

IMPLEMENTAÇÃO DE CRITÉRIOS DA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL NUMA HABITAÇÃO UNIFAMILIAR - ANÁLISE DE CUSTOS/BENEFÍCIOS

Sérgio Duarte Calado Martinho

Trabalho de projecto apresentado ao Instituto Politécnico de Castelo Branco para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Construção Sustentável, realizada sob a orientação científica da Doutora Maria Constança Simões Rigueiro Professora-Adjunta da Unidade Técnico Científica de Engenharia Civil da Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Agradecimentos

O presente trabalho de projecto é o culminar de um esforço de uma equipa de trabalho na realização do Mestrado em Construção Sustentável, da Escola Superior de Tecnologia de Castelo Branco.

A contribuição directa ou indirectamente de algumas pessoas foram cruciais para a elaboração do presente trabalho de projecto, o que sem elas todo este trabalho não seria possível. Deste modo não poderei de deixar um enorme agradecimento à orientadora Professora Doutora Maria Constança Simões Rigueiro, que para além do seu enorme apoio e motivação foi acima de tudo uma grande amiga, sendo um elemento principal do trabalho realizado. Não poderei de deixar de agradecer o forte apoio do Professor Doutor Ricardo Mateus, tendo o seu contributo sido uma peça fundamental na elaboração deste trabalho.

Findos os agradecimentos aos principais intervenientes deixo o meu agradecimento a todos os outros intervenientes, que de forma também importante prestaram o seu apoio e disponibilidade, ao facultar dados essenciais na elaboração deste trabalho de projecto. Deste modo passo a menciona-los:

- CYPE - Software para Engenharia e Construção
- GRAF - Aproveitamento de águas da chuva
- ECODEPUR
- ARTEBEL
- CORTICEIRA AMORIM
- NEOTURF

Prestados os agradecimentos aos principais intervenientes na execução do trabalho de projecto apresentado, resta-me agradecer também à Escola Superior de Tecnologia pelas facilidades concedidas e a todos os familiares e amigos, por todo o apoio e interesse manifestado nesta fase da minha vida.

IMPLEMENTAÇÃO DE CRITÉRIOS DA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL NUMA HABITAÇÃO UNIFAMILIAR - ANÁLISE DE CUSTOS/BENEFÍCIOS

Palavras-chave

Sustentabilidade, Construção sustentável, Ambiente, Edifício sustentável

Resumo

O sector da construção é no presente um dos principais responsáveis pelo aumento da poluição que contribui para a degradação do ambiente. O aumento não controlado do consumo dos recursos naturais, o modo como são utilizados e as elevadas emissões poluentes do processo de fabrico, obrigam a que se estudem e implementem medidas e processos que contribuam para garantir um futuro para a construção sustentável e para a sustentabilidade de todo o planeta.

A implementação de sistemas de avaliação e certificação da construção veio possibilitar que se reduzam os impactes negativos que o sector da construção origina, por exemplo, os gastos e emissões dos edifícios no seu ciclo de vida.

O presente trabalho de projecto enuncia os principais sistemas de avaliação e certificação da construção sustentável, ao nível nacional e internacional. Também se identificam as principais diferenças na aplicabilidade destes sistemas aquando a avaliação da sustentabilidade.

Apresentados os principais sistemas, é avaliado a sustentabilidade de um edifício unifamiliar, através da ferramenta SBTool^{PT}-H. Esta ferramenta visa garantir a sustentabilidade dos edifícios de habitação, durante a totalidade de seu ciclo de vida (projecto, construção, operação, manutenção, demolição/desconstrução), promovendo e tirando o mais possível partido da interacção entre os parâmetros ambientais, sociais e económicos.

O sistema de avaliação e certificação SBTool^{PT}-H, emite um certificado de sustentabilidade e classifica o edifício de acordo com seu nível de desempenho (A⁺ a E). Este sistema de avaliação está adequado à realidade nacional.

Um dos principais objectivos deste trabalho de projecto é avaliar a sustentabilidade de um edifício em fase de projecto, onde foram utilizadas soluções convencionais. Após esta avaliação é efectuado um estudo de um conjunto de medidas a incorporar, no projecto do edifício, de modo a otimizar a sua sustentabilidade, isto é, de modo a que possa satisfazer um nível de desempenho A

Concluído este ponto é efectuada uma análise económica de custos e benefícios às medidas de melhoria da sustentabilidade propostas, avaliando o período de retorno de investimento, de forma a realçar a importância económica da sua implementação.

Assim, este trabalho de projecto pretende realçar a importância da avaliação e certificação da sustentabilidade na construção, como modo de garantir o nível de eficiência dos edifícios no que respeita ao consumo de recursos naturais, protecção ambiental e conforto térmico e os custos que isso implica.

IMPLEMENTAÇÃO DE CRITÉRIOS DA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL NUMA HABITAÇÃO UNIFAMILIAR - ANÁLISE DE CUSTOS/BENEFÍCIOS

Keywords

Sustainability, Sustainable Construction, Environment, Sustainable Building

Abstract

The construction sector is one of the major contributors for the increase of pollution and environmental degradation.

The uncontrolled increase on the consumption of natural resources, the way they are used and the high emissions they arise, oblige to the study and implementation of policies and procedures which help ensure a sustainable future for construction and sustainability of the planet.

The development of assessment systems and certification of construction in different parts of the world has enabled the reduction of the negative impacts the construction sector originates and the costs and emissions of buildings in its life cycle.

This work analyses the main assessment systems and certification of sustainable construction, with the aim of identifying the differences in the evaluation of sustainability among them.

One of the main objectives of this work is to assess the sustainability of a residential building through the application of a sustainability assessment tool SBTool^{PT}-H, at the design stage, where conventional solutions were adopted. After this study, is created a proposal for making sustained improvements on the building, in order to perform a sustainable building with the performance level A. In order to improve the sustainability solution, is made an analysis of twenty-five parameters that constitute the assessment system SBTool^{PT}-H.

An economic analysis is also performed to investigate the cost/benefit relating to sustainability improvement measures proposed. Thus, this work highlights the importance of the evaluation and sustainable certification in construction as to ensure the level of efficiency of buildings in relation to the consumption of natural resources, environmental protection and thermal comfort.

Índice geral

CAPÍTULO 1-INTRODUÇÃO	1
1.1.MOTIVAÇÃO E OBJECTIVOS	3
1.2.AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NA HABITAÇÃO	3
1.2.1.DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	3
1.2.2.SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO	5
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO DE PROJECTO	10
CAPÍTULO 2-SISTEMAS DE APOIO À CONCEPÇÃO DE EDIFÍCIOS SUSTENTÁVEIS	13
2.1.NORMAS PARA AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE	13
2.1.1.NORMAS ISO	13
2.1.2.NORMAS CEN	16
2.2.METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO	20
2.2.1.SISTEMA BREEAM.....	21
2.2.2.SISTEMA LEED	23
2.2.3.SISTEMA LIDERA	27
2.2.4.SISTEMA HQE	31
2.2.5.SISTEMA CASBEE	34
2.2.6.SISTEMA CEEQUAL	37
2.2.7.SISTEMA DGNB.....	40
2.2.8.SISTEMA OGNI	42
2.2.9.SISTEMA PROMISE.....	43
2.3.SISTEMA SBT _{ool} ^{PT} -H	46
2.3.1.QUANTIFICAÇÃO DO DESEMPENHO AO NÍVEL DAS CATEGORIAS, DIMENSÕES E QUANTIFICAÇÃO DO NÍVEL DE SUSTENTABILIDADE.....	53
2.4.ANÁLISE COMPARATIVA DOS SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE APRESENTADOS	57
2.5.FERRAMENTAS DE SIMULAÇÃO DE COMPORTAMENTO ENERGÉTICO	61
2.5.1.ENERGY PLUS.....	63
2.5.2.DESIGN BUILDER	65
2.5.3.TRNSYS	66
2.5.4.TRACE	67

CAPÍTULO 3-CASO DE ESTUDO - SOLUÇÃO INICIAL	69
3.1.DESCRICÃO DO CASO DE ESTUDO.....	69
3.2.OBJECTIVOS DA AVALIAÇÃO	74
3.3.NECESSIDADES ENERGETICAS (DESIGN BUILDER).....	75
3.3.1.SALA	77
3.3.2.QUARTO	83
3.3.3.CASA DE BANHO.....	89
3.3.4.DESEMPENHO GLOBAL DO EDIFÍCIO.....	94
3.4.AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE RECORRENDO AO SBTool ^{PT} -H.....	96
3.5.CONCLUSÕES.....	120
CAPÍTULO 4-PROPOSTAS DE MELHORIAS	123
4.1.DIMENSÃO AMBIENTAL.....	123
4.2.DIMENSÃO SOCIAL.....	138
4.3.DIMENSÃO ECONÓMICA.....	143
4.4.NECESSIDADES ENERGETICAS (DESIGN BUILDER).....	150
4.4.1.SALA	150
4.4.2.QUARTO	156
4.4.3.CASA DE BANHO.....	163
4.4.4.DESEMPENHO GLOBAL DO EDIFÍCIO.....	167
4.5.CONCLUSÕES.....	169
CAPÍTULO 5-CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS DE FUTURO.....	173
5.1.DIUSSÃO DOS RESULTADOS	173
5.2.CONCLUSÕES.....	181
5.3.PERSPECTIVAS DE DESENVOLVIMENTO FUTURO.....	184
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	187
ANEXOS.....	191

Índice de figuras

Figura 1.1.EVOLUÇÃO DA POPULAÇÃO MUNDIAL	5
Figura 1.2.EVOLUÇÃO DOS OBJECTIVOS DA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL	7
Figura 1.3.CICLO DE ENERGIA DOS MATERIAIS	10
Figura 2.1.NORMAS ISO DO SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL.....	14
Figura 2.2.NORMAS DESENVOLVIDAS NO ÂMBITO DO COMITÉ TÉCNICO CEN/TC 350, PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	18
Figura 2.3.CRONOGRAMA DE TRABALHOS E RESPECTIVAS NORMAS CEN/TC 350	19
Figura 2.4.CEN/TC 350 O CONCEITO DA AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DE EDIFÍCIOS	20
Figura 2.5.VERTENTES E ÁREAS ABRANGIDAS PELO LIDERA	28
Figura 2.6.ESCALA DE CLASSIFICAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE SEGUNDO O LIDERA	28
Figura 2.7.VALORES DA PONDERAÇÃO DO LIDERA.....	29
Figura 2.8.FAMILIAS E CATEGORIAS DO SISTEMA HQE	32
Figura 2.9.NIVEIS DE DESEMPENHO DAS CATEGORIAS DO SISTEMA HQE	32
Figura 2.10.CONCEITO DE ECOSSISTEMA FECHADO	35
Figura 2.11.ESTRUTURA DO ENERGY PLUS	64
Figura 3.1.ALÇADO PRINCIPAL DO EDIFÍCIO EM ESTUDO	70
Figura 3.2.MODELO 3D DE CÁLCULO DA HABITAÇÃO DESENVOLVIDO NO DESIGN BUILDER.....	76
Figura 3.3.PLANTA DA SALA.....	77
Figura 3.4.EVOLUÇÃO DAS TEMPERATURAS NA SEMANA DE DIMENSIONAMNETO NO INVERNO-SALA	78
Figura 3.5.EVOLUÇÃO DAS TEMPERATURAS NA SEMANA DE TIPICA NO INVERNO-SALA	78
Figura 3.6.TEMPERATURAS INTERIORES E PERDAS DE CALOR PELA ENVOLVENTE EXTERIOR - SALA..	79
Figura 3.7.EVOLUÇÃO DAS TEMPERATURAS NA SEMANA DE DIMENSIONAMNETO VERÃO-SALA.....	80
Figura 3.8.EVOLUÇÃO DAS TEMPERATURAS NA SEMANA TIPICA VERÃO-SALA	80
Figura 3.9.GANHOS INTERNOS DE ENERGIA E NECESSIDADES ENERGÉTICAS DURANTE O ANO- SALA	81
Figura 3.10.PLANTA DO QUARTO.....	83
Figura 3.11.EVOLUÇÃO DAS TEMPERATURAS NA SEMANA DE DIMENSIONAMNETO NO INVERNO-QUARTO	83
Figura 3.12.EVOLUÇÃO DAS TEMPERATURAS NA SEMANA TIPICA NO INVERNO-QUARTO	84

