eficiências, emissões de carbono e capacidades dos geradores;

- **Level 3: Control according to dynamic priority list (based on current AND predicted load, energy efficiency, carbon emissions and capacity of generators)** - controlo dos geradores através de lista dinâmica baseada na carga atual e estimada, eficiência energética, emissões de carbono e capacidade dos geradores;
- **Level 4: Control according to dynamic priority list (based on current AND predicted load, energy efficiency, carbon emissions, capacity of generators AND external signals from grid)** - controlo dos geradores através de lista dinâmica baseada na carga atual e estimada, eficiência energética, emissões de carbono e capacidade dos geradores e sinais vindos da rede.

Heating-3 Report information regarding HEATING system performance (Obrigatório se existir aquecimento)

Comunicação de informação relativa ao desempenho do aquecimento.

- **Level 0: None** - não existe comunicação de informação;
- **Level 1: Central or remote reporting of current performance KPIs (e.g. temperatures, submetering energy usage)** - comunicação de temperaturas atuais, usos de energia, etc...;
- **Level 2: Central or remote reporting of current performance KPIs and historical data** - comunicação da informação atual e histórico de temperaturas, usos de energia, etc...;
- **Level 3: Central or remote reporting of performance evaluation including forecasting and/or benchmarking** - mesmo que o anterior com a adição de previsão e/ou comparação do desempenho;
- **Level 4: Central or remote reporting of performance evaluation including forecasting and/or benchmarking; also including predictive management and fault detection** - mesmo que o anterior, mas com gestão baseada em previsões e deteção de falhas.

Heating-4 Flexibility and grid interaction (Obrigatório se existir aquecimento)

Flexibilidade e interação com a rede.

- **Level 0: No automatic control** - sem controlo automatizado;
- **Level 1: Scheduled operation of heating system** - operação do aquecimento de acordo com certos horários definidos pelo utilizador;
- **Level 2: Self-learning optimal control of heating system**, controlo ótimo com aprendizagem autónoma;
- **Level 3: Heating system capable of flexible control through grid signals (e.g. DSM)** - Sistema de aquecimento com capacidade de ser flexível em resposta a sinais da rede;
- **Level 4: Optimized control of heating system based on local predictions and grid signals (e.g. through model predictive control)** - controlo otimizado do sistema de aquecimento com base em previsões e sinais vindos da rede.

Domestic Hot Water

DHW-1a Control of DHW storage charging (with direct electric heating or integrated electric heat pump) (Obrigatório se aquecimento elétrico ou bomba de Calor)

Controlo do aquecimento da água armazenada no caso da utilização de bombas de calor integradas ou aquecimento elétrico direto (Resistência).

- **Level 0: Automatic control on / off** - controlo feito por um termostato;
- **Level 1: Automatic control on / off and scheduled charging enable** - controlo horário de forma a evitar que esteja sempre a aquecer sem necessidade;
- **Level 2: Automatic control on / off and scheduled charging enable and multi-sensor storage management** - mesmo controlo que o anterior, mas com a utilização de múltiplos sensores para dividir o tanque em zonas e obter assim um melhor controlo;
- **Level 3: Automatic charging control based on local availability of renewables or information from electricity grid (DR, DSM)** - controlo baseado na disponibilidade de energia renovável ou em informação proveniente da rede.

DHW-1b Control of DHW storage charging (using hot water generation) (Obrigatório se o aquecimento da água não é elétrico)

Controlo do aquecimento de água armazenada, quando o aquecimento não é elétrico (uso de água quente para aquecer a água armazenada).

- **Level 0: Automatic control on / off** - controlo feito por um termostato;
- **Level 1: Automatic control on / off and scheduled charging enable** - controlo horário de forma a evitar que esteja sempre a aquecer sem necessidade;
- **Level 2: Automatic on/off control, scheduled charging enable and demand-based supply temperature control or multi-sensor storage management** - mesmo que o anterior, mas com a vantagem de ser baseado nas necessidades dos utilizadores ou utilizar múltiplos sensores;
- **Level 3: DHW production system capable of automatic charging control based on external signals (e.g. from district heating grid)** - controlo baseado em sinais externos.

DHW-1d Control of DHW storage charging (with solar collector and supplementary heat generation) (Obrigatório na presença de coletor solar)

Controlo do aquecimento de água armazenada, para a situação em que temos coletores solares e um sistema suplementar de apoio/reserva

- **Level 0: Manual selected control of solar energy or heat generation** - controlo feito por um termostato, quando a temperatura da água está abaixo de um certo limite o gerador de calor suplementar entra em funcionamento;
- **Level 1: Automatic control of solar storage charge (Prio. 1) and supplementary storage charge** - O coletor solar está sempre a fornecer energia para aquecimento da água armazenada, no limite, até que este atinja a temperatura máxima possível aproveitando o máximo da energia solar disponível. O gerador de água quente suplementar apenas atua de forma a assegurar água quente em qualquer altura;

- **Level 2: Automatic control of solar storage charge (Prio. 1) and supplementary storage charge and demand-oriented supply or multi-sensor storage management** - a prioridade é o aquecimento da água armazenada através do uso de energia solar, quando esta não for suficiente o gerador de água quente irá tomar essa posição assumindo um funcionamento controlado de acordo com as necessidades do utilizador ou fazendo uso da utilização de vários sensores no tanque de armazenamento;
- **Level 3: Automatic control of solar storage charge (Prio. 1) and supplementary storage charge, demand-oriented supply and return temperature control and multi-sensor storage management** - a prioridade é o aquecimento da água armazenada através do uso de energia solar, como apoio temos um gerador de água quente que é controlado de acordo com as necessidades do utilizador e faz uso da utilização de vários sensores no tanque de armazenamento e ainda controla a temperatura de retorno.

DHW-2b Sequencing in case of different DHW generators (Obrigatório se existirem vários geradores)

Controlo do funcionamento dos geradores de água quente no caso de existir mais que um.

- **Level 0: Priorities only based on running time** - Controlo baseado no tempo de funcionamento.
- **Level 1: Control according to fixed priority list: e.g. based on rated energy efficiency** - controlo de acordo com uma lista de prioridades fixa e baseada na eficiência dos geradores;
- **Level 2: Control according to dynamic priority list (based on current energy efficiency, carbon emissions and capacity of generators, e.g. solar, geothermal heat, cogeneration plant, fossil fuels)** - controlo de acordo com uma lista de prioridades dinâmica que é baseada na atual eficiência energética, emissões de carbono e na capacidade dos geradores;
- **Level 3: Control according to dynamic priority list (based on current AND predicted load, energy efficiency, carbon emissions and capacity of generators)** - controlo dos geradores através de lista dinâmica baseada na carga atual e estimada, eficiência energética, emissões de carbono e capacidade dos geradores;
- **Level 4: Control according to dynamic priority list (based on current AND predicted load, energy efficiency, carbon emissions, capacity of generators AND external signals from grid)**, controlo dos geradores através de lista dinâmica baseada na carga atual e estimada, eficiência energética, emissões de carbono e capacidade dos geradores e sinais vindos da rede.

DHW-3 Report information regarding domestic hot water performance (Obrigatório se existir AQS)

Comunicação de informação relativa ao desempenho do aquecimento de águas sanitárias.

- **Level 0: None** - não existe comunicação de informação;
- **Level 1: Indication of actual values (e.g. temperatures, submetering energy usage)** - comunicação de atuais temperaturas, usos de energia, etc....;
- **Level 2: Actual values and historical data** - comunicação da informação atual e histórico de temperaturas, usos de energia, etc....;
- **Level 3: Performance evaluation including forecasting and/or benchmarking** - avaliação de desempenho incluindo previsão e/ou comparação do mesmo;
- **Level 4: Performance evaluation including forecasting and/or benchmarking; also including predictive management and fault detection**, mesmo que o anterior, mas com gestão baseada em previsões e com deteção de falhas.

Cooling

Cooling-1a Cooling emission control (Obrigatório se existir arrefecimento mecânico)

Avaliar o controlo da emissão de frio.

- **Level 0: No automatic control** - a temperatura do espaço não é controlada, ou seja, o controlo é feito pelo utilizador;
- **Level 1: Central automatic control** - fornecimento é controlado (ao nível da distribuição ou geração) tendo em conta a temperatura exterior, para todas as divisões;
- **Level 2: Individual room control** - fornecimento é controlado tendo em conta a temperatura da divisão (válvula termostática ou controlador eletrónico na divisão);
- **Level 3: Individual room control with communication between controllers and to BACS** - cada divisão ou zona tem controlo de temperatura e existe comunicação entre os controladores e os BACS (sistemas de automação e controlo do edifício – fazem controlo horário, funções de monitorização e operação com vista na otimização);
- **Level 4: Individual room control with communication and occupancy detection** - cada divisão ou zona tem controlo de temperatura e existe comunicação entre os controladores e os BACS com a utilização de sensores de presença/movimento.

Cooling-1b Emission control for TABS (cooling mode) (Obrigatório se TABS Presente)

Avaliar controlo da emissão de frio do TABS.

- **Level 0: No automatic control** - a temperatura do espaço não é controlada, ou seja, está sempre a entregar o máximo de energia;
- **Level 1: Central automatic control** - fornecimento é controlado tendo em conta a temperatura exterior (tipicamente a média das últimas 24h);
- **Level 2: Advanced central automatic control** - não só o fornecimento é controlado tendo em conta a temperatura exterior como o TABS é programado para atingir uma temperatura ótima e autorregulada da divisão e dentro de um intervalo de conforto;
- **Level 3: Advanced central automatic control with intermittent operation and/or room temperature feedback control** - mesmo que o anterior, mas com mais funções tais como o desligamento da bomba tanto com alta frequência ou com baixa frequência de forma a poupar energia. Outra função pode ser feedback da temperatura da divisão, ou seja, a temperatura do fornecimento de água é ajustada de acordo com a temperatura obtida na divisão, este ajuste é feito dia-a-dia e não instantaneamente. Ou então a combinação dos dois.

Cooling-1c Control of distribution network chilled water temperature (supply or return) (Obrigatório se existir arrefecimento mecânico com sistema de distribuição Hídrico)

Avaliar controlo da temperatura da água que circula na rede de arrefecimento.

- **Level 0: Constant temperature control** - é fornecida constantemente a temperatura mais baixa possível de ser pedida por um consumidor, no conjunto de todos os consumidores;
- **Level 1: Outside temperature compensated control** - a temperatura de distribuição é controlada tendo em conta a temperatura exterior;
- **Level 2: Demand based control** - a temperatura de distribuição depende da temperatura da divisão.