Figura 3.13.TEMPERATURAS INTERIORES E PERDAS DE CALOR PELA ENVOLVENTE EXTERIOR-QUARTO	85
Figura 3.14.EVOLUÇÃO DAS TEMPERATURAS NA SEMANA DE DIMENSIONAMNETO VERÃO-QUARTO	86
Figura 3.15.EVOLUÇÃO DAS TEMPERATURAS NA SEMANA TIPICA VERÃO-QUARTO	86
Figura 3.16.GANHOS INTERNOS DE ENERGIA E NECESSIDADES ENERGÉTICAS DURANTE O ANO-QUARTO	87
Figura 3.17.PLANTA CASA DE BANHO.....	89
Figura 3.18.EVOLUÇÃO DAS TEMPERATURAS NA SEMANA DE DIMENSIONAMNETO NO INVERNO-WC	89
Figura 3.19.EVOLUÇÃO DAS TEMPERATURAS NA SEMANA TIPICA NO INVERNO-WC.....	90
Figura 3.20.TEMPERATURAS INTERIORES E PERDAS DE CALOR PELA ENVOLVENTE EXTERIOR-WC .	90
Figura 3.21.EVOLUÇÃO DAS TEMPERATURAS NA SEMANA DE DIMENSIONAMNETO VERÃO-WC	91
Figura 3.22.EVOLUÇÃO DAS TEMPERATURAS NA SEMANA TIPICA VERÃO-WC	92
Figura 3.23.GANHOS INTERNOS DE ENERGIA E NECESSIDADES ENERGÉTICAS DURANTE O ANO-WC	93
Figura 3.24.CONSUMOS ENERGÉTICOS DO EDIFÍCIO EM ESTUDO PARA SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO	95
Figura 3.25.VALORES NORMALIZADOS DO DESEMPENHO SUSTENTÁVEL DOS PARÂMETROS DO EDIFÍCIO EM ESTUDO	117
Figura 3.26. CLASSIFICAÇÃO DO NIVEL DE SUSTENTABILIDADE DO EDIFÍCIO EM ESTUDO.....	119
Figura 4.1.PORMENOR CONSTRUTIVO DE COBERTURA AJARDINADA	124
Figura 4.2.PLANTA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA VERDE A IMPLEMENTAR	128
Figura 4.3.VALORES NORMALIZADOS DO DESEMPENHO SUSTENTÁVEL DOS PARÂMETROS DO EDIFÍCIO EM ESTUDO	147
Figura 4.4. CLASSIFICAÇÃO DO NIVEL DE SUSTENTABILIDADE DO EDIFÍCIO EM ESTUDO	149
Figura 4.5. PLANTA DA SALA DE ESTAR	150
Figura 4.6.EVOLUÇÃO DAS TEMPERATURAS NA SEMANA DE DIMENSIONAMNETO NO INVERNO-SALA	151
Figura 4.7.EVOLUÇÃO DAS TEMPERATURAS NA SEMANA TIPICA NO INVERNO-SALA	151
Figura 4.8.TEMPERATURAS INTERIORES E PERDAS DE CALOR PELA ENVOLVENTE EXTERIOR - SALA	152
Figura 4.9.EVOLUÇÃO DAS TEMPERATURAS NA SEMANA DE DIMENSIONAMNETO VERÃO-SALA	153
Figura 4.10.EVOLUÇÃO DAS TEMPERATURAS NA SEMANA TIPICA VERÃO-SALA.....	154
Figura 4.11.GANHOS INTERNOS E NECESSIDADES ENERGÉTICAS DURANTE O ANO- SALA.....	154
Figura 4.12.PLANTA DO QUARTO.....	156

Figura 4.13.EVOLUÇÃO DAS TEMPERATURAS NA SEMANA DE DIMENSIONAMNETO NO INVERNO-QUARTO	156
Figura 4.14.EVOLUÇÃO DAS TEMPERATURAS NA SEMANA TIPICA NO INVERNO-QUARTO	157
Figura 4.15.TEMPERATURAS INTERIORES E PERDAS DE CALOR PELA ENVOLVENTE EXTERIOR-QUARTO	158
Figura 4.16.EVOLUÇÃO DAS TEMPERATURAS NA SEMANA DE DIMENSIONAMNETO VERÃO-QUARTO	159
Figura 4.17.EVOLUÇÃO DAS TEMPERATURAS NA SEMANA TIPICA VERÃO-QUARTO.....	160
Figura 4.18.GANHOS INTERNOS DE ENERGIA E NECESSIDADES ENERGÉTICAS DURANTE O ANO-QUARTO	161
Figura 4.19.PLANTA DA CASA DE BANHO	163
Figura 4.20.EVOLUÇÃO DAS TEMPERATURAS NA SEMANA DE DIMENSIONAMNETO NO INVERNO-WC	163
Figura 4.21.EVOLUÇÃO DAS TEMPERATURAS NA SEMANA TIPICA NO INVERNO-WC.....	164
Figura 4.22.TEMPERATURAS INTERIORES E PERDAS DE CALOR PELA ENVOLVENTE EXTERIOR-WC	164
Figura 4.23.EVOLUÇÃO DAS TEMPERATURAS NA SEMANA DE DIMENSIONAMNETO VERÃO-WC	165
Figura 4.24.EVOLUÇÃO DAS TEMPERATURAS NA SEMANA TIPICA VERÃO-WC	165
Figura 4.25.GANHOS INTERNOS DE ENERGIA E NECESSIDADES ENERGÉTICAS DURANTE O ANO-WC	166
Figura 4.26. CONSUMOS ENERGÉTICOS DO EDIFÍCIO EM ESTUDO PARA SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO	168
Figura 5.1 - GRÁFICO EVOLUTIVO DO CUSTO DO CICLO DE VIDA DO EDIFÍCIO CLASSE B E DO EDIFÍCIO CLASSE A	178

Índice de tabelas

Tabela 2.1.PRINCIPAIS SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE	20
Tabela 2.2.VERSÕES DO BREEAM	22
Tabela 2.3.PONDERAÇÃO DAS CATEGORIAS DO BREEAM	22
Tabela 2.4.CLASSES DE DESEMPENHO SUSTENTÁVEL SEGUNDO O BREEAM	23
Tabela 2.5.VERSÕES DO LEED.....	24
Tabela 2.6.ÁREAS DE AVALIAÇÃO LEED	25
Tabela 2.7.CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO O LEED	26
Tabela 2.8.PONDERAÇÃO DE AVALIAÇÃO DAS CATEGORIAS DO LEED	26
Tabela 2.9.LISTA DE CRITÉRIOS LIDERA	29
Tabela 2.10.VERSÕES DO CASBEE	34
Tabela 2.11.FERRAMENTAS E OBJECTIVOS CASBEE	35
Tabela 2.12.CATEGORIAS E PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DO CASBEE	36
Tabela 2.13.PONDERAÇÕES DE AVALIAÇÃO DAS CATEGORIAS DO CASBEE	37
Tabela 2.14.PONDERAÇÕES E CATEGORIAS DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA CEEQUAL	38
Tabela 2.15.CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO O CEEQUAL.....	40
Tabela 2.16.PONDERAÇÕES E CATEGORIAS DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA DGNB.....	41
Tabela 2.17.CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO O DGNB	42
Tabela 2.18.CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO O OGNI	43
Tabela 2.19.CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO O PROMISE.....	44
Tabela 2.20.PESO DAS CATEGORIAS E INDICADORES DO SISTEMA PROMISE.....	44
Tabela 2.21.CATEGORIAS,PARÂMETROS E INDICADORES DA DIMENSÃO AMBIENTAL.....	50
Tabela 2.22.CATEGORIAS, PARÂMETROS E INDICADORES DA DIMENSÃO SOCIAL	51
Tabela 2.23.CATEGORIAS, PARÂMETROS E INDICADORES DA DIMENSÃO ECONÓMICA.....	51
Tabela 2.24.CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO O SBT _{ool} ^{PT} -H	52
Tabela 2.25.PESO DE CADA DIMENSÃO DO SBT _{ool} ^{PT} -H	54
Tabela 2.26.CATEGORIAS DE IMPACTO AMBIENTAL ABRANGIDAS PELO SBT _{ool} ^{PT} -H.....	55
Tabela 2.27.TABELA RESUMO DOS PESOS DE CADA PARÂMETRO E CATEGORIA DO SBT _{ool} ^{PT} -H	55
Tabela 2.28.TABELA RESUMO DOS SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE	58
Tabela 2.29.FERRAMENTAS DE SIMULAÇÃO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO	63
Tabela 3.1.INDÍCES E CARACTERISTICAS DO EDIFÍCIO	69

Tabela 3.2.RESUMO ENERGÉTICO PARA A SALA DURANTE O ANO	82
Tabela 3.3.RESUMO ENERGÉTICO PARA O QUARTO DURANTE O ANO	88
Tabela 3.4.RESUMO ENERGÉTICO PARA A CASA DE BANHO DURANTE O ANO	94
Tabela 3.5.RESUMO DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS E CUSTOS COM A ENERGIA (SALA, QUARTO WC E EDIFÍCIO)	96
Tabela 3.6.MAPA DE MEDIÇÕES DOS DIFERENTES ELEMENTOS QUE CONSTITUEM A HABITAÇÃO ...	96
Tabela 3.7.CÁLCULO DA MÉDIA DO FACTOR DE LUZ DO DIA MÉDIO	109
Tabela 3.8.VALORES DO FACTOR DE LUZ MÉDIO, DE CÁLCULO, MELHOR PRÁTICA E PRÁTICA CONVENCIONAL	110
Tabela 3.9.CRÉDITOS ATRIBUIDOS ÀS AMENIDADES	113
Tabela 3.10.CÁLCULO DO VALOR MÉDIO POR m ²	114
Tabela 3.11.NÍVEL DE DESEMPENHO DA SUSTENTABILIDADE DO EDIFÍCIO PARA AS DIFERENTES CATEGORIAS SBT ^{ool} L ^{PT} -H.....	119
Tabela 4.1.IMPACTES AMBIENTAIS E POUPANÇA COM A ELIMINAÇÃO DO DECK	124
Tabela 4.2.IMPACTES AMBIENTAIS E CUSTOS DA COBERTURA PROJECTADA E COBERTURA AJARDINADA	125
Tabela 4.3.IMPACTES AMBIENTAIS GEOTEXTIL PROJECTADO E GEOTEXTIL TERBOND	125
Tabela 4.4.IMPACTES AMBIENTAIS E CUSTOS BETONILHA T61, C31 E COM ARGILA EXPANDIDA...	126
Tabela 4.5.IMPACTES AMBIENTAIS E CUSTOS DO ISOLAMENTO ROOFMATE SL-40 E DO GREYCICLE KEY BOARDS.....	127
Tabela 4.6.CLASSIFICAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DO PARÂMETRO P1	127
Tabela 4.7.CLASSIFICAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DO PARÂMETRO P3	128
Tabela 4.8.CLASSIFICAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DO PARÂMETRO P5	130
Tabela 4.9.CLASSIFICAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DO PARÂMETRO P6	130
Tabela 4.10.NECESSIDADES ENERGÉTICAS E CLASSIFICAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE P7	131
Tabela 4.11.CLASSIFICAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DO PARÂMETRO P10	133
Tabela 4.12.CLASSIFICAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DO PARÂMETRO P13	134
Tabela 4.13.CONSUMO DE ÁGUA PER CAPITA E CLASSIFICAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE PARÂMETRO P14	135
Tabela 4.14.DADOS DE CÁLCULO DE DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS	136
Tabela 4.15.CLASSIFICAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DO PARÂMETRO P20	139
Tabela 4.16.CONTEUDO DO MANUAL DO UTILIZADOR	140

Tabela 4.17.CLASSIFICAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DO PARÂMETRO P23	143
Tabela 4.18.INVESTIMENTO INICIAL E CLASSIFICAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE PARÂMETRO P24..	144
Tabela 4.19.CUSTOS DE UTILIZAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE PARÂMETRO P25	146
Tabela 4.20.NÍVEL DE DESEMPENHO DA SUSTENTABILIDADE DO EDIFÍCIO PARA AS DIFERENTES CATEGORIAS SBT _{ool} ^{PT} -H.....	148
Tabela 4.21.RESUMO ENERGÉTICO NA SALA PARA AS DUAS SOLUÇÕES.....	155
Tabela 4.22.RESUMO ENERGÉTICO QUARTO PARA AS DUAS SOLUÇÕES	162
Tabela 4.23.RESUMO ENERGÉTICO CASA DE BANHO PARA AS DUAS SOLUÇÕES	167
Tabela 4.24.RESUMO DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS E CUSTOS COM A ENERGIA (SALA, QUARTO WC E EDIFÍCIO)	168
Tabela 4.25.IMPACTES DO CICLO DE VIA POR m ² DE ÁREA ÚTIL DE PAVIMENTO, PARA AS DUAS SITUAÇÕES	170
Tabela 5.1.RESUMO DOS CUSTOS COM O EDIFÍCIO COM AS DUAS SOLUÇÕES	173
Tabela 5.2.ANÁLISE COMPARATIVA DOS PARÂMETROS SBT _{ool} ^{PT} -H DO EDIFÍCIO	174
Tabela 5.3.VALORES DE GASTOS DO CICLO DE VIDA DAS DUAS SOLUÇÕES DO CASO DE ESTUDO .	177
Tabela 5.4.RESUMO DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS E CUSTOS COM A ENERGIA PARA AS DUAS SOLUÇÕES DO EDIFÍCIO	179
Tabela 5.5.RESUMO DAS TEMPERATURAS INTERIORES DOS COMPARTIMENTOS DAS DUAS SOLUÇÕES DO EDIFÍCIO	180

Lista de abreviaturas

ACV - Análise do ciclo de vida

ADENE - Agencia para a energia

AENOR - Asociación Española de Normalización y Certificación (Espanha);

AFNOR - Association Française de Normalisation (França);

ASHARE - American society of heating, refrigerating and air conditioning engineers

ASRO - Asociația de Standardizare din România (Roménia);

ATEQUE - Atelier d'évaluation de la qualité environnemental dès bâtiments

BDS - Bulgarian Institute for Standardisation (Bulgária);

BEE - Building environmental efficiency

BESTEST - Building energy simulation test

BRE - Building research establishment ltd

BREEAM - Building research establishment assessment method

BRS - Building research station

BSI - British Standards Institution (Reino Unido).