Cooling-1d Control of distribution pumps in networks (Obrigatório se existir arrefecimento mecânico com sistema de distribuição Hídrico)

Avaliar o controlo das Bombas que fazem a distribuição da água.

- **Level 0: No automatic control** - a bomba está sempre em funcionamento;
- **Level 1: On off control** - controlo ON/OFF, a bomba apenas funciona quando necessário;
- **Level 2: Multi-Stage control** - bomba com vários estados sendo que os de menor velocidade reduzem o consumo de energia;
- **Level 3: Variable speed pump control (pump unit (internal) estimations)** - controlo da variação de velocidade com pressão constante ou variável e baseada em estimativas internas;
- **Level 4: Variable speed pump control (external demand signal)** - controlo da variação de velocidade com pressão variável seguindo um sinal externo, assim, ao reduzir a carga a velocidade da bomba é reduzida o máximo possível, mas garantindo sempre que o maior consumidor de demanda é sempre fornecido.

Cooling-1f Interlock: avoiding simultaneous heating and cooling in the same room (Obrigatório se Presente Aquecimento e Arrefecimento mecânico)

Interligação dos sistemas de aquecimento e arrefecimento para que estes não funcionem em simultâneo num dado espaço.

- **Level 0: No interlock** - os sistemas de aquecimento e arrefecimento são controlados de maneira independente;
- **Level 1: Partial interlock (minimising risk of simultaneous heating and cooling e.g. by sliding setpoints)** - distanciamento das temperaturas de controlo do aquecimento e arrefecimento, criando assim uma zona neutra. Evitando aquecimento e arrefecimento ao mesmo tempo;
- **Level 2: Total interlock (control system ensures no simultaneous heating and cooling can take place)** - Sistema assegura que não existe aquecimento e arrefecimento em simultâneo.

Cooling-1g Control of Thermal Energy Storage (TES) operation (Obrigatório se existir arrefecimento mecânico e TES)

Controlo do armazenamento de energia térmica.

- **Level 0: Continuous storage operation** - não existe controlo de armazenamento, ou seja, estamos a armazenar continuamente;
- **Level 1: Time-scheduled storage operation** - armazenamento baseado em horários, quando o armazenamento está cheio e a uma temperatura especificada, possibilita a hipótese de baixar a frequência de funcionamento do *chiller* e assim funcionar de forma mais eficiente;
- **Level 2: Load prediction based storage operation** - controlo do armazenamento baseado na predição das necessidades do utilizador;
- **Level 3: Cold storage capable of flexible control through grid signals (e.g. DSM)** - controlo do armazenamento com capacidade de receber sinais da rede e assim adaptar o seu funcionamento.

Cooling-2a Generator control for cooling (Obrigatório se existir arrefecimento mecânico)

Controlo do gerador de frio.

- **Level 0: On/Off-control of cooling production** - ao alterar a frequência de comutação *ON/OFF* é possível ajustar de forma grosseira o funcionamento do gerador de frio às necessidades dos consumidores.
- **Level 1: Multi-stage control of cooling production capacity depending on the load or demand (e.g. on/off of several compressors)** - este controlo altera entre os vários estágios definidos do gerador de frio, escolhendo o que mais se adequa às necessidades do consumidor;
- **Level 2: Variable control of cooling production capacity depending on the load or demand (e.g. hot gas bypass, inverter frequency control)** - controlo variável baseado nas necessidades do consumidor, exemplo, fazendo uso de um inversor para otimizar a produção de frio e maximizar a eficiência;
- **Level 3: Variable control of cooling production capacity depending on the load AND external signals from grid**, mesmo que a anterior, mas com a adição da possibilidade de ser controlado de acordo com sinais vindos da rede.

Cooling-2b Sequencing of different cooling generators (Obrigatório se existir vários geradores)

Controlo do funcionamento dos geradores de frio no caso de existir mais que um.

- **Level 0: Priorities only based on running times** - Controlo baseado no tempo de funcionamento.
- **Level 1: Fixed sequencing based on loads only: e.g. depending on the generators characteristics such as absorption chiller vs. centrifugal chiller** - controlo de sequência fixa e baseado apenas na carga a satisfazer, esta sequência depende das características dos geradores;
- **Level 2: Dynamic priorities based on generator efficiency and characteristics (e.g. availability of free cooling)** - controlo através de lista de prioridades dinâmica, baseadas na eficiência dos geradores e nas suas características;
- **Level 3: Load prediction based sequencing: the sequence is based on e.g. COP (coefficient of performance) and available power of a device and the predicted required power** - controlo através de sequência de funcionamento baseada na previsão da carga, esta sequência tem em conta o COP, a potência disponível do dispositivo e a previsão da potência requerida;
- **Level 4: Sequencing based on dynamic priority list, including external signals from grid** - controlo sequencial baseado numa lista dinâmica de prioridades em que é tido em conta sinais vindos da rede.

Cooling-3 Report information regarding cooling system performance (Obrigatório se existir arrefecimento mecânico)

Comunicação de informações relativas ao desempenho do sistema de arrefecimento.

- **Level 0: None** - não existe comunicação de informação;

- **Level 1: Central or remote reporting of current performance KPIs⁵ (e.g. temperatures, submetering energy usage)** - comunicação de temperaturas atuais, usos de energia, etc....;
- **Level 2: Central or remote reporting of current performance KPIs and historical data** - comunicação da informação atual e histórico de temperaturas, usos de energia, etc....;
- **Level 3: Central or remote reporting of performance evaluation including forecasting and/or benchmarking** - mesmo que o anterior com a adição de previsão e/ou comparação do desempenho;
- **Level 4: Central or remote reporting of performance evaluation including forecasting and/or benchmarking; also including predictive management and fault detection** - mesmo que o anterior, mas com gestão baseada em previsões e deteção de falhas.

Cooling-4 Flexibility and grid interaction (Obrigatório se existir arrefecimento mecânico)

Flexibilidade e interação com a rede.

- **Level 0: No automatic control** - sem controlo automatizado;
- **Level 1: Scheduled operation of heating system** - operação do aquecimento de acordo com certos horários definidos pelo utilizador;
- **Level 2: Self-learning optimal control of heating system** - controlo ótimo e com aprendizagem autónoma;
- **Level 3: Cooling system capable of flexible control through grid signals (e.g. DSM)**, Sistema de arrefecimento com capacidade de ser flexível em resposta a sinais da rede;
- **Level 4: Optimized control of cooling system based on local predictions and grid signals (e.g. through model predictive control)**, controlo otimizado do sistema de arrefecimento com base em previsões e sinais vindos da rede.

Ventilation

Ventilation-1a Supply air flow control at the room level (Obrigatório se existir ventilação mecânica)

Controlo do ar que é injetado num determinado espaço.

- **Level 0: No ventilation system or no automatic control** - sem sistema de ventilação ou então o sistema de ventilação está sempre a funcionar com o máximo de ventilação possível;
- **Level 1: Clock control** - controlo por relógio, o sistema está sempre a funcionar com o máximo de ventilação possível, mas apenas durante os horários escolhidos;
- **Level 2: Occupancy detection control** - controlo com deteção de presença, o sistema vai funcionar sempre com o máximo de ventilação possível, mas apenas quando a divisão estiver ocupada;

⁵ KPI – Key Performance Indicator

- **Level 3: Demand control based on air quality sensors (CO₂⁶, VOC⁷, RH⁸, ...)** - controlo de acordo com a necessidades do utilizador com ajuste do controlo tendo em conta os valores dos sensores de qualidade do ar;
- **Level 4: Local Demand Control based on air quality sensors (CO₂, VOC, ...) with local flow from/to the zone regulated by dampers**, mesmo que o anterior, mas o controlo é feito ao nível local (em cada zona) em vez de ser central.

Ventilation-1c Air flow or pressure control at the air handler level (Obrigatório se existir ventilação mecânica)

Controlo da pressão/quantidade de ar que é entregue pela unidade de tratamento de ar.

- **Level 0: No automatic control: Continuously supplies of air flow for a maximum load of all rooms** - sem controlo automático, fornece continuamente o fluxo de ar para a carga máxima e para todas as divisões;
- **Level 1: On off time control: Continuously supplies of air flow for a maximum load of all rooms during nominal occupancy time** - Controlo de acordo com as horas nominais de funcionamento de um edifício, fornece continuamente o fluxo de ar para a carga máxima e para todas as divisões para os tempos de ocupação definidos;
- **Level 2: Multi-stage control: To reduce the auxiliary energy demand of the fan** - mesmo controlo que o anterior, mas neste a taxa de fluxo de ar é ajustada através da alteração dos vários estados do ventilador;
- **Level 3: Automatic flow or pressure control without pressure reset: Load dependent supplies of air flow for the demand of all connected rooms**, como o *ON/OFF time control* mas com a pressão fornecida a ser controlada de acordo um certo ponto de ajuste fixo, ajustada através do controlo da velocidade do ventilador;
- **Level 4: Automatic flow or pressure control with pressure reset: Load dependent supplies of air flow for the demand of all connected rooms (for variable air volume systems with VFD)**, mesmo que o anterior, mas o ponto de ajuste é definido com base na necessidade dos utilizadores e não fixo como no nível anterior.

Ventilation-2c "Heat recovery control: prevention of overheating" (Obrigatório se existir ventilação mecânica com recuperação de calor)

- **Level 0: Without overheating control** - sem controlo de prevenção para sobreaquecimento;
- **Level 1: Modulate or bypass heat recovery based on sensors in air exhaust** - controlo efetuado através de modulação ou *bypass*, baseado em sensores no sistema de exaustão. Um *bypass* permite que o ar que é enviado para o espaço não passe pelo permutador de calor quando a temperatura do ar extraído atinge uma determinada temperatura;

⁶ CO₂ - Dióxido de carbono

⁷ VOC - Composto orgânico volátil

⁸ RH - Umidade relativa

- **Level 2: Modulate or bypass heat recovery based on multiple room temperature sensors or predictive control** - controlo efetuado através de modulação ou *bypass*, baseado em sensores de temperatura de várias divisões ou em controlo preditivo.

Ventilation-2d Supply air temperature control at the air handling unit level (Obrigatório no caso da ventilação mecânica que tenha função de aquecimento)

Controlo da temperatura do ar que sai da unidade de tratamento de ar.