BSI - British Standards Institution (Reino Unido);

CEEQUAL - Civil engineering environmental quality assessment and award scheme

CEN - Comité europeu de normalização

CENELEC - Comité europeu de normalização electrónica

CNI - Cesky Normalizacni Institut (República Checa);

CYS - Cyprus Organization for Standardisation (Chipre);

DAP - Declaração Ambiental do produto

DFE - Design for environmental

DIN - Deutsches Institut für Normung (Alemanha);

DNDB - German sustainable building council

DS - Danish Standards (Dinamarca);

DSIR - Departamento de pesquisa científica e industrial

ELOT - Hellenic Organization for Standardization (Grécia);

EPA - Agencia norte americana para a protecção ambiental

EPD - Environmental product declaration

EPI - Environmental performance index

EU - União Europeia

EVS - Estonian Centre for Standardisation (Estónia);

HQE - Association haute qualité environnemental

HZN - Croatian Standards Institute (Croácia);

IBN - Institut Belge de Normalisation (Bélgica);

ICV - Análise do inventario do ciclo de vida

IEA - International energy agency

IENT - Instituto europeu de normas de telecomunicações

iisBE - International initiative for sustainable built environment

INETI - Instituto nacional de engenharia, tecnologia e inovação

IPQ - Instituto Português da Qualidade (Portugal);

ISO - International organization for standardization

ISRM - Standardization Institute of the Republic of Macedonia (Macedónia);

IST - Stadlard Islands (Islândia);

IWE - International weather for energy calculation

LCIA - Ciclo de vida de impacto ambiental

LEED - Leadership in energy and environmental design

LNEG - Laboratorio nacional de engenharia e geologia

LST - Lithuanian Standards Board (Lituânia);

LVS - Latvian Standards Ltd (Letónia);

MSA - Malta Standards Authority (Malta);

MSZT - Magyar Szabványügyi Testület (Hungria);

NEN - Nederlands Normalisatie-instituut (Holanda);

NIST - National institute of standards and technology

NSAI - National Standards Authority of Ireland (Irlanda);

OGNI - Austrian green building council

ON - Österreichisches Normungsinstitut (Áustria);

PDM - Plano director Municipal

PKN - Polish Committee for Standardization (Polónia);

Promise - Environmental assessment and classification system for residential, office and retail buildings in Finland

PUCA - Plan urbanisme construction et architecture

QEB - Qualité environnemental du Bâtiment

RCCTE - Regulamento das características de comportamento térmico do edifícios

REGEU - Regulamento geral as edificações urbanas

RSECE - Regulamento dos sistemas energéticos de climatização em edifícios

SBTool - Sustainable building tool

SEE - Service de l'Energie de l'Etat (Luxemburgo);

SFS - Suomen Standardisoimisliitto r.y. (Finlândia);

SGA - Sistema de gestão ambiental

SIS - Swedish Standards Institute (Suécia);

SIST - Slovenian Institute for Standardization (Eslovénia);

SMO - Systeme de management de la opération

SN - Standardisering i Norge (Noruega);

SNV - Schweizerische Normen-Vereinigung (Suíça);

SUTN - Slovenský ústav technickej normalizácie (Eslováquia);

TSE - Turkish Standards Institution (Turquia);«

UNI - Ente Nazionale Italiano di Unificazione (Itália);

USGBC - United states green building council

VTT - Technical research centre of Finland

Lista de Nomenclaturas

A_{IMP} - Área impermeável

AP - Potencial de acidificação

ATOT - Área total

CAMP - Custo anual do consumo de água potável e da produção de águas residuais e de resíduos sólidos urbanos correspondentes à melhor prática

CAP - Poluição da atmosfera

CAPC - Custo anual do consumo de água potável e da produção de águas residuais e de resíduos sólidos urbanos correspondentes à prática convencional

CASE - Custo anual do consumo de água potável e da produção de águas residuais e de resíduos sólidos urbanos

CEMP - Custo anual do consumo energético correspondente à melhor prática

CEPC - Custo anual do consumo energético correspondente à prática convencional

CESE - Custo anual do consumo energético

COV - Compostos orgânicos voláteis

DA - Dimensão ambiental

DE - Dimensão económica

DS - Dimensão social

D_{TPI} - Distância em planta do edifício à paragem do transporte público

EP - Potencial de eutrofização

E_{SOLAR} - Contribuição de sistemas de colectores solares para o aquecimento de águas sanitárias

ET - Toxicidade ecológica

F_{EEEJ} - Frequência equivalente à entrada do edifício

FFDP - Potencial de esgotamento das reservas de combustível fósseis

FLDM - Média do factor de luz do dia médio

GWP - Potencial de aquecimento global

HA - Alteração dos habitats

HT - Toxicidade para o ser humano

IAQ - Qualidade do ar interior

IAt - Índice de acessibilidades

I_{UL} - Índice de utilização líquido

I_{ULmax} - Índice de utilização líquido máximo

kW - Kilowatt

M_{LIG} - Massa total de ligantes utilizados no fabrico de betão

M_{SUB} - Massa de ligantes substitutos do cimento no fabrico de betão

Ni - Necessidades máximas de aquecimento

Nt - Necessidades máximas de energia primária para climatização e para águas quentes sanitárias

Ntc - Necessidades anuais globais de energia primária para climatização e para águas quentes sanitárias

Nv - Necessidades máximas de arrefecimento

°C - Grau centígrado

ODP - Potencial de destruição da camada de ozono

PAA - Índice de acessibilidades a amenidades

P_{ACE} - Percentagem de área de intervenção previamente contaminada ou edificada

P_{ATP} - Índice de acessibilidades a transportes públicos

P_{AUL} - Percentagem utilizada do índice de utilização líquido

P_{AUT} - Percentagem de áreas verdes ocupadas por plantas autóctones

PCA - Nível médio de conforto acústico

P_{CA} - Volume anual de água consumida per capita no interior do edifício

P_{CER} - Percentagem em custo de produtos de base orgânica que são certificados

PCI - Valor do custo de investimento inicial da solução em estudo

P_{COV} - Percentagem em peso de materiais com baixo conteúdo de compostos orgânicos voláteis

P_{CRE} - Percentagem em peso do conteúdo reciclado do edifício

P_{CREU} - Percentagem em custo de materiais reutilizados

PCU - Valor dos custos de utilização da solução em estudo

P_{EC} - Consumo de energia primária

P_{ENR} - Consumo de energia primária não renovável na fase de utilização

P_{ER} - Energia produzida no edifício através de fontes renováveis

P_{IMP} - Índice de impermeabilização

$POCP$ - Potencial de oxidação fotoquímica

P_{RCA} - Percentagem de redução do consumo de água potável

P_{RFL} - Percentagem de área em planta com reflectância igual ou superior a 60%

P_{SUB} - Percentagem em massa de materiais substitutos do cimento no betão

P_{UN} - Percentagem de ventilação natural

Q_a - Valor da energia útil despendida com sistemas convencionais de preparação de águas quentes sanitárias

TAP - Tarifa de água potável

TAR - Custo correspondente à drenagem de águas residuais

TEE - Tarifa de energia eléctrica

TEj - Tempo de espera para cada linha de transporte público

TGPL - Tarifa de gás propano

TPI - Tempo de percurso até cada paragem de transporte público

TRS - Custo correspondente à recolha de resíduos sólidos urbanos

WI - Consumo de água

1- Introdução

A evolução do Homem tem sido marcada por grandes descobrimentos e invenções, inicialmente decorrentes da sua necessidade de sobrevivência, para o domínio da Terra e por fim as que conduzem à melhoria das suas condições de vida. São numerosos os marcos desta longa história, desde o início da humanidade até à actualidade. Por exemplo, a construção das aldeias no Neolítico e das cidades no terceiro milénio, podem ser marcos importantes mas a revolução industrial no século XVIII é porventura uns dos mais significativos.

O progresso que decorreu no século XVIII foi irreversível e decisivo para a humanidade. Foi o início do desenvolvimento rural, têxtil e metalúrgico, o triunfo dos comerciantes e fabricantes. As dificuldades que surgiam na indústria obrigaram a avanços técnicos. A este respeito é ilustrativo o estabelecimento de maquinaria na indústria têxtil que permitia aumentar a produtividade com recurso a menos operários (Vovelle, 1985).

Com o desenvolvimento das comunicações e das rotas marítimas, o progresso não se limitou à Inglaterra, rapidamente se propagou. O comércio e a indústria fizeram prosperar cidades, as existentes junto aos portos duplicaram a sua população. As grandes cidades, nos fins do século XVIII, correspondiam a uma nova concepção de vida urbana, convertiam-se em grandes centros habitacionais.

A expansão e o surgimento de cidades conduziram ao aumento do consumo das matérias-primas da construção. A necessidade de construir de uma forma célere conduziu ao aparecimento do betão nos finais do século XIX. As propriedades físicas e mecânicas deste material permitiam realizar de uma forma rápida, construções resistentes e duráveis. As vantagens da utilização deste material levaram a que fosse bastante utilizado na construção e conseqüentemente a um consumo elevado das matérias-primas que o constituíam (Mateus, 2004).

O aumento gradual da produção no último século conduziu ao elevado consumo de matérias-primas. Novos materiais foram desenvolvidos, novas necessidades energéticas foram determinadas, para tal outros recursos naturais foram utilizados, nomeadamente o petróleo. O consumo exagerado do petróleo, principalmente após a segunda guerra mundial, proporcionou o aparecimento de diversos conflitos e crises económicas. Realce-se a crise económica que teve início em 1967 e se prolongou até aos anos 80, que levou a uma recessão económica mundial. Com esta crise o homem começou a dar especial atenção ao consumo desta matéria-prima, providenciando o aparecimento de medidas que o minimizem. Adquiriu uma visão futurista do planeta Terra, sobre o uso das matérias-primas naturais e a emissão de gases para a atmosfera. Definiu acordos internacionais para a conservação do ambiente.

Na década de 90 surge o conceito de reciclar e reutilizar. Estes novos conceitos depressa se introduziram na construção. A necessidade de construir recorrendo a menores quantidades de

matérias-primas naturais e a menores consumos de energia, quer no processo de construção quer na sua vida útil, fez surgir um novo conceito “desenvolvimento sustentável”.

Este conceito foi enfatizado em 1987 no Relatório *Brundtland, World Commission on Environment and Development*, onde foi definido da seguinte forma (World commission, 1987):

“Por desenvolvimento sustentável entende-se o desenvolvimento que satisfaz as necessidades actuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras para satisfazerem as suas próprias necessidades.”

O sector da construção, na última década, tem evoluído de forma drástica com o objectivo de reduzir o consumo de energia. Esta evolução tem-se notado ao nível da produção dos materiais, com a incorporação de materiais reciclados, na construção de edifícios com menores consumos de energia e menores necessidades energéticas de aquecimento e de arrefecimento.

Portugal recentemente começou a tomar medidas ao nível da construção e da indústria de modo a tornar os produtos finais verdes e sustentáveis. Desde 2006 com o aparecimento do Decreto-lei 80/2006, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE, 2006), e a obrigatoriedade da emissão de certificado energético da habitação, tem-se dado especial atenção a esta vertente da construção, construindo-se com maior qualidade de modo a reduzir os consumos energéticos da habitação tornando-a assim mais sustentável.

Também a investigação na área da sustentabilidade tem-se desenvolvido bastante e demonstrado ao público em geral as mais-valias da sua implementação. Recentemente, em algumas localidades, foram introduzidos benefícios fiscais para quem adquirisse habitação de classe energética de classificação A ou A+.

Existem vários métodos de avaliação da sustentabilidade para o sector da construção, mas os de aplicação nos edifícios de habitação tomam uma especial importância, uma vez que é este sector que consome mais materiais e energia e portanto importa maior impacto na economia e no ambiente. Um destes métodos de avaliação da sustentabilidade é o SBTool da *International Initiative for a Sustainable Built Environment* (iiSBE).

Numa fase mais embrionária está a implementação da *Environmental Product Declaration* (EPD) ou Declaração Ambiental de Produto (DAP). Esta declaração resume os consumos de energia e de matéria-prima necessários para a realização de um produto. Especifica, por exemplo, a quantidade de água consumida, as emissões de gases para a atmosfera e a percentagem de material reciclado que o produto contém na sua constituição.

Quando estas DAP estiverem disponíveis para todos os produtos, o consumidor poderá aplicar e adquirir produtos com melhor desempenho ambiental. Noutros Países, como a Alemanha e Itália, já existem inúmeros produtos, de diversas áreas, que possuem DAP, assim o consumidor pode escolher qual é o melhor para o ambiente.

O simples facto de não existirem leis no nosso país que obriguem à emissão do certificado de sustentabilidade do edifício, faz com que ainda não estejam definidos quais os métodos de avaliação da sustentabilidade a aplicar, sendo este o grande passo que Portugal deve seguir num futuro próximo.

1.1. Motivação e objectivos

Neste trabalho pretende-se aplicar os conceitos da sustentabilidade a um edifício de habitação unifamiliar a construir em Portugal. Para tal é utilizado um método de avaliação da sustentabilidade, o SBTTool^{PT}-H. Atendendo às diferentes dimensões da sustentabilidade, ambiental, económica e social, a habitação, conforme especificada pelo projectista, será avaliada e classificada de E a A⁺. Tendo em conta a classificação obtida na habitação, esta será reanalisada com vista a tornar-se mais sustentável, resultando uma proposta com várias medidas a implementar. Cada uma das dimensões da sustentabilidade na habitação vai ser devidamente analisada.

Por fim, com os resultados alcançados nas duas avaliações, da habitação original e da habitação sustentável, procede-se a uma análise custo/benefício, com a finalidade de quantificar os ganhos obtidos com a implementação da proposta sustentável e o tempo necessário para a amortização dos investimentos efectuados para o alcance da mesma.

Em suma para o desenvolvimento deste trabalho, têm-se como principais objectivos os seguintes pontos:

- Aplicar o Sistema SBTTool^{PT}-H a um edifício de habitação unifamiliar;
- Apresentar propostas de melhoria da sustentabilidade num edifício de habitação unifamiliar (caso de estudo);
- Avaliar o edifício de acordo com os parâmetros do SBTTool^{PT}-H (antes e depois da introdução das melhorias).
- Verificar a influência do comportamento térmico ao nível da sustentabilidade;
- Realizar uma análise económica da habitação ao longo do seu ciclo de vida, para as duas situações;
- Analisar a viabilidade das soluções propostas;

1.2. A avaliação da sustentabilidade na habitação

1.2.1. Desenvolvimento Sustentável

Nos anos antecedentes a 1972, a importância de preservação do meio ambiente não era tida em conta pelo desenvolvimento industrial do mundo. Nesta época o principal objectivo era uma produção rápida e economicamente viável.