- **Level 0: No automatic control** - não existe nenhum circuito de controlo que permita atuar na temperatura do ar que é fornecido;
- **Level 1: Constant setpoint: A control loop enables to control the supply air temperature, the setpoint is constant and can only be modified by a manual action** - existe um circuito de controlo que permite atuar na temperatura do ar de fornecimento, o ponto de ajuste é constante e apenas pode ser ajustado manualmente;
- **Level 2: Variable set point with outdoor temperature compensation** - existe um circuito de controlo que permite atuar na temperatura do ar de fornecimento, o ponto de ajuste é atualizado em função da temperatura exterior;
- **Level 3: Variable set point with load dependant compensation. A control loop enables to control the supply air temperature. The setpoint is defined as a function of the loads in the room** - existe um circuito de controlo que permite atuar na temperatura do ar de fornecimento, o ponto de ajuste é atualizado em função da necessidade de cada divisão. Normalmente, isso só pode ser alcançado com um sistema de controle que permita coletar temperaturas ou posições dos atuadores nas diferentes divisões.

Ventilation-3 Free cooling with mechanical ventilation system (Obrigatório no caso de ventilação mecânica ou ventilação híbrida)

Verificação da existência de ventilação natural.

- **Level 0: No automatic control** - não existe um controlo automático, o ar fornecido é sempre arrefecido mecanicamente à medida que é necessário usando energia ativa;
- **Level 1: Night cooling** - controlo passivo, durante a noite o calor armazenado na massa do edifício é removido pelo ar frio que vem do exterior, através da abertura automática de janelas. É extraído o calor até que seja atingido o limite mais baixo de conforto;
- **Level 2: Free cooling** - neste controlo, tanto a quantidade de ar exterior como a recirculação de ar são sempre modelados de forma a minimizar a quantidade de arrefecimento mecânico, esta modelação depende das temperaturas:
 - *Maximum Economy Changeover (MECH)* – recuperação de calor é ativada quando a temperatura do ar de exaustão é menor que a temperatura do ar exterior;
 - *Production of chilled water with outside air (from supply air via cooling coils and coolant(liquido refrigerador) directly to cooling tower)*: produção de água fria fazendo uso do ar exterior é a prioridade a usar desde que a temperatura do exterior seja suficiente para realizar o arrefecimento;

- **Level 3: H,x- directed control: The amount of outside air and recirculation air are modulated during all periods of time to minimize the amount of mechanical cooling. Calculation is performed on the basis of temperatures and humidity (enthalpy)** - neste controlo, a quantidade de ar exterior como a recirculação de ar são sempre modelados de forma a minimizar a quantidade de arrefecimento mecânico, esta modelação depende das temperaturas e da humidade:
 - *Maximum Economy Changeover (MECH)* - recuperação de calor é ativada quando a humidade do ar de exaustão é menor que a humidade do ar exterior.

Ventilation-6 Reporting information regarding IAQ (Obrigatório se existir ventilação mecânica)

Comunicação de informações relativas à qualidade do ar interior (IAQ).

- **Level 0: None** - não existe comunicação de informação;
- **Level 1: Air quality sensors (e.g. CO₂) and real time autonomous monitoring** - existe comunicação dos valores de qualidade do ar e ainda monitorização em tempo real dos mesmos;
- **Level 2: Real time monitoring & historical information of IAQ available to occupants** - existe monitorização em tempo real e comunicação do histórico de informações relativas à qualidade do ar interior;
- **Level 3: Real time monitoring & historical information of IAQ available to occupants + warning on maintenance needs or occupant actions (e.g. window opening)** - existe monitorização em tempo real e comunicação do histórico de informações relativas à qualidade do ar interior e ainda alertas de necessidade de manutenção ou de ações a realizar pelo utilizador (ex.: abertura de janela).

Lighting

Lighting-1a Occupancy control for indoor lighting (Obrigatório)

Controlo da iluminação interior de acordo com a ocupação do espaço.

- **Level 0: Manual on/off switch** - as luzes são ligadas e desligadas no interruptor da divisão.
 - Em edifícios residenciais - Os usuários podem ligar e desligar a iluminação consoante seja necessário. Isso economiza energia de iluminação.
 - Em edifícios não residenciais - A iluminação está ligada. Razão: Muitos dos usuários não desligam a iluminação durante pausas ou no final do trabalho.
- **Level 1: Manual on/off switch + additional sweeping extinction signal** - as luzes são ligadas e desligadas no interruptor da divisão. Adicionalmente existe ainda um sinal automático que desliga as luzes, tipicamente ao fim do dia para que estas não estejam ligadas durante a noite.
- **Level 2: Automatic detection (auto on / dimmed or auto off)** -
 - *Auto On/Dimmed Off* - O Sistema de controlo liga as luzes automaticamente aquando a presença de alguém na divisão, no máximo 10min após a última deteção de movimento as luzes são reduzidas para menos de 30% da luminosidade. Após no máximo outros 10min as luzes são automaticamente desligadas.

- *Auto On / Auto Off* - O Sistema de controlo liga as luzes automaticamente aquando a presença de alguém na divisão, no máximo 10min após a última deteção de movimento as luzes são desligadas.
- **Level 3: Automatic detection (manual on / dimmed or auto off)** -
 - *Manual On / Partial Auto On /Dimmed Off* – as luzes podem ser ligadas no interruptor manual da divisão ou pelo detetor de presença e no caso de não serem desligadas manualmente a sua luminosidade é reduzida e depois são completamente desligadas.
 - *Manual On / Partial Auto On /Auto Off* - as luzes podem ser ligadas no interruptor manual da divisão ou pelo detetor de presença e no caso de não serem desligadas manualmente são automaticamente desligadas.

Lighting-2 Control artificial lighting power based on daylight levels (Obrigatório)

Controlo de iluminação de acordo com a luminosidade natural existente.

- **Level 0: Manual (central)** - luzes são controladas centralmente, ou seja, não existe interruptor na divisão.
- **Level 1: Manual (per room / zone)** - igual ao anterior, mas existe um interruptor que permite desligar as luzes na divisão.
- **Level 2: Automatic switching** - as luzes são automaticamente desligadas quando existe iluminação natural suficiente e ligadas quando esta deixa de ser suficiente.
- **Level 3: Automatic dimming** - as luzes vão automaticamente diminuindo a sua luminosidade consoante a iluminação natural e automaticamente aumentando a luminosidade à medida que a iluminação natural deixa de ser suficiente.
- **Level 4: "Automatic dimming including scene-based light control (during time intervals, dynamic and adapted lighting scenes are set, for example, in terms of illuminance level, different correlated color temperature (CCT) and the possibility to change the light distribution within the space according to e. g. design, human needs, visual tasks)"** - mesmo que o anterior mas com a possibilidade de definir cenários diversos durante um determinados intervalos de tempo, estes cenários podem incluir diferentes cores de iluminação, diferente distribuição de iluminação, etc...

Dynamic Building Envelope

DE-1 Window solar shading control (Obrigatório se existir persianas, cortinas/telas ou persianas móveis)

Controlo de sombreamento.

- **Level 0: No sun shading or only manual operation** - sem proteções solares ou se existirem estas apenas têm controlo manual;
- **Level 1: Motorized operation with manual control** - proteções solares com controlo manual motorizado, ou seja, controlo depende do utilizador;
- **Level 2: Motorized operation with automatic control based on sensor data** - controlo automático de *dimming* com intuito de reduzir energia utilizada para arrefecer o espaço. Controlo manual é sempre permitido de forma ao utilizador se poder proteger do brilho independentemente do controlo de *dimming*;
- **Level 3: Combined light/blind/HVAC control** - este controlo otimiza o uso de energia para o HVAC, persianas e iluminação;

- **Level 4: Predictive blind control (e.g. based on weather forecast)** - controlo preditivo das persianas (ex.: baseado nas previsões do tempo).

DE-2 Window open/closed control, combined with HVAC system (Obrigatório)

Controlo da abertura e fecho de janelas combinado com o funcionamento do AVAC.

- **Level 0: Manual operation or only fixed Windows** - operação manual da abertura das janelas ou janelas fixas;
- **Level 1: Open/closed detection to shut down heating or cooling systems** - deteção da abertura ou fecho das janelas para controlo do AVAC;
- **Level 2: Level 1 + Automated mechanical window opening based on room sensor data** - mesmo que o anterior, com a adição da abertura automática de janelas com base em dados dos sensores presentes numa dada divisão;
- **Level 3: Level 2 + Centralized coordination of operable windows, e.g. to control free natural night cooling** - mesmo que o anterior, com a adição de que o controlo é coordenado de forma centralizada e não por divisão.

DE-4 Reporting information regarding performance of dynamic building envelope systems (Obrigatório se existir persianas, cortinas/telas ou persianas móveis)

Comunicação de informação relativa ao desempenho dos sistemas dinâmicos da envolvente do edifício.

- **Level 0: No reporting** - não existe comunicação de informação;
- **Level 1: Position of each product & fault detection** - é comunicada a posição de cada produto e existe deteção de falhas;
- **Level 2: Position of each product, fault detection & predictive maintenance** - mesmo que o anterior, com a adição de que é feita uma previsão da necessidade de manutenção;
- **Level 3: Position of each product, fault detection, predictive maintenance, real-time sensor data (wind, lux, temperature...)** - mesmo que o anterior, com a adição da informação em tempo real dos sensores existentes (vento, temperatura, etc....);
- **Level 4: Position of each product, fault detection, predictive maintenance, real-time & historical sensor data (wind, lux, temperature...)** - mesmo que o anterior, com a adição de que não só temos informação em tempo real dos sensores como também temos histórico dos mesmos.

Electricity

electricity-2 Reporting information regarding local electricity generation (Obrigatório se existir geração de energia local)

Comunicação de informação relativa à geração de energia no local.

- **Level 0: None** - não existe comunicação de informações;
- **Level 1: Current generation data available** - são comunicados os dados da atual geração de energia;

- **Level 2: Actual values and historical data** - são comunicados os dados da atual geração e o histórico dos dados da energia gerada;
- **Level 3: Performance evaluation including forecasting and/or benchmarking** - mesmo que o anterior com a adição de previsão e/ou comparação do desempenho;
- **Level 4: Performance evaluation including forecasting and/or benchmarking; also including predictive management and fault detection** - mesmo que o anterior com a adição da detecção de falhas e gestão preditiva.

electricity-3 Storage of (locally generated) electricity (Obrigatório se existir geração de energia local)

Armazenamento da energia produzida no local.

- **Level 0: None** - não existe armazenamento de energia;
- **Level 1: On site storage of electricity (e.g. electric battery)** - existe armazenamento de energia no local.
- **Level 2: On site storage of energy (e.g. electric battery or thermal storage) with controller based on grid signals** - além de existir armazenamento, este é controlado com base em sinais vindos da rede.
- **Level 3: On site storage of energy (e.g. electric battery or thermal storage) with controller optimizing the use of locally generated electricity** - o armazenamento é controlado de forma a otimizar o uso da energia gerada.
- **Level 4: On site storage of energy (e.g. electric battery or thermal storage) with controller optimizing the use of locally generated electricity and possibility to feed back into the grid** - controlo do armazenamento igual ao anterior, mas com a adição da possibilidade de enviar energia para a rede.

electricity-4 Optimizing self-consumption of locally generated energy (Obrigatório se existir geração de energia local)

Otimização do consumo próprio da energia gerada no local.

- **Level 0: None** - não existe esta otimização.
- **Level 1: Scheduling electricity consumption (plug loads, white goods, etc.)** - existência de agendamento do funcionamento de algumas cargas.
- **Level 2: Automated management of local electricity consumption based on current renewable energy availability** - gestão automatizada do consumo de energia baseado na disponibilidade de energia renovável.
- **Level 3: Automated management of local electricity consumption based on current and predicted energy needs and renewable energy availability** - gestão automatizada do consumo de energia baseado na necessidade de energia atual e prevista e ainda na disponibilidade de energia renovável.

electricity-5 Control of combined heat and power plant (CHP) (Obrigatório se existir CHP)

Controlo de cogeração.

- **Level 0: CHP control based on scheduled runtime management and/or current heat energy demand** - controlo baseado na gestão do agendamento de funcionamento ou na necessidade de energia térmica;

- **Level 1: CHP runtime control influenced by the fluctuating availability of RES; overproduction will be fed into the grid** - controlo do funcionamento influenciado pela disponibilidade de energia renovável, a produção em excesso é enviada para a rede.
- **Level 2: CHP runtime control influenced by the fluctuating availability of RES and grid signals; dynamic charging and runtime control to optimize self-consumption of renewables** - mesmo que o anterior, mas o controlo é também influenciado por sinais vindos da rede. Existe ainda uma otimização da utilização da energia renovável.

electricity-8 Support of (micro)grid operation modes (Obrigatório)

Possibilidade de funcionamento em micro rede.

- **Level 0: None**
- **Level 1: Automated management of (building-level) electricity consumption based on grid signals** - gestão automatizada do consumo de energia do edifício baseada em sinais vindos da rede;
- **Level 2: Automated management of (building-level) electricity consumption and electricity supply to neighboring buildings (microgrid) or grid**, gestão automatizada do consumo de energia do edifício e do fornecimento de energia para um edifício vizinho (para a micro rede ou rede);
- **Level 3: Automated management of (building-level) electricity consumption and supply, with potential to continue limited off-grid operation (island mode)** - gestão automatizada do consumo e fornecimento de energia do edifício com possibilidade de este funcionar de forma independente (mesmo que seja um funcionamento limitado).

electricity-11 Reporting information regarding energy storage (Obrigatório se existir armazenamento de energia local)

Comunicação de informação relativa ao armazenamento de energia.

- **Level 0: None** - não existe comunicação de informação;
- **Level 1: Current state of charge (SOC) data available** - comunicação do estado de carregamento do armazenamento;
- **Level 2: Actual values and historical data** - comunicação dos valores atuais e do histórico de valores;
- **Level 3: Performance evaluation including forecasting and/or benchmarking** - comunicação da avaliação do desempenho incluindo previsão e/ou comparação do mesmo;
- **Level 4: Performance evaluation including forecasting and/or benchmarking; also including predictive management and fault detection** - mesmo que o anterior com a adição de deteção de falhas e gestão preditiva.

electricity-12 Reporting information regarding electricity consumption (Obrigatório)

Comunicação de informação relativa ao consumo de energia.

- **Level 0: None** - não existe comunicação de informação;
- **Level 1: reporting on current electricity consumption on building level** - comunicação de informação relativa ao atual consumo de energia no edifício;

- **Level 2: real-time feedback or benchmarking on building level** - comunicação em tempo real ou comparação do consumo de energia ao nível do edifício.
- **Level 3: real-time feedback or benchmarking on appliance level** - comunicação em tempo real ou comparação do consumo de energia ao nível das aplicações existentes no edifício.
- **Level 4: real-time feedback or benchmarking on appliance level with automated personalized recommendations** - comunicação em tempo real ou comparação do consumo de energia ao nível das aplicações existentes no edifício com recomendações automáticas e personalizadas.

Electric vehicle charging

EV-15 EV Charging Capacity (Obrigatório se existir parque de estacionamento)

Capacidade de carregamento de veículos elétricos.

- **Level 0: Not present** - não tem capacidade de carregamento de veículos elétricos;
- **Level 1: Ducting (or simple power plug) available** - apenas tem uma tomada de carregamento de veículos elétricos;
- **Level 2: 0-9% of parking spaces has recharging points** - menos de 9% dos parques de estacionamento têm posto de carregamento;
- **Level 3: 10-50% of parking spaces has recharging point** - existe posto de carregamento em 10% a 50% dos parques existentes;
- **Level 4: >50% of parking spaces has recharging point** - existe posto de carregamento em mais de 50% dos parques.

EV-16 EV Charging Grid balancing (Obrigatório se existir carregamento elétrico)

Interação com a rede no que diz respeito a trocas de energia durante o carregamento de veículos elétricos.

- **Level 0: Not present (uncontrolled charging)** - não existe controlo do carregamento;
- **Level 1: 1-way controlled charging (e.g. including desired departure time and grid signals for optimization)** - controlo da energia entregue ao veículo;(não tem possibilidade de enviar energia para a rede);
- **Level 2: 2-way controlled charging (e.g. including desired departure time and grid signals for optimization)** - controlo da energia que o veículo recebe ou envia para a rede.

EV-17 EV charging information and connectivity (Obrigatório se existir carregamento elétrico)

Comunicação de informação do carregamento do veículo.

- **Level 0: No information available** - o utilizador não tem acesso a informação sobre o carregamento;
- **Level 1: Reporting information on EV charging status to occupant** - o utilizador recebe informações básicas sobre o carregamento, se está a carregar e percentagem (%) carregamento;
- **Level 2: Reporting information on EV charging status to occupant AND automatic identification and authorization of the driver to the charging station (ISO 15118 compliant)** - mesmo que o anterior com a adição de *handshake* entre estação de carregamento e o veículo antes de iniciar o carregamento.

Monitoring and control

MC-3 *Run time management of HVAC systems (Obrigatório se existir AVAC)*

Gestão do tempo de funcionamento de sistemas AVAC.

- **Level 0: Manual setting** - gestão manual do funcionamento, dependente dos utilizadores;
- **Level 1: Runtime setting of heating and cooling plants following a predefined time Schedule** - configuração do tempo de funcionamento do aquecimento e arrefecimento através de horários pré-definidos;
- **Level 2: Heating and cooling plant on/off control based on building loads** - controlo ON/OFF do aquecimento e arrefecimento baseado na carga do edifício;
- **Level 3: Heating and cooling plant on/off control based on predictive control or grid signals** - controlo ON/OFF do aquecimento e arrefecimento baseado em previsões ou sinais da rede.

MC-4 *Detecting faults of technical building systems and providing support to the diagnosis of these faults (Obrigatório)*

Deteção de falhas dos sistemas técnicos dos edifícios e diagnóstico das mesmas.

- **Level 0: No central indication of detected faults and alarms** - não existem alarmes ou identificações de falhas centralizados, as falhas muitas vezes são detetadas demasiado tarde ou não chegam a ser detetadas;
- **Level 1: With central indication of detected faults and alarms for at least 2 relevant TBS** - as falhas e alarmes são indicados numa sala de controlo para pelo menos 2 TBS, mas o diagnóstico está dependente das capacidades/disponibilidade dos técnicos, atrasando a resolução do problema;
- **Level 2: With central indication of detected faults and alarms for all relevant TBS** - as falhas e alarmes são indicados numa sala de controlo para todos os TBS, mas o diagnóstico está dependente das capacidades/disponibilidade dos técnicos, atrasando a resolução do problema;
- **Level 3: With central indication of detected faults and alarms for all relevant TBS, including diagnosing functions** - mesmo que o anterior, mas os técnicos dispõem de funções/ferramentas de diagnóstico para rapidamente resolver o problema;

MC-9 *Occupancy detection: connected services (Obrigatório)*

- **Level 0: None** - sem detetores de presença;
- **Level 1: For individual functions, e.g. lighting** - detetores de presença apenas para funções individuais;
- **Level 2: Centralized detection which feeds into several TBS such as lighting and heating** - detetores de presença centralizados, servindo para múltiplos TBS.

MC-13 *Central reporting of TBS performance and energy use (Obrigatório)*

Comunicação centralizada do desempenho energético dos sistemas técnicos do edifício.

- **Level 0: None** - Não existe comunicação centralizada;
- **Level 1: Central or remote reporting of realtime energy use per energy carrier** - comunicação centralizada ou remota de usos de energia atual por fornecedor de energia;

- **Level 2: Central or remote reporting of realtime energy use per energy carrier, combining TBS of at least 2 domains in one interface** - comunicação centralizada ou remota de usos de energia atual por fornecedor de energia, de pelo menos 2 TBS na mesma interface;
- **Level 3: Central or remote reporting of realtime energy use per energy carrier, combining TBS of all main domains in one interface** - comunicação centralizada ou remota de usos de energia atual por fornecedor de energia, de todos os TBS na mesma interface.

MC-25 Smart Grid Integration (Obrigatório)

Integração em redes “inteligentes”.

- **Level 0: None - No harmonization between grid and TBS; building is operated independently from the grid load** - não existe harmonização entre a rede e os TBS, o edifício opera independentemente da carga na rede;
- **Level 1: Demand side management possible for (some) individual TBS, but not coordinated over various domains** - DSM possível para alguns TBS individuais, no entanto esta não é coordenada entre si;
- **Level 2: Coordinated demand side management of multiple TBS** - DSM possível para múltiplos TBS e coordenada.