A primeira chamada de atenção para os problemas ambientais ocorreu em 1972 com a publicação do artigo “*The Limits to Growth*” (Meadows *et al*, 1972). Este artigo alertou o mundo para a sua degradação baseada em cinco pontos fulcrais: Aceleração Industrial, rápido crescimento da população, desnutrição e o esgotamento dos recursos naturais não renováveis. Deste artigo as principais conclusões podem-se sintetizar do seguinte modo:

- Com a continuação da evolução populacional, industrial, da poluição e da degradação ambiental, os limites dos recursos naturais não renováveis do planeta são rapidamente alcançados;
- É possível um crescimento ordenado e estável de modo a alcançar no futuro uma estabilidade ecológica e económica. Com este equilíbrio alcançado, é possível garantir o futuro respeitando o meio ambiente e todos os recursos que advém deste.

Alguns anos mais tarde em 1987, a *United Nations Commission on Environmental and Development* (The Bruntland Commission), alerta que o desenvolvimento económico leva muitas vezes à degradação da vida das pessoas (Coelho, 2010). A *Bruntland Commission* considera que a protecção do ambiente e o desenvolvimento mundial necessitam de medidas colectivas que levem à sua protecção. Deste modo recomenda que se deva considerar o desenvolvimento global como segundo plano, tomando como objectivo principal a implementação de medidas de protecção ambiental.

Um marco importante para a implementação do desenvolvimento sustentável foi a realização da conferência Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano no Rio de Janeiro em 1992 que contou com a participação de 170 países. Desta conferência resultou um documento intitulado “Agenda 21” com recomendações e directrizes a implementar, pelos governos e agências governamentais de vários sectores, até ao início do século XXI de modo a se alcançar um desenvolvimento sustentável. Este documento tinha como base critérios ambientais, económicos e sociais.

No ano de 2001, a União Europeia (EU) implementou medidas de protecção ambiental publicando a “*European Strategy for Sustainable Development*” (COM_264, 2001) de iniciativa ao desenvolvimento da sustentabilidade e protecção do meio ambiente. Foram assim criadas regras, no que respeita a emissões de gases poluentes, para que os países alcançassem os objectivos do desenvolvimento sustentável. Os países que não cumpram os limites de emissões poluentes impostas, ao nível do desenvolvimento e protecção ambiental são multados e penalizados.

Em Junho de 2006 a União Europeia (EU) reviu as suas estratégias realçando a importância da protecção ambiental quer nos países da EU quer ao nível mundial. Deste modo, vários Países não pertencentes à União Europeia foram incluídos no conjunto de regras a seguir de modo a promover o desenvolvimento sustentável (Gervásio, 2010).

A sustentabilidade é o suporte do futuro da humanidade, devendo este conceito estar interiorizado em todas as políticas mundiais. Todos os sectores e pessoas são responsáveis por

um desenvolvimento sustentável. O sector da construção é o sector que apresenta maiores impactos sociais, económicos e ambientais, aumentando assim a responsabilidade deste sector na aplicação de medidas que visem a sustentabilidade dos seus actos.

1.2.2. Sustentabilidade na Construção

A primeira definição de construção sustentável foi apresentada em 1994 na primeira conferência Internacional que decorreu em Tampa, na Florida, intitulada de “*The creation and the responsible management of a healthy built environment based on resource efficient and ecological principles*”. Nesta conferência foi definido o conceito de sustentabilidade na construção regido pela aplicação de princípios resultantes do ciclo global da construção (CIB & UNEP-IETC, 2002).

Em 1998, segundo Sage, o desenvolvimento sustentável reflectia-se no cumprimento das necessidades humanas através do progresso simultâneo dos parâmetros socioeconómicos e tecnológicos, bem como na preservação dos sistemas naturais da Terra. Um mundo sustentável depende da evolução económica, social, cultural e do progresso tecnológico.

Nas diversas cimeiras internacionais que têm decorrido sobre este tema, são vários os aspectos que se têm abordado, tendo como base a melhoria das condições de vida da população mundial, actual e futura, tendo em conta os recursos naturais e a melhor forma de os racionar. A população mundial tem vindo a crescer a um ritmo alucinante e com este crescimento por consequente o aumento do consumo de matérias-primas e bens.

Na Figura 1.1 é apresentado um gráfico com a perspectiva da evolução da população mundial até ao ano 2050 para uma previsão de fertilidade média da população.

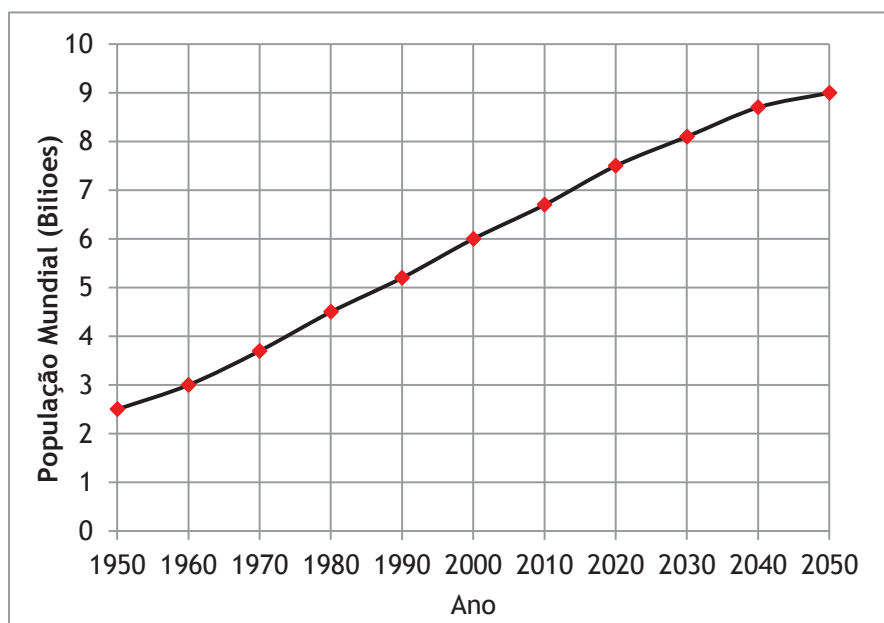


Figura 1.1 - Evolução da População Mundial, (adaptado de Lopes, 2010)

Conforme a Figura 1.1 representa está previsto 9,2 biliões de seres humanos no mundo no ano de 2050 (Lopes, 2010).

O aumento da população e do índice de ocupação do solo tem levado os governos a tomarem medidas de forma a reduzir o consumo exagerado das matérias-primas e a privilegiar a sustentabilidade, em especial, no sector da construção.

O sector da construção é responsável pela elevada emissão de resíduos no planeta. Estes resíduos resultam do processo de construção e demolição, sendo responsáveis pela degradação do ambiente. A implementação de legislação que visa a criação de um plano ambiental e o tratamento de resíduos provenientes da construção e demolição, a norma ISO 14001:2004, tem dado a devida importância aos resíduos resultantes deste sector. Deste modo, os resíduos que tinham como destino os aterros, são agora transformados e reciclados, adquirindo novas utilidades. Com esta evolução consegue-se uma protecção do ambiente a dois níveis:

- Na produção de materiais, recorrendo com menor expressão à extracção de matérias-primas, utilizando materiais reciclados.
- Na degradação do ambiente, evitando o depósito de resíduos que com o passar do tempo se degradam.

Contudo a evolução da sustentabilidade na construção não se dirigiu apenas aos resíduos emitidos por este sector, mas também à redução das emissões de gases poluentes para a atmosfera, resultantes do processo de fabrico, construção, utilização e demolição e aos consumos energéticos.

Na década de 80, do século passado, a construção de uma habitação não se regia por muitas regras, apenas tinha de cumprir o Regulamento Geral das Edificações Urbanas (REGEU, 1951), e alguma legislação local como o Plano Director Municipal (PDM). Com vista à análise da sustentabilidade da construção e dos gastos energéticos da habitação, foi essencial a criação de legislação a nível habitacional.

A primeira lei a ser publicada em Portugal foi o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE, 1990). Este regulamento apresenta, no mundo da construção habitacional, a preocupação com os gastos de energia. Como se sabe o consumo eléctrico das habitações é quase na sua totalidade para o aquecimento e para o arrefecimento do ambiente e das águas sanitárias. Neste contexto foi desenvolvida esta legislação de modo a tornar a habitação confortável em termos térmicos e sustentável. Foi o início da aplicação do isolamento térmico nas habitações. Este foi o primeiro passo na evolução da habitação em Portugal, o qual precedeu outros importantes. Mais tarde, em 2006, surgiu uma revisão ao Regulamento Térmico dos Edifícios (RCCTE, 1990), sendo publicado o Decreto-Lei 80/2006 - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE, 2006) o qual já beneficia a habitação não só no seu isolamento bem como na aplicação de sistemas que permitem o aproveitamento de energias endógenas, como por exemplo: painéis para o

aquecimento de águas sanitárias, utilização de aparelhos de aquecimento e arrefecimento, como caldeiras de biomassa e geotermia e a aplicação de aparelhos de criação de energia eléctrica com recurso a fontes naturais, nomeadamente painéis fotovoltaicos e turbinas eólicas.

Com a viragem do século XX chegou a Portugal o conceito de sustentabilidade na habitação, não só voltado para consumos energéticos mas também para o meio ambiente em que esta se encontra construída. Assim, para além da utilização de sistemas de climatização, outros equipamentos e produtos estão na definição de uma construção sustentável, nomeadamente os materiais com melhor desempenho sustentável, a mobilidade ocupacional, os serviços e equipamentos existentes nas imediações da habitação.

Se antigamente a preocupação com a habitação era a sua aquisição, custos iniciais, hoje em dia os custos inerentes ao ciclo de vida são factores que importam. Deixou-se de ter uma construção que se centra apenas em questões da qualidade exterior, inerente aos revestimentos dos pavimentos, mobiliários das cozinhas, etc., dos custos associados ao produto, mas também com as preocupações ambientais, relacionadas com a minimização do consumo de recursos (energia, água, materiais e solo), a degradação ambiental, a criação de um ambiente construído saudável e a preocupação de garantir a saúde e o conforto humano. Poder-se-á dizer que o conceito de construção sustentável hoje em dia resulta da aplicação dos princípios do desenvolvimento sustentável ao ciclo global da construção, desde a extracção e beneficiação das matérias-primas, passando pelo planeamento, projecto e construção de edifícios e infra-estruturas, até à sua desconstrução final e gestão dos resíduos dela resultante (Gervásio, 2010). Trata-se pois de um novo paradigma cujo desafio principal é contribuir para o desenvolvimento económico, para a equidade social e para melhorar os níveis de qualidade ambiental (Lopes, 2010).

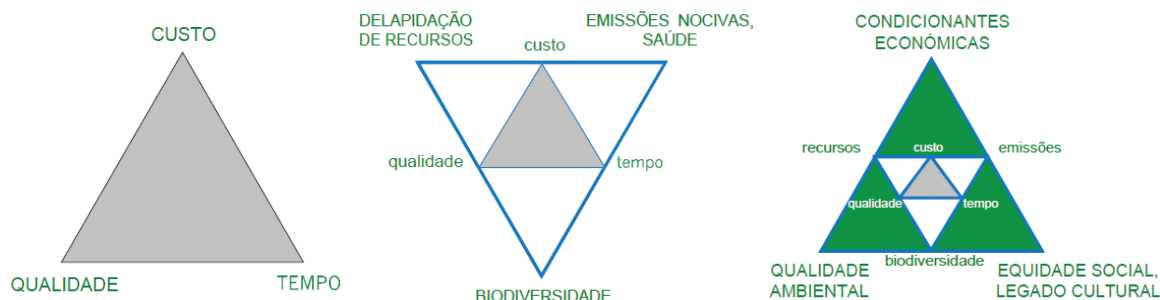


Figura 1.2 - Evolução dos objectivos da construção sustentável (Agenda 21, 1999)

A Figura 1.2 pretende representar a evolução dos objectivos da construção sustentável nos últimos anos. Conforme referido anteriormente, inicialmente o conceito de sustentabilidade convergia para os custos, tempo e qualidade dos edifícios. Estava definida em função da vertente económica. Com a crescente preocupação das vertentes ambiental e social, a sustentabilidade da construção passou a integrar questões inerentes à saúde, aos recursos materiais e à biodiversidade.

Na Agenda 21 estão expostos os principais desafios do sector da construção, com vista à sustentabilidade, eles são nomeadamente:

- A manutenção e organização do sector;
- Processos de construção eficientes;
- Redução do consumo de recursos.

Relativamente à redução do consumo de recursos, a gestão dos resíduos da construção ou a sua demolição, nomeadamente a diminuição do consumo dos recursos naturais maximizando a reciclagem e a reutilização constitui um dos principais factores que afectam a sustentabilidade na construção. Importa ainda referir que, a renovação e a recuperação de edifícios antigos contribui não só para o sentimento de orgulho e para o património das comunidades locais mas também para a diminuição de resíduos de demolição. De facto, a demolição dos edifícios nos antigos centros urbanos para implantação de novas construções contribui para a progressiva descaracterização e desvalorização destes centros, bem como para a utilização de mais recursos naturais.

Para além da importância da reutilização e da reconstrução, a sustentabilidade do edifício visa também a aplicação de técnicas e opções de construção apropriadas. Mateus (2009) apresenta algumas técnicas a adoptar tendo em vista a diminuição de consumos a níveis habitacionais, por exemplo:

- Estudo térmico da habitação de modo a diminuir o consumo energético;
- Escolha de materiais com baixa energia incorporada;
- Utilização de equipamentos de produção de energia limpa;
- Utilização de equipamentos energeticamente mais eficientes;
- Estudo do local de construção minimizando deslocamentos e com boa rede de transportes públicos;
- Reutilização de águas cinzentas para descargas de autoclismos;
- Aproveitamento de águas da chuva para vários usos não potáveis;
- Uso eficiente de materiais, aumentando o tempo de vida útil dos edifícios;
- Incorporação de materiais com elevado conteúdo reciclado;
- Promoção da reutilização de recursos;
- Utilização de materiais não tóxicos;
- Redução e controlo de resíduos;
- Apostar em materiais com maior ciclo de vida útil e menor custo de manutenção;
- Privilegiar uma construção mais fácil de desmontar e com elevado potencial de reutilização, evitando desperdícios;
- Uso eficiente do solo;
- Uso do solo utilizado por outras edificações;
- Privilegiar a reconstrução.

Com a política mundial a convergir para uma construção sustentável surgiram as primeiras metodologias de avaliação da sustentabilidade, as quais começam a ser importantes no mercado da construção, embora ainda pouco solicitadas pela falta da legislação que obrigue um edifício a apresentar um certificado de sustentabilidade.

Actualmente as principais ferramentas para a avaliação da sustentabilidade são (Lucas, 2011):

- *Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM)*;
- *Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)*;
- *Environmental Assessment and Classification System for Residential, Office and Retail Buildings in Finland (Promise)*;
- *CEEQUAL (Civil Engineering Environmental Quality Assessment and Award Scheme -UK)*;
- *HQE (Association Haute Qualité Environnementale -France)*;
- *DGNB(German Sustainable Building Council, coordenado pelo IBU-Institut Bauen Umwelt-Alemanha)*;
- *ÖGNI(Austrian Green Building Council)*;
- *CASBEE (Japão)*;
- *Sustainable Building Toll (SBTool)*.

As ferramentas de avaliação da sustentabilidade apresentadas, não se preocupam apenas em avaliar o nível da sustentabilidade da habitação em termos de gastos, mas também com os materiais escolhidos, dando importância à sustentabilidade do material, desde a extracção da matéria-prima, passando pelo seu fabrico, depósito em obra e eliminação no fim do seu ciclo de vida. Estas informações sobre o produto são referenciadas nas Declarações Ambientais do Produto (DAP's).

Um dos aspectos mais importantes referenciado nas DAP's é a energia incorporada do produto. Esta energia é definida como o total de energia primária consumida ao longo do seu ciclo de vida. Para a determinação desta energia é contabilizada a energia consumida na extracção de matérias-primas (incluindo combustíveis), processo de transformação, transporte, aquecimento e iluminação da fábrica, transporte para a obra, aplicação em obra, manutenção e eliminação, sendo designado este processo usualmente por "*Gradle-to-Grave*".

Devido a algumas dificuldades de determinação de algumas destas variáveis, é frequente avaliar a energia incorporada nos materiais desde a sua extracção até que o produto deixe a fábrica, "*Gradle-to-Gate*". Assim mesmo esta pode, apenas incluir a energia necessária para o fabrico dos produtos e materiais de construção.

Na Figura 1.3. é representado o ciclo de energia do produto, nomeadamente os diferentes tipos de energia contabilizados no seu ciclo de vida. Neste diagrama é referenciado o termo "*Gradle-to-Grave*" e "*Gradle-to-Gate*" definidos anteriormente. O termo "*Gradle-to-Grave*" (do berço ao túmulo) é representado pela totalidade das energias representadas no diagrama, já o

termo “*Cradle-to-Gate*” (do berço ao portão) é representado pelo Consumo de Energia Primária (PEC), não estando contabilizado neste cálculo da energia do produto as restantes energias inerentes aos processos que se seguem (Tavares, 2006).

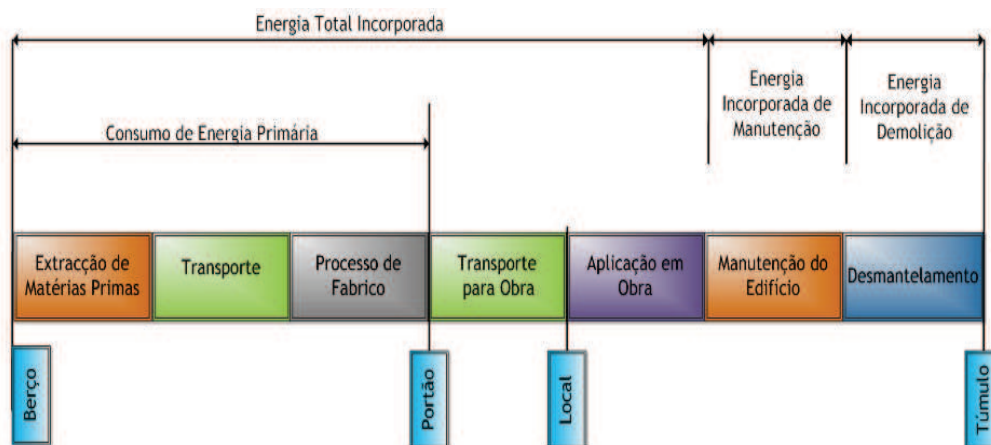


Figura 1.3 - Ciclo de energia dos Materiais (Tavares, 2006)

Apresentados os pilares da sustentabilidade habitacional apresenta-se a lista de prioridades que podem ser consideradas fundamentais, para atingir a sustentabilidade no edifício (Mateus & Bragança, 2006):

- Economizar energia e água;
- Assegurar a salubridade dos edifícios;
- Maximizar a durabilidade dos edifícios;
- Planear a conservação e a manutenção dos edifícios;
- Utilizar materiais eco-eficientes;
- Apresentar baixa massa de construção;
- Minimizar a produção de resíduos;
- Ser económica;
- Garantir condições dignas de higiene e segurança nos trabalhos de construção.

1.3. Estrutura do trabalho de Projecto.

O trabalho aqui apresentado é composto por cinco capítulos os quais apresentam a seguinte estrutura:

O Capítulo 1 integra uma introdução na qual se faz uma breve abordagem ao tema da Sustentabilidade. Neste capítulo é exposto a motivação e os objectivos principais, da elaboração deste trabalho. Dentro da temática da sustentabilidade é realçada a sustentabilidade no sector da habitação, é abordada a sua evolução ao longo dos tempos a nível nacional. Também dentro deste capítulo é apresentada a estrutura do trabalho de projecto.

O Capítulo 2 apresenta uma síntese das normas existentes para a avaliação da sustentabilidade em edifícios e da temática da sustentabilidade. São reunidas as principais

metodologias de avaliação da sustentabilidade, sendo evidenciadas as principais diferenças entre elas. Ainda neste capítulo são abordadas as ferramentas de avaliação do comportamento energético dos edifícios. Como ponto final é apresentada a metodologia de avaliação da sustentabilidade utilizada neste trabalho a SBTTool^{PT}-H.

O Capítulo 3 apresenta o caso de estudo, edifício de habitação unifamiliar, onde são descritas todas as análises feitas. Inicialmente é efectuada uma descrição do caso de estudo, evidenciando as características do edifício bem como todos os parâmetros necessários à realização das várias análises. São apresentados os objectivos da avaliação da sustentabilidade efectuada ao edifício em causa. São realçadas as necessidades energéticas do edifício nomeadamente as obtidas recorrendo ao Decreto-Lei 80/2006, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE, 2006) e ao programa informático Design Builder (Design Builder). Por fim é exposta a avaliação da sustentabilidade segundo a metodologia SBTTool^{PT}-H, apresentando o resultado de cada parâmetro, categoria, dimensão e nível de sustentabilidade global. Atendendo à classificação da sustentabilidade obtida para o edifício, são retiradas conclusões realçando os principais resultados.

O capítulo 4 apresenta as propostas de melhorias a efectuar no caso de estudo, para cada parâmetro, de modo a conseguir uma melhor classificação da sustentabilidade recorrendo à metodologia SBTTool^{PT}-H. São assim apresentadas as melhorias propostas referentes à dimensão Ambiental, Social e Económica. Nesta análise são realçadas as hipóteses admitidas para a obtenção de um edifício mais sustentável. Por fim é efectuada um estudo de viabilidade das propostas de melhoria adoptadas para a obtenção de um edifício mais sustentável.

No capítulo 5 são apresentadas as principais conclusões do trabalho desenvolvido bem como algumas perspectivas de investigação que se consideram importantes para desenvolvimentos futuros.

De modo a informar convenientemente o trabalho desenvolvido e opções tomadas são apresentados como anexos, os projectos de especialidades do edifício, informações adicionais como por exemplo as fichas técnicas de produtos e orçamentos, dados ambientais utilizados e orçamentos, dados ambientais utilizados e as folhas de cálculo referentes ao SBTTool^{PT}-H.

2- Sistemas de apoio à concepção de edifícios sustentáveis

2.1. Normas para a avaliação da sustentabilidade

2.1.1. Normas ISO

No início da década de 90 vários governos, empresas, organizações não-governamentais e investidores começaram a interiorizar a utilidade da sustentabilidade e a sua importância no mundo dos negócios

Em 1992 na Conferência Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano realizada no Rio de Janeiro, foram tomadas várias diligências com vista à implementação da sustentabilidade na construção. Esta Conferência das Nações Unidas impulsionou a criação de um padrão internacional para o desenvolvimento sustentável aplicado aos negócios.

A Organização Internacional de Normalização (ISO) viabilizou a criação de um padrão normativo a implementar no comércio e na indústria: as normas ISO 14000 (ISO_14000, 2004). Este conjunto de normas internacionais na sua aplicação, determinam um rumo para o desenvolvimento de um sistema de gestão ambiental.

A norma internacional ISO 14000 (ISO_14000, 2004), permitiu a criação de outras dirigidas para a sustentabilidade ambiental. A Figura 2.1 sintetiza os vários conjuntos de normas ISO que foram desenvolvidas com vista à sustentabilidade ambiental.

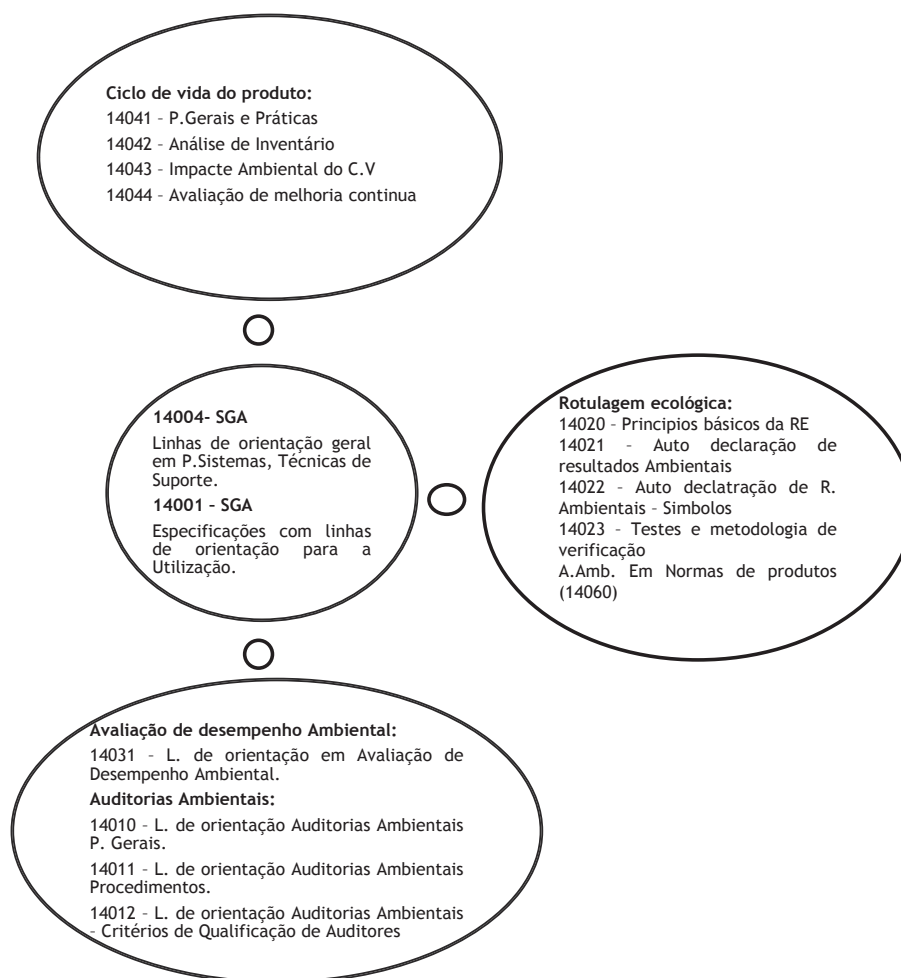


Figura 2.1 - Normas ISO do sistema de Gestão Ambiental. Adaptado das aulas de Sustentabilidade do Mestrado de Construção Sustentável, (Gervásio *et al*, 2010)

A Figura 2.1 representa os conjuntos de normas criadas em volta da norma ISO 14000 (ISO_14000, 2004). De um modo sucinto apresenta-se de seguida os objectivos das normas ISO 14001:2004 e a norma ISO 14004:2004:

- ISO 14001:2004 *Environmental Management Systems - Specification with Guidance for Use*, define as especificações e linhas de orientação de utilização do sistema de Gestão Ambiental.
- ISO 14004:2004 *Environmental management systems -- General guidelines on principles, systems and support techniques*, define as linhas de orientação e os princípios da gestão ambiental.