MC-28 Reporting information regarding demand side management performance and operation (Obrigatório)

Comunicação de informação relativa ao desempenho e operação da DSM.

- **Level 1: None** - não existe comunicação de informação;
- **Level 2: Reporting information on current DSM status, including managed energy flows** - comunicação de informação para o utilizador sobre o estado atual da DSM, incluindo os fluxos de energia;
- **Level 3: Reporting information on current historical and predicted DSM status, including managed energy flows** - comunicação do histórico, previsão e estado atual da DSM incluindo os fluxos de energia.

MC-29 Override of DSM control (Obrigatório)

Sobreposição do controlo DSM.

- **Level 0: No DSM control** - não existe controlo DSM;
- **Level 1: DSM control without the possibility to override this control by the building user (occupant or facility manager)** - controlo DSM sem possibilidade de ser desativado pelo utilizador;
- **Level 2: Manual override and reactivation of DSM control by the building user** - controlo DSM possibilidade de ser desativado e ativado manualmente;
- **Level 3: Scheduled override of DSM control (and reactivation) by the building user** - controlo DSM desativado de acordo com um agendamento horário sendo que apenas pode ser ativado manualmente;
- **Level 4: Scheduled override of DSM control and reactivation with optimized control** - controlo DSM ativado e desativado de acordo com um agendamento horário com controlo otimizado.

MC-30 Single platform that allows automated control & coordination between TBS + optimization of energy flow based on occupancy, weather, and grid signals (Obrigatório)

Plataforma que permite coordenar e automatizar o controlo dos TBS e ainda otimizar os fluxos de energia com base em sinais da rede, meteorologia, sensores movimento, etc...

- **Level 0: None** - plataforma não existente;
- **Level 1: Single platform that allows manual control of multiple TBS** - plataforma que permite controlo manual de múltiplos TBS;
- **Level 2: Single platform that allows automated control & coordination between TBS** - plataforma que permite controlo automatizado e coordenação entre os TBS;
- **Level 3: Single platform that allows automated control & coordination between TBS + optimization of energy flow based on occupancy, weather and grid signals** - mesmo que o anterior, mas com otimização do fluxo de energia baseado na ocupação de espaços, no clima e em sinais da rede.

Anexo G. Propostas de definição dos critérios de impacto

As três propostas de definição dos critérios de impacto presentes neste anexo foram retiradas do documento “interim report July 2019 of the 2nd technical support study on the smart readiness indicator for buildings”. [36]

As propostas são as seguintes:

- **Proposta 1** – apenas os sete (7) critérios de impacto (Figura A. 1);

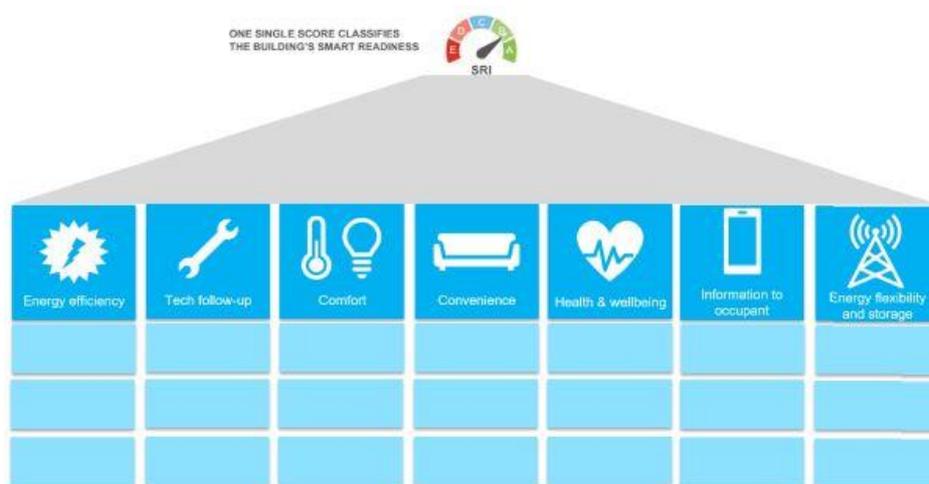


Figura A. 1 - Proposta 1, sete critérios de impacto. [36]

- **Proposta 2** – três (3) critérios de impacto alinhados com os domínios de funcionalidade da EPBD (Figura A. 2);



Figura A. 2 - Proposta 2, três critérios de impacto alinhados com a EPBD. [36]

- **Proposta 3** – sete (7) critérios de impacto que estão agregados a três (3) critérios de impacto (EPBD), Figura A. 3.

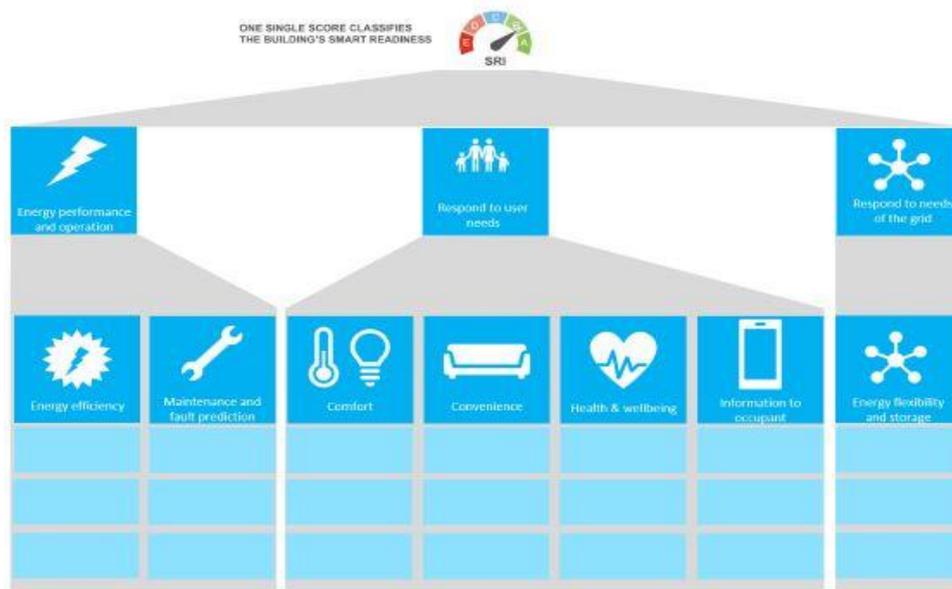


Figura A. 3 - Proposta 3, sete critérios de impacto agregados em três critérios de impacto. [36]

Estas propostas afetam as pontuações dos critérios de impacto, a ponderação relativa de cada critério de impacto e a comunicação ao utilizador final das pontuações de impacto.

Em relação às pontuações dos critérios de impacto apenas a Proposta 2 provocaria alterações pois passaríamos a ter três (3) critérios gerais em vez dos sete (7) atualmente considerados, o que levaria a que o SRI fosse menos transparente e objetivo.

Quanto à ponderação relativa de cada critério de impacto, considerando uma ponderação igual, na Proposta 1 cada critério de impacto tem uma ponderação de 14,3%, na Proposta 2 cada critério de impacto (EPBD) tem uma ponderação de 33,3% e na Proposta 3 considera-se uma ponderação igual para os critérios de impacto da EPBD (33,3%), com ponderações iguais dentro de cada critério da EPBD, assim temos que:

- $\frac{1}{3}$ é para o “desempenho e operações energéticas”, sendo que depois é dividido de igual forma pelos critérios associados, neste caso 16,7% para “poupança de energia” e “manutenção e previsão de falhas”;
- $\frac{1}{3}$ é para as “necessidades do ocupante”, que é dividido igualmente pelos critérios associados, o que resultam em 8,3% para os critérios: “conforto”, “conveniência”, “saúde e bem-estar” e “informação aos ocupantes”;
- $\frac{1}{3}$ para “flexibilidade e armazenamento de energia”.

Relativamente à comunicação das pontuações de impacto ao utilizador final, na Proposta 1 o facto de existirem muitos critérios de impacto a comunicar aumenta o volume de informações a serem transmitidas; o contrário acontece com a proposta 2 onde apenas temos três (3) critérios de impacto, o que pode levar a que seja necessária mais informação para esclarecer o objetivo de cada critério de impacto. Na proposta 3 existe a opção de poder utilizar um dos dois métodos de comunicação anteriores ou ambos.

Anexo H. Comunicação do SRI do Edifício

Este anexo sobre a comunicação do SRI do edifício foi retirado do: “3rd interim report of the 2nd technical support study on the smart readiness indicator for buildings”, 2020. [41]

A comunicação do SRI deve ser feita de forma clara e transparente de forma a evitar que este seja incompreendido ou que provoque desconfiança. Para isso, é fundamental esclarecer o que o SRI aborda e o que não aborda, sendo ainda necessário esclarecer que o SRI se baseia em três (3) funcionalidades definidas na EPBD:

1. A capacidade de o edifício adaptar o seu consumo de energia, mantendo o seu funcionamento e desempenho energético.
2. A capacidade de o edifício alterar o seu funcionamento em resposta às necessidades dos ocupantes, dando atenção à facilidade de utilização, à capacidade de comunicação da utilização de energia e à manutenção de um clima interior saudável,
3. A flexibilidade na procura global de energia de um edifício em relação à rede.

Assim sendo, o SRI não abrange serviços de:

- Entretenimento;
- Comunicação;
- Estética;
- Segurança;
- Acessibilidade.

Isto é muito importante que fique claro, pois os serviços e tecnologias “inteligentes” relacionadas com estes aspetos são os que predominam no mercado das tecnologias “inteligentes” dos edifícios. Outro ponto importante a considerar é a informação que deve ser transmitida; neste momento a informação considerada relevante de se transmitir é a seguinte:

- Pontuação SRI;
- Orientações e aconselhamento de como melhorar a pontuação SRI;
- Explicação do foco do SRI;
- A metodologia de cálculo;
- Os níveis de funcionalidade do SRI;
- Informações sobre o SRI - quem criou, quem gere, como é gerido, qual o estado atual, etc.;
- Tópicos relacionados como a interoperabilidade, cibersegurança, proteção de dados e possíveis ligações a outros projetos.

Esta informação deve ser organizada hierarquicamente, sendo que no topo da hierarquia teremos um logo, mnemónica ou imagem que identifica o SRI onde pode ser apresentada a pontuação SRI do edifício. No segundo patamar teremos as pontuações de impacto dos critérios de impacto e as pontuações de impacto dos domínios e ainda informações relativas ao foco do SRI, metodologia e níveis de funcionalidade. No terceiro patamar teremos toda a informação adicional sobre o SRI e algumas orientações. É ainda considerado relevante a introdução de um indicador da versão do SRI, uma vez que este vai estar sujeito a várias alterações e é importante saber a que versão corresponde uma dada pontuação SRI.

Aspeto Gráfico

Tendo em conta o anteriormente falado, o consórcio que estuda o SRI realizou um estudo com vários grupos de consumidores de forma a perceber qual seria a melhor abordagem de apresentação do SRI em termos gráficos, pelo que obteve os seguintes resultados: [41]

- Os logótipos apresentados na Tabela A. 9 não foram considerados muito informativos, servindo apenas para identificar de que trata o documento, pelo que foram mais apreciadas as mnemónicas apresentadas na Tabela A. 10 e na Tabela A. 11.

Tabela A. 9 - Exemplos de logótipos apresentados. [41]

- As mnemónicas da Tabela A. 10 são as mais simples e apenas apresentam valor final de SRI do edifício. Dentro deste conjunto de mnemónicas as preferidas pelos grupos de estudo foram a Figura A. 4 e a Figura A. 7.

Tabela A. 10 - Primeiro conjunto de mnemónicas. [41]

 <p>Figura A. 4 - Mnemónica 1A.</p>	 <p>Figura A. 5 - Mnemónica 1B.</p>
 <p>Figura A. 6 - Mnemónica 1C.</p>	 <p>Figura A. 7 - Mnemónica 1D.</p>

- As mnemónicas da Tabela A. 11 apresentam o valor final de SRI do edifício e ainda os valores de cada critério da EPBD. Dentro deste conjunto de mnemónicas as preferidas pelos grupos de estudo foram a Figura A. 10 e a Figura A. 12.

Tabela A. 11 - Segundo conjunto de mnemónicas. [41]

<p>Figura A. 8 - Mnemónica 2A.</p>	<p>Figura A. 9 - Mnemónica 2B.</p>
<p>Figura A. 10 - Mnemónica 2C.</p>	<p>Figura A. 11 - Mnemónica 2D.</p>
<p>Figura A. 12 - Mnemónica 2E.</p>	

- A Figura A. 13 apresenta as pontuações de impacto dos domínios e as pontuações de impacto dos critérios de impacto, quando foi apresentada aos grupos deu uma primeira impressão de que era demasiada informação, mas após algum tempo de análise da mesma foi concluído que era informação relevante e que deveria ser incluída.

		I M P A C T S							SRI
		 Energy efficiency	 Maintenance and fault protection	 Comfort	 Convenience	 Health and well-being	 Information to occupants	 Energy flexibility & storage	
Total		39%	18%	60%	71%	48%	59%	0%	42%
D O M A I N S	 Heating	32%	18%	62%	55%	24%	74%	0%	
	 Sanitary hot water	17%	0%	45%	70%	67%	83%	0%	
	 Cooling	65%	51%	78%	72%	61%	55%	0%	
	 Controlled ventilation	41%	0%	55%	60%	34%	44%	0%	
	 Lighting	85%	14%	90%	100%	83%	15%	0%	
	 Dynamic building envelope	10%	0%	31%	56%	22%	46%	0%	
	 Electricity	10%	0%	-	-	-	68%	0%	
	 Electric vehicle charging	-	38%	-	82%	-	84%	0%	
	 Monitoring and control	52%	43%	62%	72%	45%	64%	0%	

Figura A. 13 - Matriz das pontuações de domínios e dos critérios de impacto. [41]

Tendo em conta o anteriormente referido, uma possível forma de comunicar o SRI seria a Figura A. 4 ou a Figura A. 7, ou em alternativa a Figura A. 10 ou a Figura A. 12 no topo e depois mais abaixo a Figura A. 13.

Quanto ao formato os grupos apoiam a utilização de vários formatos, por exemplo a utilização de um certificado para efeitos de credibilidade, acompanhado de um relatório explicativo e ainda a possibilidade de um *QR code* ou *weblink* no certificado que leve para uma ferramenta online que permitiria testar alterações ao edifício e a respetiva melhoria da pontuação SRI, de modo a ser possível explorar mais aprofundadamente o SRI.

Anexo I. Avaliação da Interoperabilidade no SRI

Para avaliar a interoperabilidade foram consideradas três abordagens: [41]

- **Implícita**
Nesta abordagem são definidos os serviços que requerem interoperabilidade, mas não se definem os protocolos ou *standards* que devem ser usados para que essa interoperabilidade exista. Exemplo: O serviço “*Avoiding simultaneous heating and cooling*” para existir tem obrigatoriamente de fazer uso da interoperabilidade.
- **Explícita**
O cálculo do SRI leva em conta o nível de interoperabilidade de um serviço, baseado nos *standards* ou protocolos usados. Ou seja, ao aderir a uma lista específica de *standards* ou protocolos estamos a garantir um SRI mais elevado.
- **Informativa**
Comunicação, no certificado do SRI ou nos documentos que o acompanham, do nível de interoperabilidade dos serviços, tendo em conta os protocolos e *standards* usados pelos sistemas técnicos do edifício. A comunicação desta informação pode ser uma mais valia para o proprietário do edifício, por exemplo, quando este decidir planear uma atualização dos sistemas do edifício.

Após análise destas abordagens, o consórcio que estuda o SRI decidiu implementar uma abordagem mista através da combinação da abordagem implícita e da abordagem informativa.

A abordagem explícita é deixada de fora, pois a sua implementação não é considerada viável, uma vez que seria necessário recolher informações detalhadas de uma série de tecnologias, sendo que essa informação por vezes não se encontra facilmente acessível, exigindo uma investigação mais profunda ao avaliador, exigindo um maior esforço e a um aumento do tempo de avaliação, afetando negativamente o custo de avaliação do SRI de um edifício.

Assim, o SRI avalia a interoperabilidade focando-se nas características de um sistema técnico que fornece um serviço “inteligente” ao utilizador e não numa análise técnica e semântica de todos os sistemas técnicos e seus componentes. Assim um sistema técnico pode utilizar protocolos próprios para controlar os seus componentes, mas deverá utilizar um protocolo de código aberto para comunicar com, por exemplo, um sistema de gestão de energia.

A avaliação da interoperabilidade é dividida em duas partes, a abordagem implícita e a abordagem informativa:

- **Abordagem implícita**
Esta primeira parte está incorporada na metodologia de cálculo do SRI e é comum a toda a UE. Nesta abordagem, em vez de se avaliar os vários graus de interoperabilidade de cada *Technical Building System (TBS)*, foram introduzidos serviços que estão definidos de forma a que se obtenha um maior nível de funcionalidade caso exista interoperabilidade entre sistemas. Alguns serviços foram introduzidos com o objetivo ser possível indicar a forma como TBS de diferentes domínios trabalham em conjunto ou fornecem informações de desempenho a uma plataforma comum. Em alguns casos é mesmo necessário que exista algum grau de interoperabilidade para que os serviços estejam presentes.

- **Abordagem informativa**

Nesta segunda parte o objetivo é introduzir informação adicional sobre a interoperabilidade no certificado SRI. Esta informação pode ser obrigatória ou opcional e cabe aos órgãos que vão implementar o SRI decidir isso, no entanto é recomendado que seja opcional e que:

- **Na primeira versão do SRI:** a informação adicional inclua uma lista de protocolos de comunicação usados pelos TBS.
- **Em futuras versões do SRI:** seja adicionado uma avaliação dedicada à interoperabilidade ao nível dos domínios, tendo em conta dois aspetos:
 - A capacidade de um TBS partilhar dados operacionais por meio de um protocolo aberto.
 - A capacidade de um TBS ser controlado através de um sinal externo.

Existe também a possibilidade de os órgãos que vão implementar o SRI poderem incluir informações provenientes de outros projetos nacionais de certificação de interoperabilidade e comunicar esses resultados juntamente com a documentação de avaliação do SRI.

Anexo J. Primeiro Teste Público do SRI

Este anexo foi retirado do: “3rd interim report of the 2nd technical support study on the smart readiness indicator for buildings”, 2020. [41]

O primeiro teste público do SRI teve duas fases, a primeira onde foi realizado um teste preliminar pelos membros que fazem parte do estudo orientado pela VITO e uma segunda fase onde se deu oportunidade às partes interessadas de testar uma versão preliminar do SRI e de dar o seu *feedback* no que diz respeito à viabilidade da abordagem apresentada. Este teste era de carácter voluntário e não exigia nenhum conhecimento prévio específico sobre o SRI.[41]

Pressupostos dos testes realizados

- a) Os voluntários podiam escolher o tipo de avaliação que queriam realizar:
 - Método A – avaliação simplificada;
 - Método B – avaliação detalhada (avaliação padrão);

- b) Os voluntários também escolhiam o tipo de edifício e consoante a escolha do tipo de edifício deviam escolher a que se destinava o edifício:
 - Residencial
 - Moradia unifamiliar;
 - Pequena casa multifamiliar: 10 unidades residenciais ou menos;
 - Grande casa multifamiliar: mais de 10 unidades residenciais;
 - Outro: moradia de estudantes, lares, etc.;
 - Não-Residencial
 - Escritórios;
 - Edifícios de Saúde;
 - Edifícios de Educação/Ensino;
 - Outros.

O tipo de edifício e qual o uso a que este se destina são usados para seleccionar os fatores de ponderação adequados. No entanto, na atual versão do SRI, nenhuma diferenciação é feita nos fatores de ponderação de acordo com o tipo do edifício, isto é, todos os edifícios residenciais e não residenciais usam os mesmos fatores de ponderação, independentemente do uso a que estes estão destinados.