Definido o sistema de gestão ambiental (SGA) foram criados mais dois grupos de apoio a este sistema designados por:

- Ferramentas de auditoria e Avaliação
- Ferramentas de apoio (Produto)

O primeiro grupo tem como principal objectivo a orientação de auditorias e avaliações do sistema de gestão ambiental implementado. Aqui estão incluídas as seguintes normas:

- ISO 14031:1999 - *Environmental management -- Environmental performance evaluation - Guidelines*, define as linhas de orientação na avaliação do sistema de gestão ambiental;
- ISO 14010:1996 - *Guidelines for environmental auditing -- General principles*, define as linhas de orientação de auditorias ambientais.
- ISO 14011:1997 - *Guidelines for Environmental Auditing: Audit Procedures*, define os procedimentos das auditorias ao sistema de gestão ambiental.
- ISO 14012:1996 - *Guidelines for Environmental Auditing - Qualification Criteria for Environmental Auditors*, regendo os critérios de qualificação de auditores.

O segundo grupo referente a ferramentas de apoio ao sistema de gestão ambiental, é constituído pelas seguintes normas:

- ISO 14020:2000 - *Environmental labels and declarations -- General principles*, Contém princípios básicos aplicáveis a todos os tipos de rotulagem ambiental, recomenda que, sempre que apropriado seja levada em consideração a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).
- ISO 14022:1996 - *Environmental Labels and Declarations: Self-Declaration Environmental Claims, Symbols*. Promove a padronização de termos e símbolos utilizados em créditos ambientais.
- ISO 14023:1999 - *Environmental labels and declarations. Self-declaration of environmental claims: testing and verification methodologies*. Esta norma explicita testes, metodologias de verificação, práticas e critérios para programas de certificação.
- ISO 14041:1998 - *Environmental management -- Life cycle assessment -- Goal and scope definition and inventory analysis*. Definições de âmbito e análise de inventário. Orienta como o âmbito deve ser suficientemente bem definido para assegurar que a extensão, a profundidade e o grau de detalhe do estudo sejam compatíveis e suficientes para atender ao objectivo estabelecido. Da mesma forma, esta norma orienta como realizar a análise de inventário, que envolve a colecta de dados e procedimentos de cálculo para quantificar as entradas e saídas pertinentes de um sistema de produto.
- ISO 14042:2000 - *Environmental management -- Life cycle assessment -- Life cycle impact assessment*. Avaliação do impacto de ciclo de vida. Especifica os elementos essenciais para a estruturação dos dados, a sua caracterização, a avaliação quantitativa e qualitativa dos impactos potenciais identificados na etapa de análise de inventário.
- ISO 14043:2000 - *Environmental management -- Life cycle assessment -- Life cycle interpretation*. Interpretação do ciclo de vida. Define um procedimento sistemático para identificar, qualificar, conferir e avaliar as informações dos resultados do inventário do ciclo de vida ou avaliação do inventário do ciclo de vida, facilitando a interpretação do ciclo de vida para criar uma base onde as conclusões e recomendações serão materializadas no Relatório Final.

- ISO 14044. 2006. *Environmental management - life cycle assessment - Requirements and guidelines. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.* Especifica requisitos e fornece orientações para avaliação do ciclo de vida (ACV), incluindo: definição do objectivo da ACV, a análise de inventário do ciclo de vida (ICV), o ciclo de vida de avaliação de impacto (LCIA), elaboração de relatórios e análise crítica da ACV, as limitações da ACV, a relação entre as fases da ACV, e as condições de uso, de escolhas, de valores e elementos opcionais.

Com a evolução do conceito de sustentabilidade mais tarde em 2009 a este grupo de normas, juntou-se a ISO 14050:2009 - *Environmental management - Vocabulary*, a qual define os termos de conceitos fundamentais relacionados à gestão ambiental e sustentabilidade.

2.1.2. Normas CEN

O CEN, Comité Europeu de Normalização, é uma organização internacional fundada em 1975 que providencia o desenvolvimento de normas e de outros documentos de aplicação em vários sectores e utilizados por cerca de 600 milhões de pessoas. Algumas normas são de aplicação voluntária, outras são integradas na legislação da União Europeia.

Este comité trabalha em conjunto com outras organizações internacionais de normalização, como o CENELEC - Comité Europeu de Normalização Electrotécnica, o ETSI/IENT - Instituto Europeu de Normas de Telecomunicações e a já referida ISO - *International Organization for Standardization*. O CEN é composto por 33 organismos nacionais de normalização (ONN):

- IPQ - Instituto Português da Qualidade (Portugal);
- ON - *Österreichisches Normungsinstitut* (Áustria);
- IBN - *Institut Belge de Normalisation* (Bélgica);
- BDS - *Bulgarian Institute for Standardisation* (Bulgária);
- CYS - *Cyprus Organization for Standardisation* (Chipre);
- CNI - *Cesky Normalizacni Institut* (República Checa);
- DS - *Danish Standards* (Dinamarca);
- EVS - *Estonian Centre for Standardisation* (Estónia);
- SFS - *Suomen Standardisoimisliitto r.y.* (Finlândia);
- AFNOR - *Association Française de Normalisation* (França);
- DIN - *Deutsches Institut für Normung* (Alemanha);
- ELOT - *Hellenic Organization for Standardization* (Grécia);
- MSZT - *Magyar Szabványügyi Testület* (Hungria);
- IST - *Stadlard Islands* (Islândia);
- NSAI - *National Standards Authority of Ireland* (Irlanda);
- UNI - *Ente Nazionale Italiano di Unificazione* (Itália);
- LVS - *Latvian Standards Ltd* (Letónia);

- LST - *Lithuanian Standards Board* (Lituânia);
- SEE - *Service de l'Energie de l'Etat* (Luxemburgo);
- MSA - *Malta Standards Authority* (Malta);
- NEN - *Nederlands Normalisatie-instituut* (Holanda);
- SN - *Standardisering i Norge* (Noruega);
- PKN - *Polish Committee for Standardization* (Polónia);
- ASRO - *Asociația de Standardizare din România* (Roménia);
- SUTN - *Slovenský ústav technickej normalizácie* (Eslováquia);
- SIST - *Slovenian Institute for Standardization* (Eslovénia);
- AENOR - *Asociación Española de Normalización y Certificación* (Espanha);
- SIS - *Swedish Standards Institute* (Suécia);
- SNV - *Schweizerische Normen-Vereinigung* (Suíça);
- BSI - *British Standards Institution* (Reino Unido);
- HZN - *Croatian Standards Institute* (Croácia);
- ISRM - *Standardization Institute of the Republic of Macedonia* (Macedónia);
- TSE - *Turkish Standards Institution* (Turquia);
- BSI - *British Standards Institution* (Reino Unido).

Os encontros entre as diferentes organizações pertencentes ao CEN com vista à avaliação da sustentabilidade das obras de construção, surgiram mesmo antes de Portugal pertencer à Comunidade Europeia em 1986. Dos diversos encontros e cimeiras realizadas ao longo dos anos, começou-se a definir o conceito de sustentabilidade criando-se normas para este fim.

Estas normas têm como principal objectivo a harmonização de leis nos países da comunidade europeia, definindo os parâmetros para a implementação da sustentabilidade na construção e produtos.

Desta forma em 2005 foi criado o Comité Técnico CEN/TC 350, referente ao desenvolvimento de normas europeias para a avaliação da sustentabilidade das obras de construção. Este Comité Técnico tem como objectivo a avaliação da sustentabilidade nas vertentes do desempenho ambiental (mandato M/350), social e económico.

As normas referentes à sustentabilidade descrevem uma metodologia harmonizada para a avaliação do desempenho ambiental e do custo do ciclo de vida, assim como permitem quantificar aspectos de desempenho de saúde e conforto. Estas normas (CEN) são criadas com base nas características relevantes apresentadas nas normas ISO, conseguindo-se assim uma harmonização de normas a nível Mundial com o mesmo objectivo.

A Figura 2.2 apresenta as primeiras normas desenvolvidas no âmbito do Comité Técnico CEN/TC350 para o desenvolvimento sustentável.

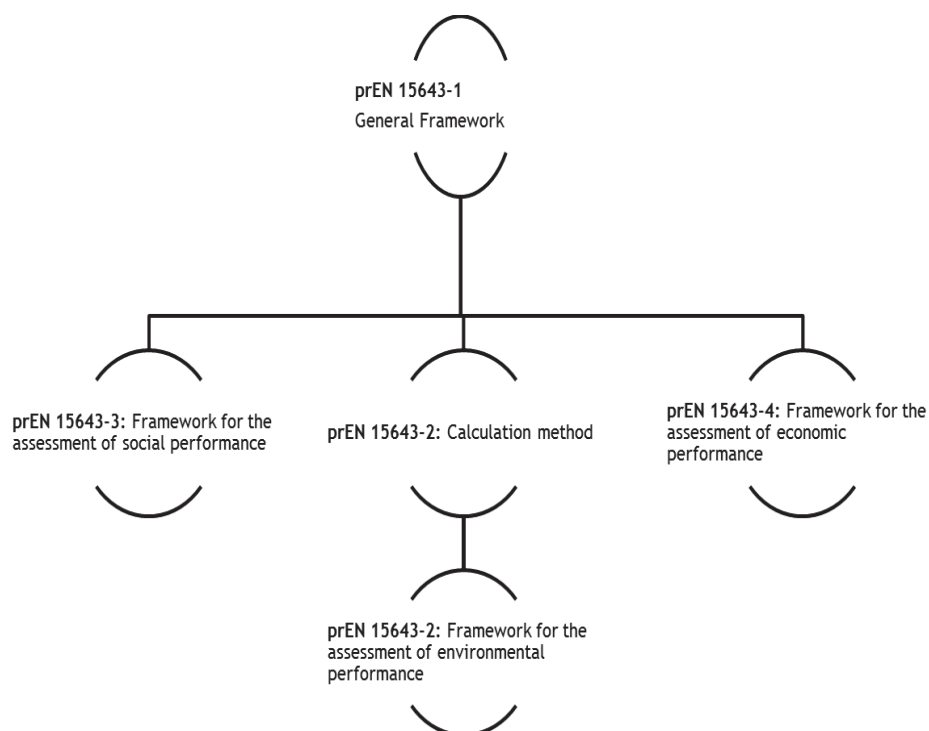


Figura 2.2 - Normas desenvolvidas no âmbito do Comité Técnico CEN/TC 350, para o desenvolvimento sustentável, adaptado de Coelho, (Coelho, 2010)

O Comité Técnico CEN/TC 350 é composto por cinco grupos de trabalho (Baio Dias, 2011):

- WG1 - *Environmental performance of buildings*;
- WG2 - *Building life cycle description*;
- WG3 - *Products level*;
- WG4 - *Economical performance of buildings*;
- WG5 - *Social performance of buildings*;

Estes grupos são responsáveis pelo desenvolvimento dos princípios gerais e dos requerimentos para a implementação da sustentabilidade da construção. A Figura 2.3 apresenta um cronograma com os objectivos de publicação das normas europeias elaboradas pelo Comité Técnico CEN/TC 350, com vista à sustentabilidade das obras de construção. Este cronograma mostra assim os objectivos da criação e implementação de normas com o aparecimento deste Comité Técnico.

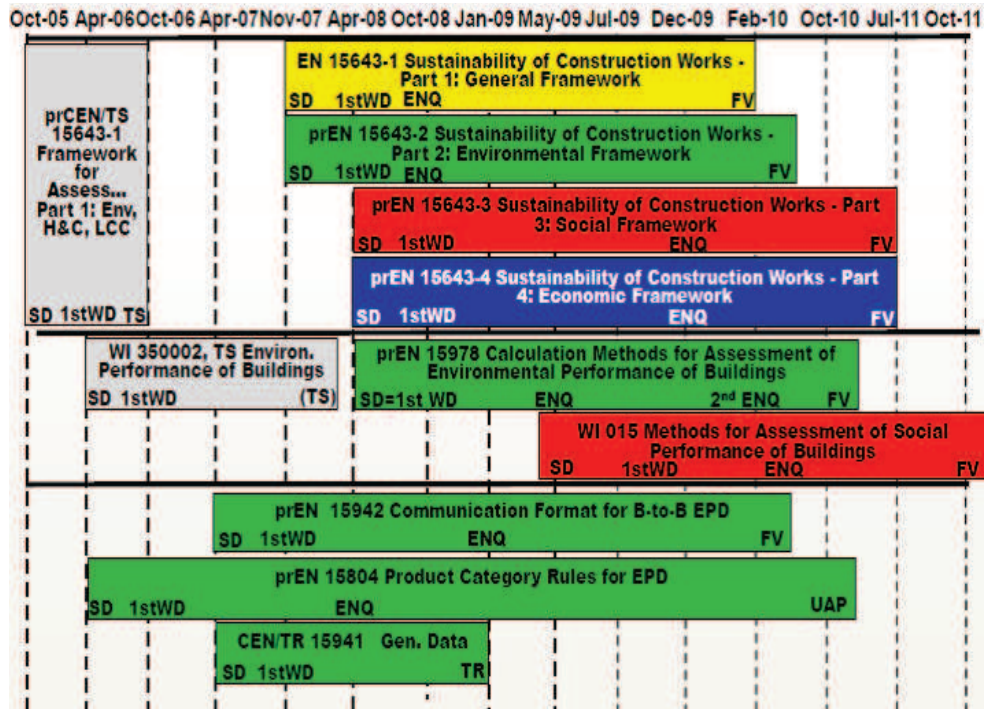


Figura 2.3 - Cronograma de trabalhos e respectivas normas CEN/TC 350, (Baio Dias, 2011)

As normas referentes à sustentabilidade das obras de construção desenvolvidas pelo Comité Técnico CEN/TC 350, podem-se agrupar nos seguintes níveis:

- Nível do produto;
- Nível do edifício;
- Nível do enquadramento

A avaliação da sustentabilidade dos edifícios passa pelas fases que são apresentadas na Figura 2.4:

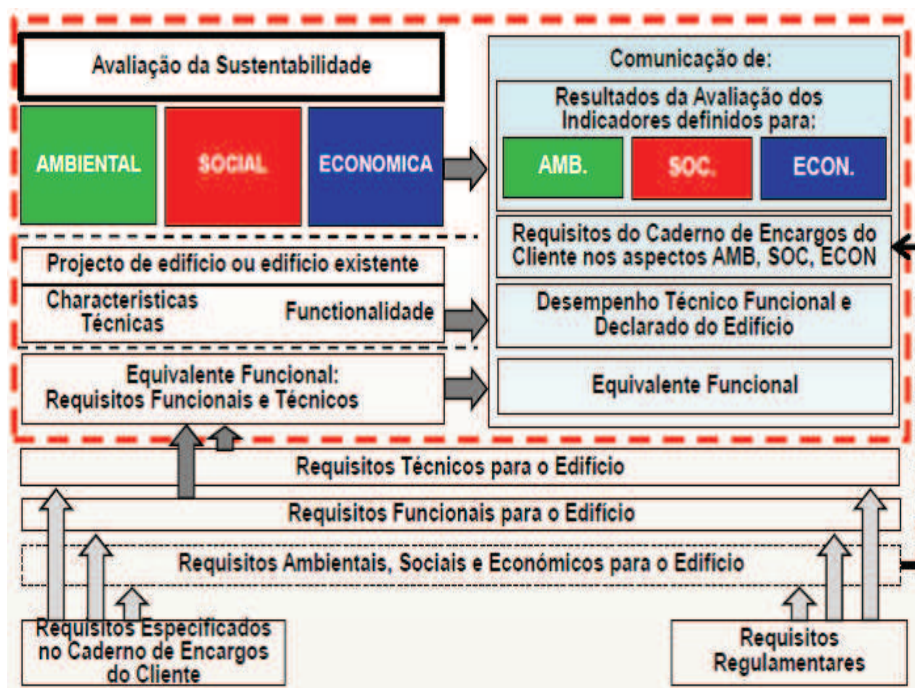


Figura 2.4 - CEN/TC 350 O conceito de avaliação da sustentabilidade de edifícios, (Baio Dias, 2011)

Estas normas europeias elaboradas pelo Comité Técnico CEN/TC 350 e de acordo com as normas ISO, constituem um conjunto de normas destinadas a avaliar a sustentabilidade das obras de construção e dar assim um contributo para um desenvolvimento sustentável.

2.2. Metodologias de avaliação da sustentabilidade na construção

A partir da década de noventa alguns países e empresas desenvolveram sistemas de avaliação da sustentabilidade na construção. Alguns destes sistemas foram pioneiros na implementação da avaliação da sustentabilidade.

Os principais sistemas de avaliação da sustentabilidade na construção são os seguintes (Baio Dias, 2011):

Sistema de Avaliação	Sigla	País de origem	Ano
Building Research Environmental Assessment Method	BREEAM	Reino Unido	1990
Leadership in Energy e Environmental Design	LEED	EUA	1994
Environmental Assessment and Classification System for Residential, Office and Retail Buildings in Finland	PROMISE	Finlândia	1999
Civil Engineering Environmental Quality Assessment and Award Scheme	CEEQUAL	Reino Unido	2003

Sistema de Avaliação	Sigla	País de origem	Ano
Association Haute Qualitée Environmental	HQE	França	2005
German Sustainable Building Council	DGNB	Alemanha	2007
Austrian Green Building Council	OGNI	Áustria	2009
LIDERA	LIDERA	Portugal	2005
Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency	CASBEE	Japão	2001
Sustainable Building Toll	SBTool ^{PT} -H	Portugal	2009

Tabela 2.1 - Principais sistemas de avaliação da sustentabilidade.

2.2.1. Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM)

O sistema *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM) surgiu de uma parceria entre o BRE - *Building Research Establishment Ltd.*, o sector privado e a indústria, esta última, constitui uma parceira bastante importante pois proporciona a aplicabilidade deste sistema ao contexto real. Ao longo dos tempos este sistema tem vindo a ser desenvolvido, permitindo o surgimento de versões de aplicabilidade a diferentes tipologias, habitação, escritórios e diferentes espaços públicos.

Em 1917, após a Primeira Guerra Mundial, o Departamento de Pesquisa Científica e Industrial (DSIR) propôs a criação de uma organização para investigar vários materiais e métodos de construção adequados para novos edifícios. É fundada assim a estação de pesquisa da construção *Building Research Station* (BRS), a qual iniciou os trabalhos com o estudo do comportamento do betão armado e dos tijolos. Mais tarde em 1949 nasce a estação de pesquisa do edifício (BRE). Ainda nesta data, um escritório é aberto na Escócia, com a finalidade de desenvolver pesquisas na área do edifício à escala global, tendo como principais funções o estudo dos diversos materiais de construção, diferentes técnicas de produção, o estudo do edifício exposto a diversos factores desde climáticos a estruturais.

Em 1990 surge o BREEAM, procura assim estudar o edifício promovendo não só a sua orientação de forma a minimizar os efeitos negativos dos locais onde este se insere, como visa fomentar um ambiente interno saudável e confortável. Os objectivos deste sistema podem ser sumariamente descritos do seguinte modo, (BREEAM MANUAL, 2011):

- Proporcionar o reconhecimento no mercado dos edifícios com baixo impacto ambiental;
- Garantir que a melhor prática ambiental é incorporada na construção desde o planeamento, projecto, construção e uso;
- Definir um robusto, padrão de desempenho económico;

- Desafiar o mercado a fornecer serviços inovadores, soluções eficazes que minimizem o impacto ambiental dos edifícios;
- Aumentar a consciência dos proprietários, ocupantes, projectistas e operadores dos benefícios da redução do impacto do ciclo de vida dos edifícios no ambiente;
- Permitir que as organizações comparem os objectivos evolutivos ambientais das soluções de construção apresentadas.

O BREEAM apresenta várias adaptações às diferentes tipologias de construção, nomeadamente, (BREEAM MANUAL, 2011):

Designação	Tipologia a Aplicar
EcoHomes	Edifícios de habitação novos ou remodelados
Multi-Residencial	Edifícios multifamiliares
Offices	Edifícios de escritórios novos ou existentes
Industrial	Unidades Industriais
Retail	Edifícios de comércio
Courts	Tribunais
Healthcare	Hospitais
Education	Instituições de ensino
Prisons	Edifícios Prisionais
Bespoke	Restantes edifícios não incluídos nos anteriores

Tabela 2.2 - Versões do BREEAM

O BREEAM tem duas formas de avaliação, para edifícios novos ou submetidos a reformas e para edifícios existentes e em uso. Nos edifícios novos são examinados os parâmetros de desempenho ambiental onde são consideradas questões referentes às fases de projecto. No caso dos edifícios existentes e em uso, são considerados os parâmetros de desempenho e as questões referentes à operação e gestão do edifício. Relativamente à metodologia de avaliação da sustentabilidade, o sistema BREEAM baseia-se numa *checklist* para edifícios novos e questionários para edifícios já existentes, versando as categorias apresentadas na Tabela 2.3.

Cada categoria possui uma ponderação de acordo com a Tabela 2.3:

Categoria	Peso
Gestão	12%
Saúde e bem-estar	15%
Energia	19%
Transporte	8%

Categoria	Peso
Água	6%
Materiais	12.5%
Resíduos	7.5%
Ocupação do solo e ecologia local	10%
Poluição	10%
TOTAL	100%
Inovação (adicional)	10%

Tabela 2.3 - Ponderação das categorias do BREEAM, (BREEAM MANUAL, 2011)

A introdução de ponderações e consequente soma dos resultados obtidos ao nível de cada categoria, permitem a obtenção de um índice de desempenho (*Environmental Performance Index - EPI*) que determina a certificação numa das classes existentes de desempenho:

BREEAM Rating	% Score
Outstanding	85
Excellent	70
Very Good	55
Good	45
Pass	30
Unclassified	<30

Tabela 2.4 - Classes de desempenho sustentável segundo o BREEAM, (BREEAM MANUAL, 2011)

2.2.2. Leadership in Energy e Environmental Design (LEED)

Este sistema de avaliação da sustentabilidade surgiu em 1994 nos Estados Unidos da América (EUA). LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*, apresenta-se como o sistema mais disseminado e utilizado nos EUA.

Desenvolvido pelo *United States Green Building Council (USGBC)*, organização que visa a promoção de edifícios ambientalmente responsáveis e lucrativos, bem como de lugares saudáveis para viver e trabalhar, sendo este sistema financiado pela instituição *National Institute of Standards and Technology (NIST)* (MEISEL, 2010).

A disseminação e adesão ao sistema LEED nos EUA podem ser explicadas, em parte pela dimensão da organização que o desenvolveu, pois congrega mais de 4000 organizações não-governamentais, instituições federais, estaduais e locais. Por outro lado trata-se de um sistema muito abrangente e com grande adaptabilidade, este facto é devido à natureza da organização que o desenvolve.

Em 1996 quando começou a ser aplicado o sistema LEED, este apenas era direccionado a edifícios de ocupação comercial. Mais tarde em 1999, as avaliações de desempenho ambiental com este sistema abrangem outras áreas, como edifícios residenciais, englobando todo o seu ciclo de vida.

A iniciativa de criação deste sistema de avaliação, teve como base o sucesso de outros sistemas de avaliação da sustentabilidade existentes em outros países, como é o caso do BREEAM no Reino Unido e do BEAPC no Canadá.

Para a implementação deste sistema estão disponíveis várias versões aplicáveis a diferentes tipologias e partes do edificado, nomeadamente as que se apresenta da Tabela 2.5.

Designação	Tipologia a Aplicar
LEED - NC	Novas construções comerciais e grandes remodelações.
LEED Lodging	Versão que funciona como uma adição à primeira, especificamente para a análise de alojamentos comerciais com menos de quatro andares.
LEED - EB	Edifícios existentes.
LEED - CI	Espaços comerciais interiores.
LEED - CS	Elementos construtivos do edifício (estrutura, sistemas de AVAC, etc.).
LEED - H	Habitacões.
LEED - ND	Estudo das envolventes do edifício.
LEED - S	Edifícios escolares
LEED - HC	Hospitais e edifícios similares
LEED - R	Edifícios comerciais

Tabela 2.5 - Versões do LEED

O LEED tem como base de avaliação uma lista de pré-requisitos (com itens obrigatórios e classificatórios) a partir da qual analisa a eficiência ambiental do edifício, permitindo a atribuição de créditos, baseados numa lista pré-seleccionada de objectivos.

Os pontos são contabilizados através do somatório dos critérios comprovadamente cumpridos, sendo obrigatório o cumprimento dos pré-requisitos. O facto de não existir ponderação dos pontos é um aspecto negativo deste sistema de avaliação da sustentabilidade, pois um edifício que obtenha a classificação máxima numa categoria e a mínima noutra, pode ainda assim obter uma classificação boa em termos de sustentabilidade.

Esta metodologia compreende as seguintes categorias de avaliação (LEED, 2009):

- **Localização Sustentável:** Controlar a erosão e reduzir os impactes negativos na água e qualidade do ar. Adoptar um plano de controlo da sedimentação e erosão para o terreno do projecto durante a construção;
- **Eficiência da Água:** Diminuir o consumo de água, desenvolvendo sistemas eficientes de irrigação e reutilização, para além de um programa de reeducação do uso da água;
- **Energia e Atmosfera:** Verificar e assegurar os elementos essenciais aos edifícios e que os sistemas sejam projectados, instalados e calibrados para operar como definido;
- **Materiais e Recursos:** Facilitar a redução do desperdício gerado pelos ocupantes do edifício;
- **Qualidade Ambiental Interna:** Estabelecer um desempenho mínimo da qualidade do ar interno, para prevenir o desenvolvimento dos problemas em edificações provenientes da qualidade ambiental interna, mantendo a saúde e bem-estar dos ocupantes;
- **Inovação e Processo de Design:** A utilização dos critérios supracitados não deve constituir um empecilho à criação do projectista;
- **Prioridade Regional:** Determina as diferentes prioridades ambientais entre diferentes regiões.

Notar que a categoria de avaliação “Prioridade Regional” foi introduzida apenas em 2009, na versão 3.0.

A Tabela 2.6 apresenta parâmetros de avaliação referentes às diferentes categorias de avaliação da sustentabilidade na construção.