- c) O estado em que se encontra o edifício:
 - Renovado, aplicado aos edifícios que sofreram alterações que levaram a melhorias energéticas importantes tais como, aplicação de isolamento térmico e melhoramento dos sistemas técnicos;
 - Original, aplicado aos edifícios que não tiveram melhorias energéticas relevantes.

d) Escolha do país onde o edifício se encontra:

- Norte da Europa: Dinamarca, Finlândia, Suécia, Noruega, Islândia;
- Europa Ocidental: Áustria, Bélgica, França, Alemanha, Irlanda, Luxemburgo, Holanda, Reino Unido, Liechtenstein, Suíça;
- Sul da Europa: Grécia, Itália, Malta, Portugal, Espanha, Chipre;
- Nordeste da Europa: República Tcheca, Estônia, Letônia, Lituânia, Polônia, Eslováquia;
- Sudeste da Europa: Bulgária, Croácia, Hungria, Roménia, Eslovénia.

e) Processo de triagem:

No cálculo do SRI é implementado um processo de triagem para identificar quais os serviços que devem ser levados em consideração para o cálculo da pontuação final do SRI. É muito provável que devido ao contexto local e específico de uma avaliação alguns domínios e serviços não sejam relevantes ou então não aplicáveis ou ainda não desejáveis. Assim:

- Para alguns serviços uma avaliação apenas é relevante se o sistema técnico a que este se refere estiver presente (sendo assim uma avaliação do tipo “*smart ready*”);
- alguns serviços podem ser mutuamente exclusivos;
- alguns serviços podem estar ausentes, mas serem desejáveis (sendo assim uma avaliação do tipo “*smart possible*”).

Neste teste público, é pedido para o avaliador indicar quais os sistemas técnicos dos edifícios (TBS) que estão presentes no edifício. No caso de um TBS não estar presente é pedido para indicar se o TBS é obrigatório no seu país ou região; isto é feito para os domínios que podem ser desejáveis como, por exemplo, a ventilação controlada e o carregamento de veículos elétricos.

f) Implementação parcial de serviços:

Em algumas situações, um edifício não vai cumprir integralmente com um determinado nível de funcionalidade. Por exemplo, o controlo da iluminação artificial com base nos níveis de luz natural pode estar instalado em algumas divisões do edifício, mas não nos corredores. Assim, existem duas maneiras de implementar isso no cálculo do SRI:

- A forma padrão é escolher o nível mais alto de funcionalidade que se aplica a toda a área da superfície do edifício ou, em alternativa, pode-se indicar o nível de funcionalidade que se aplica à parte mais relevante do edifício;
- A outra forma é fazer uma divisão em que podem ser definidos até dois níveis de funcionalidade diferentes para incluir no cálculo. A percentagem de cada nível de funcionalidade é determinada usando a área útil líquida do edifício; supondo que 60% do edifício é equipado com *dimming* (nível de funcionalidade 3) e nos restantes 40% é equipado com controlo manual (central) (nível de funcionalidade 0) vamos ter uma ponderação de 60% para o nível de funcionalidade 3 e 40% para o nível de funcionalidade 0.

Descrição do conjunto de edifícios avaliados

Neste teste foram avaliados 81 edifícios, sendo que 31 destes foram avaliados de acordo com os dois métodos disponíveis, 2 foram avaliados apenas pelo método A e os restantes 48 apenas foram avaliados pelo método B, perfazendo um total de 112 avaliações. Assim, no total, temos 33 edifícios avaliados pelo método A (simplificado) e 79 edifícios avaliados pelo método B (detalhado/padrão).

No total, nesta fase de testes, existiu a avaliação de edifícios de 21 Estados-Membros. Em termos de zonas climáticas, no conjunto de edifícios, existem 43 edifícios do sul da Europa, 38 do oeste da Europa (Europa Ocidental), 14 do norte da Europa, 7 do nordeste da Europa e 10 do sudeste da Europa. Do conjunto das 112 avaliações temos 47 edifícios residenciais (moradias unifamiliares, pequenas casas multifamiliares e grandes casas multifamiliares) e 65 edifícios não residenciais (36 edifícios de escritórios, 5 edifícios de saúde, 14 edifícios de educação/ensino e 13 outros). Estas e outras informações são apresentadas na Figura A. 14.

Building Type	Method	Residential	Non-residential					
	A	16	17					
	B	31	48					
Climate Zone		North-East Europe	North Europe	South-East Europe	South Europe	West Europe		
	A	3	5	3	13	9		
	B	4	9	7	30	29		
Building Floor Area		<200 m ²	200 - 500 m ²	500 - 1.000 m ²	1.000 - 10.000 m ²	10.000 - 25.000 m ²	> 25.000 m ²	NA
	A	5	4	1	14	4	5	0
	B	8	9	6	38	7	10	1
Building Year		< 1960	1960 - 1990	1990 - 2010	> 2010	Not yet constructed	NA	
	A	2	8	10	12	1		
	B	7	16	22	28	4	2	
Building State		Original	Renovated	Not yet constructed				
	A	10	12	1				
	B	47	30	2				
Building Usage		Single-family	Small-Multi-family	Large-Multi family	Office	Educational	Healthcare	Other
	A	7	3	5	10	4	0	4
	B	13	5	11	26	10	5	9

Figura A. 14 - Descrição detalhada dos edifícios avaliados.

Descrição dos Resultados Obtidos

Ao observar a Figura A. 15, onde se representa a distribuição do valor final do SRI por método e por tipo de edifício, se compararmos o método A com o método B não existe grande variação do valor final do SRI, o que indica que apesar do método A usar uma lista de serviços menor que o método B este consegue refletir bem a “*smart readiness*” do edifício. No entanto quando olhamos para a comparação por tipo de edifício é possível verificar algumas diferenças, valores mais baixos para os edifícios residenciais do que para os não residenciais. Estas diferenças de valores finais de SRI devem-se ao facto de que os edifícios não residenciais normalmente apresentam TBS mais complexos e avançados dos que normalmente são encontrados nos edifícios residenciais; esta relação é independente do método usado como podemos verificar na Figura A. 16.

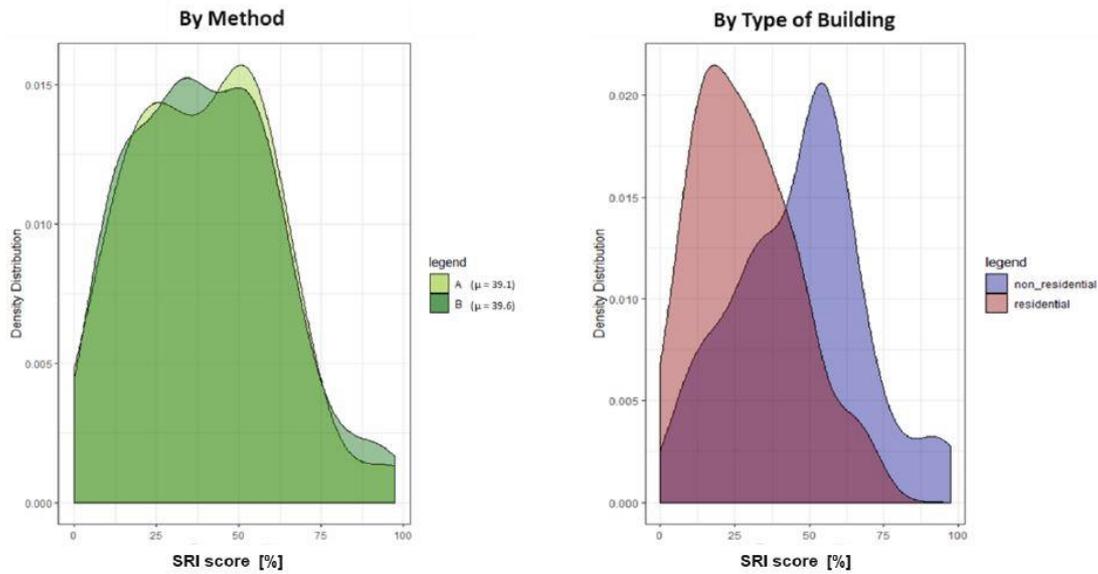


Figura A. 15 - Distribuição do valor final do SRI por método (esquerda) e por tipo de edifício (direita).

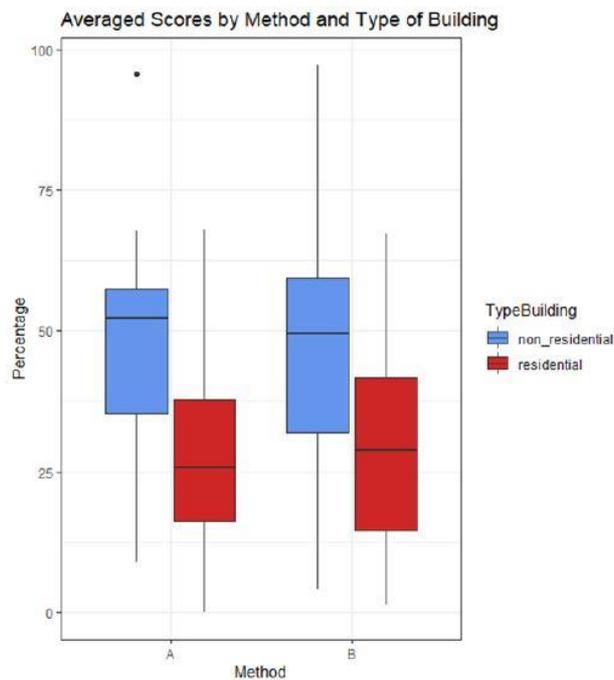


Figura A. 16 - Valor final de SRI por método e por tipo de edifício.

Voltando outra vez à análise da diferença entre os dois métodos e de forma a mostrar que estes se encontram bem alinhados foram elaborados os gráficos da Figura A. 17, onde apenas se usou os edifícios que foram avaliados pelos dois métodos. Nestes gráficos é possível observar que os resultados obtidos através do método B são um pouco mais baixos que os obtidos pelo método A. No entanto, no geral, podemos dizer que estão bem alinhados.

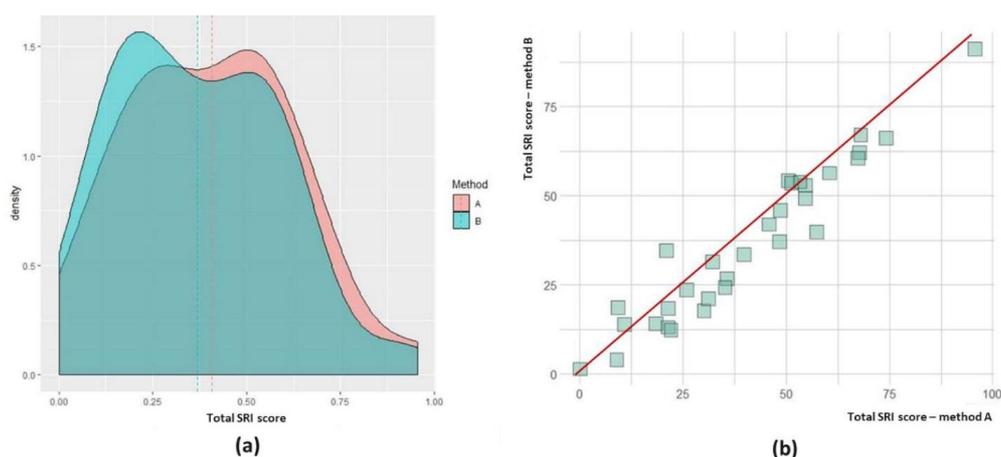


Figura A. 17 - Comparação dos métodos A e B, quando aplicados aos mesmos edifícios.

Feedback das partes interessadas

De forma a obter algum *feedback* sobre a avaliação foram incorporadas algumas questões como parte integrante de cada avaliação. Algumas dessas questões são as seguintes:

1. O valor de SRI obtido está de acordo com o esperado pelo avaliador ou pelo proprietário/utilizador do edifício?
2. Quanto tempo demorou a fazer a avaliação do edifício?
3. A avaliação do SRI forneceu novas ideias de como melhorar/atualizar o edifício avaliado?
4. Houve alguma informação em falta para realizar a avaliação?

Das respostas obtidas a estas questões, foi possível extrair o seguinte:

1. Na generalidade os resultados obtidos estavam de acordo com as expectativas. No entanto, os utilizadores/proprietários e alguns avaliadores sentem que falta uma referência para que se possa determinar se uma pontuação de SRI é considerada “boa” ou “má”.
2. Para a maioria das avaliações o tempo despendido foi menos de 1 hora para o método A e menos de 4 horas para o método B. No entanto, os avaliadores já estavam bem familiarizados com o edifício que avaliaram e não tiveram de documentar a avaliação, pelo que é esperado que uma avaliação normal de SRI seja um pouco mais demorada.
3. O facto de o SRI apresentar as pontuações ao nível dos domínios e dos critérios de impacto foi considerada uma vantagem pelos avaliadores, pois dá uma visão dos pontos “fortes” e “fracos” do edifício. Foi também considerado uma mais valia o uso de recomendações para melhorar o SRI, pois é algo que acrescenta valor ao mesmo.
4. Nesta questão foi realçado que deveria ser feita uma melhor clarificação das definições dos serviços e dos seus níveis de funcionalidade. Foi também sugerido a introdução de exemplos no guia de avaliação fornecido ao avaliador, de forma a facilitar a avaliação de edifícios complexos onde existe a utilização de vários sistemas para o mesmo domínio.

Anexo K. Cenários da Questão de Pesquisa “Até que ponto um SRI elevado significa elevada flexibilidade?”

Primeiro Cenário

Como primeiro cenário temos um edifício onde o aquecimento é realizado por uma bomba de calor, que faz uso de um cilindro de armazenamento de água, onde esta será distribuída por bombas de velocidade variável. A temperatura da água que é distribuída pelas bombas depende da temperatura interior das várias zonas do edifício e em cada zona existe um controlador que comunica com o sistema de automação e que possibilita o controlo da temperatura daquela zona. Este controlador faz uso de sensores de movimento para controlo do aquecimento. Em relação ainda ao aquecimento, é possível saber os valores atuais e histórico da temperatura bem como saber o desempenho atual e a sua previsão. O sistema tem ainda capacidade de prever e detetar falhas e a sua gestão é feita com base nisso.

Quanto ao aquecimento das águas quentes sanitárias (AQS), este é feito através de painéis solares, sendo apoiado pela bomba de calor e em último caso por uma resistência elétrica existente no cilindro de armazenamento das AQS. O aquecimento da água armazenada tem controlo ON/OFF, controlo horário e faz uso dos vários sensores do cilindro de armazenamento. O sistema de AQS avalia e prevê o seu desempenho, deteta falhas no sistema e faz uma gestão preditiva.

Neste cenário o edifício tem um sistema de ventilação com controlo do fluxo de ar/pressão automático com “reset” e ainda, em cada zona/divisão, o fluxo de ar é controlado por válvulas, tendo em conta a qualidade do ar interior. Existe também modelação da recuperação de calor tendo em conta vários sensores e modelação da recirculação/renovação do ar, e ainda um controlo da temperatura do ar distribuído através de um “setpoint” variável que é ajustado em função das necessidades de cada zona/divisão. É ainda possível saber os valores atuais e o histórico da qualidade do ar interior (QAI) e o sistema envia alertas de manutenção ou de ações que os ocupantes devem realizar.

No que diz respeito à iluminação esta pode ser ligada manualmente ou através do detetor de presença. No caso de não ser desligada manualmente esta diminui a luminosidade e depois desliga por completo. É ainda de referir que a iluminação interior é ajustada de acordo com a luminosidade exterior e que é possível definir vários cenários de iluminação, por exemplo, diferente distribuição da iluminação, ajuste da cor, etc.

Em termos de eletricidade, existem painéis fotovoltaicos dos quais é possível saber o seu desempenho atual e fazer previsões do mesmo e existe ainda um sistema de gestão preditiva e deteção de falhas. É ainda possível saber o consumo em tempo real por cada tipo de aplicação existente, no entanto não existe armazenamento da energia produzida, otimização do consumo da mesma ou suporte para “micro-grids”.

Relativamente à dinâmica da envolvente, existe um controlo preditivo das persianas e um controlo centralizado de coordenação da abertura/fecho de janelas com o AVAC. Existe também a possibilidade de saber a posição de cada janela, se existe alguma falha, os valores atuais e histórico dos sensores existentes e ainda efetuar manutenção preditiva.

Existem também postos de carregamento de veículos elétricos em 10% dos lugares de estacionamento disponíveis, no entanto só é possível controlar a energia que é entregue ao veículo. Quanto ao carregamento do veículo é possível saber o estado de carregamento do mesmo.

Melhorias realizadas ao Primeiro Cenário

As melhorias realizadas em relação ao cenário anterior (primeiro cenário) são as seguintes:

- **Aquecimento**
 - Controlo do armazenamento de energia térmica através de sinais vindos da rede;
 - Controlo do gerador de calor tendo em conta as necessidades dos ocupantes e sinais vindos da rede;
 - Otimização do controlo do sistema de aquecimento, tendo em conta previsões e sinais da rede.

- **Eletricidade**
 - Armazenamento da energia produzida no local, com controlo que optimize o uso dessa mesma energia e que possibilite o envio de energia para a rede;
 - Gestão automatizada do consumo de eletricidade, baseado nas necessidades atuais e previstas e da disponibilidade de energia renovável;
 - Possibilidade de o edifício operar “*off-grid*”.

- **Veículos Elétricos**
 - Carregamento do veículo elétrico com controlo da energia que o veículo recebe ou envia para a rede.

Anexo L. Cenário da Questão de Pesquisa “Até que ponto pode o SRI ser usado como indicador NZEB?”

Descrição do terceiro cenário, um possível edifício NZEB:

- **Aquecimento**
 - Bomba de calor controlada de acordo com as necessidades de aquecimento;
 - Bombas de distribuição de velocidade variável;
 - Temperatura da água distribuída é compensada tendo em conta a temperatura exterior;
 - Cada divisão tem controlo individual feito por válvulas termostáticas;
 - Não tem armazenamento;
 - Comunica a informação da temperatura atual centralmente;
 - Sistema apenas funciona durante certos períodos, definidos pelo utilizador.

- **AQS**
 - Esquentador a gás;
 - Reporta o valor atual da temperatura da água.

- **Arrefecimento**
 - Não existe arrefecimento.

- **Ventilação**
 - Não existe ventilação mecânica.

- **Iluminação**
 - Controlo ON/OFF manual;
 - Controlo manual, por zona ou divisão, da iluminação tendo em conta os níveis de luminosidade natural.

- **Eletricidade**
 - Painéis fotovoltaicos com armazenamento em baterias, onde é possível saber os valores atuais e histórico de produção e do armazenamento;
 - Não existe otimização do consumo da energia produzida nem suporte para funcionar em “micro-grid”;
 - É possível saber o consumo atual do edifício.

- **Dinâmica da envolvente**
 - Persianas motorizadas com controlo manual;
 - Abertura/Fecho de janelas manual.

- Veículos elétricos
 - Capacidade de carregamento de apenas um veículo elétrico;
 - O carregamento do veículo elétrico não é controlável;
 - É possível saber o estado de carregamento do veículo.

Anexo M. Alterações Efetuadas na Ferramenta Criada

Tal como já referido, o aquecimento do DEEC é realizado através de três tecnologias diferentes: caldeiras a gás, bombas de calor e aquecimento resistivo e isto revelou-se um problema pois este aquecimento não é igualmente distribuído e por isso tem de ser ponderado. Para resolver este problema foi decidido avaliar os serviços do domínio do aquecimento de forma individual para as tecnologias presentes. Ou seja, estamos a avaliar o aquecimento três vezes.

Em termos de ferramenta isto implica a criação de novas folhas de avaliação para o domínio do aquecimento (ver Figura A. 18).

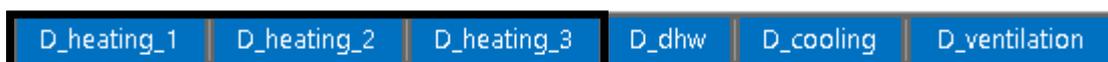


Figura A. 18 - Folhas de avaliação das tecnologias do domínio do aquecimento.

Uma vez que existem agora três tecnologias de aquecimento a ser avaliadas é necessário ponderar estas tecnologias, assim, foi criado na folha “Calculo” uma tabela para se indicar esta ponderação. Aproveitou-se e criámos também ponderação para os domínios Arrefecimento e Ventilação, para facilitar a sua implementação quando apenas estão presentes em parte do edifício. (ver Figura A. 19)

Zona: South_Europe

Heating Weights: (percentage %)

Combustion or DH	
Heat pumps / AC	
Local Resistive heating	
No heating	
Total	0

Cooling Weights: (percentage %)

Chillers / AC	
No cooling	
Total	0

Ventilation Weights: (percentage %)

Ventilation	
No ventilation	
Total	0

Navigation bar: > Calculo | Calculo SRI | Weightings

Figura A. 19 - Ponderação de tecnologias e da aplicação do domínio a parte do edifício.

Após definidas as ponderações temos de as aplicar aos valores obtidos pelas avaliações das folhas dos domínios. Para isso foi criada uma tabela na folha “Calculo SRI” onde são apresentados estes valores (ver Figura A. 20).