Categorias de avaliação da sustentabilidade na Construção	Parâmetros de avaliação
Localização sustentável	Escolha do local: Densidade de desenvolvimento e interacção da comunidade; Requalificação de terrenos devolutos; Acesso a transportes públicos; Locais para bicicletas; Baixas emissões de gases e veículos eficientes; Capacidade de estacionamento; Protecção ou restauração do local; Espaço aberto; Controlo de qualidade; Efeito térmico (cobertura); Efeito térmico (fora da cobertura); Redução da poluição luminosa
Eficiência da água	Eficiência da água existente na envolvente; Aproveitamento de águas residuais; Redução do uso da água
Energia e Atmosfera	Optimização do desempenho energético; Energia renovável; Reforço de sistemas de climatização; Medição e verificação; Energia "verde"
Materiais e Recursos	Reutilização do edifício - manter constituintes (chão, tecto, paredes); Controlo dos lixos da construção; Reutilização de materiais; Conteúdos Recicláveis; Materiais da região; Materiais rapidamente renováveis; Madeira certificada

Categorias de avaliação da sustentabilidade na Construção	Parâmetros de avaliação
Qualidade do ambiente interno	Comportamento da qualidade mínima do ar interior; Controlo do ambiente das áreas de fumadores; Monitorização da distribuição do ar; Aumento da ventilação; Planeamento da qualidade do ar interior da construção (durante a construção e antes da ocupação); Materiais de baixa emissão (argamassas, tintas, pavimentos, madeiras compostas e aglomerados); Controlo das fontes poluentes no interior; Controlo de sistemas (luminosidade e conforto térmico); Conforto térmico; Luminosidade e pontos de vista
Inovação e Processo de Dimensionamento	Inovação e dimensionamento; Acreditação profissional
Prioridade Regional	Prioridades ambientais entre diferentes regiões

Tabela 2.6 - Áreas de Avaliação LEED, (LEED, 2009)

Os pontos obtidos levam à atribuição de diversos níveis de certificação, ver Tabela 2.7. Para o edifício obter o certificado LEED tem que garantir no mínimo 40 pontos de um total de pontos das sete categorias que perfazem 110 pontos

Níveis de classificação	Pontos atribuídos
Certificado	40 a 49
Prata	50 a 59
Ouro	60 a 79
Platina	80 a 110

Tabela 2.7 - Classificação segundo o LEED, (LEED, 2009)

As ponderações do LEED são distribuídas consoante o grau de importância que o sistema atribui a cada categoria, conforme a Tabela 2.8, indica. O sistema atribui maior relevância às categorias referentes à Energia e Atmosfera e à Localização Sustentável.

Categorias de Avaliação da Sustentabilidade na Construção	Pontuações (%)
Localização sustentável	23,6 (26 pontos)
Eficiência da água	9,1 (10 pontos)
Energia e Atmosfera	31,9 (35 pontos)
Materiais e Recursos	12,7 (14 pontos)
Qualidade do Ambiente Interior	13,6 (15 pontos)
Inovação e Processo de Design	5,5 (6 pontos)
Prioridade Regional	3,6 (4 pontos)

Tabela 2.8 - Ponderações de avaliação das categorias do LEED, (LEED, 2009)

2.2.3 LiderA:

O LiderA - Sistema de avaliação da sustentabilidade é uma marca registada portuguesa que pode ser utilizada logo na fase de projecto no apoio de soluções sustentáveis para o edifício.

A primeira versão do LiderA destinava-se sobretudo ao edificado e ao respectivo espaço envolvente. Contudo, face às aplicações efectuadas, foi desenvolvida uma versão 2.0 que alarga a possibilidade de aplicação do sistema, não apenas ao edificado, mas igualmente ao ambiente construído, incluindo espaços exteriores, quarteirões, bairros, zonas e os seus utentes numa óptica de comunidades sustentáveis.

O sistema é utilizado desde 2005 em diferentes tipologias de projectos e por diferentes agentes, tendo certificado empreendimentos desde a fase de plano e projecto até à de utilização (Pinheiro, 2006).

O sistema LiderA avalia o edifício tendo como base uma cidade sustentável, ao nível dos transportes e dos consumos de energia pois estes contribuem em muito para a redução da pegada ecológica (LiderA, 2012).

Tendo como base a definição de uma cidade sustentável, o sistema tem evoluído avaliando não só o edifício mas também todo o espaço envolvente em que este está inserido de âmbito social, os transportes e a sustentabilidade dos mesmos, os espaços comerciais e públicos. A nível sustentável todos estes aspectos estão relacionados com os transportes porque um edifício longe dos espaços comerciais e públicos requer mobilização por meio de transportes, aumentando assim as emissões de gases poluentes e o consumo de energias não renováveis.

O LiderA procura a sustentabilidade nos ambientes construídos, focando seis princípios a serem adoptados, que por sua vez abrangem seis vertentes. Os princípios sugeridos para a procura da sustentabilidade são os seguintes:

- Princípio 1 - Valorizar a dinâmica local e promover uma adequada integração;
- Princípio 2 - Fomentar a eficiência no uso dos recursos;
- Princípio 3 - Reduzir o impacte das cargas (quer em valor, quer em toxicidade);
- Princípio 4 - Assegurar a qualidade do ambiente, focada no conforto ambiental;
- Princípio 5 - Fomentar as vivências socioeconómicas sustentáveis;
- Princípio 6 - Assegurar a melhor utilização sustentável dos ambientes construídos, através da gestão ambiental e da inovação.

Na Figura 2.5 estão representadas as seis vertentes e as vinte e duas áreas abrangidas pelo LiderA.



Figura 2.5 - Vertentes e áreas abrangidas pelo LiderA, (Pinheiro, 2006)

O LiderA classifica o edifício tendo em conta diferentes níveis de desempenho, podendo ser inseridos numa escala crescente de G a A⁺⁺, conforme a Figura 2.6 representa.



Figura 2.6 - Escala de Classificação da Sustentabilidade segundo o LiderA, (Pinheiro, 2006)

Para a obtenção destes níveis de desempenho o sistema utiliza a seguinte ponderação:

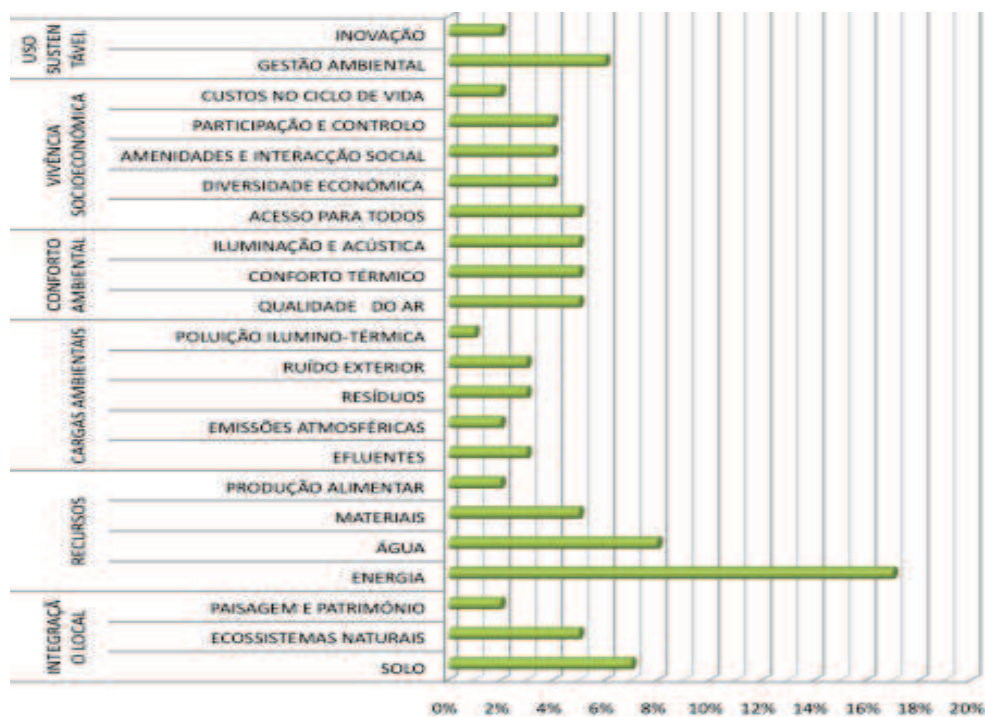


Figura 2.7 - Valores da Ponderação do LiderA, (Pinheiro, 2006)

Através do gráfico da Figura 2.7. verifica-se os pesos atribuídos pelo sistema às vinte e duas áreas de classificação. Especial atenção para a área da energia que apresenta maior peso, pelo facto da energia utilizada ser na sua maior parte de carácter não renovável, por exemplo, no caso das deslocações com veículos motorizados as emissões contribuem para o aquecimento global.

Refira-se ainda que o LíderA na sua avaliação considera cinquenta critérios distribuídos nas seis vertentes, de acordo com o apresentado na Tabela 2.9.

Vertentes	Áreas	Critérios
Localização e integração	Solo	C1 - Selecção do local - Análise macro e planeamento
		C2 - Área ocupada pelo edificado
		C3 - Assegurar as Funções ecológicas do solo
	Ecosistemas naturais	C4 - Protecção das zonas naturais
		C5 - Valorização ecológica
	Paisagem	C6 - Integração e valorização local
	Amenidades	C7 - Valorização das amenidades locais
		Mobilidade
	C9 - Acesso a Transportes Públicos	
Recursos	Energia	C10 - Desempenho energético passivo
		C11 - Redução do consumo de electricidade
		C12- Electricidade produzida a partir de fontes renováveis

Vertentes	Áreas	Critérios
Recursos	Energia	C13 - Redução do consumo de outras fontes de energia
		C14 - Uso de outras formas de energia renovável
		C15 - Eficiência dos equipamentos
	Água	C16 - Redução do consumo de água para abastecimento doméstico
		C17 - Redução dos consumos de água em espaços comuns e exteriores
		C18 - Controlo dos consumos e perdas
		C19 - Utilização de águas pluviais
		C20 - Gestão das águas locais
	Materiais	C21 - Baixa intensidade em materiais
		C22 - Materiais locais
		C23 - Materiais reciclados e renováveis
		C24 - Materiais certificados ambientalmente
Cargas ambientais	Efluentes	C25 - Caudal das águas residuais
		C26 - Tipo de tratamento das águas residuais
		C27 - Caudal de reutilização de águas usadas
	Emissões atmosféricas	C28 - Redução das emissões de CO ₂
		C29 - Redução de outros poluentes (SO ₂ , Partículas e NO _x)
		C30 - Ausência de emissões de CFCs
	Resíduos	C31 - Redução da produção de resíduos
		C32 - Gestão de resíduos perigosos
		C33 - Percentagem de resíduos valorizados
	Ruído exterior	C34 - Redução das fontes de ruído para o exterior
	Efeitos térmicos	C35 - Diminuição do efeito de ilha de calor
Ambiente interior	Qualidade ar interior	C36 - Ventilação e contributo natural
		C37 - Eliminar compostos orgânicos voláteis
		C38 - Prevenção de micro contaminações
	Conforto térmico	C39 - Nível de conforto térmico
	Luz natural	C40 - Níveis de iluminação
		C41 - Iluminação natural
	Acústica	C42 - Isolamento acústico/Níveis sonoros
Controlo	C43 - Capacidade de controlo	

Vertentes	Áreas	Crítérios
Durabilidade e acessibilidade	Durabilidade	C44 - Adaptabilidade / Modularidade
		C45 - Durabilidade
	Acessibilidade	C46 - Acessibilidade a pessoas portadores de deficiência
		C47 - Acessibilidade a relações com a comunidade
Gestão ambiental e inovação	Gestão ambiental	C48 - Informação ambiental
		C49 - Sistema de gestão ambiental
	Inovação	C50 - Inovações práticas, soluções ou integrações

Tabela 2.9 - Lista de critérios LiderA, (Pinheiro, 2006)

2.2.4. Association Haute Qualité Environmental Dês Bâtiments (HQE):

A associação HQE surge em 1992 do programa “*Écologie et Habitat*” lançado pelo *Plan Urbanisme Construction et Architecture* (PUCA), sendo desenvolvida através dos trabalhos realizados pelo *Atelier d’Évaluation de la Qualité Environnementale dês Bâtiments* (ATEQUE). Esta associação desenvolveu um sistema de avaliação da sustentabilidade designado como HQE. A versão oficial do sistema foi publicada em Fevereiro de 2005 e foi integrada na norma da Associação Francesa de Normalização (AFNOR), sendo emitido o primeiro certificado da norma *NF Bâtiments Tertiaires Démarche HQE*, em Março de 2005.

O HQE é destinado a desenvolver uma definição simples e descritiva dos critérios de qualidade ambiental, sendo inicialmente orientando para a avaliar e programar decisões principais no alojamento social.

A definição de qualidade ambiental, segundo a associação HQE, é definida como a "qualidade ambiental do edifício e dos seus equipamentos (em produtos e serviços) e os restantes conjuntos de operação, de construção ou adaptação, que lhe conferem aptidão para satisfazer as necessidades de dar resposta aos impactes ambientais sobre o ambiente exterior e a criação de ambientes interiores confortáveis e sãos" (Pinheiro, 2006). Este sistema rege-se pelos seguintes princípios:

- Reduzir os impactes dos edifícios sobre o ambiente exterior, ao nível global, regional e local;
- Criar um ambiente interior confortável e são para os utilizadores.

A estrutura deste sistema é subdividida em gestão do empreendimento (*SMO - Système de Management de l’Opération*) e qualidade ambiental (*QEB - Qualité Environnementale du Bâtiment*), que avaliam as diferentes fases: de projecto, de execução e de utilização. Cada fase obtém uma certificação independente, (Silva, 2007).

O HQE não se baseia num sistema de pontuação. Em cada fase do empreendimento, respeita-se um perfil ambiental previamente definido pelo empreendedor. A definição do perfil ambiental é feita de acordo com as características, vantagens e desvantagens relativamente ao ambiente do local onde o empreendimento será realizado, as exigências legais e regulamentares pertinentes, as necessidades e expectativas das partes interessadas e por fim os objectivos ambientais do empreendedor. Desta forma o perfil ambiental realça algumas categorias tais como, ambientais, sanitárias e conforto, sendo estas evidenciadas entre as catorze categorias definidas no sistema. As categorias evidenciadas deverão apresentar um desempenho igual ou superior ao constatado em empreendimentos de excelência ambiental já realizados em França.

As catorze categorias definidas pela Associação HQE são denominadas por 'cicles'. Estes catorze "cicles" visam a obtenção de uma elevada qualidade ambiental (Haute Qualité Environnementale - HQE) e agrupam-se em dois domínios e quatro famílias: controle dos impactes sobre o ambiente exterior (Famílias: Eco-construção e Ecogestão) e criação de um ambiente interior satisfatório (Famílias: Conforto e Saúde), os quais se organizam de acordo com o apresentado na Figura 2.8.

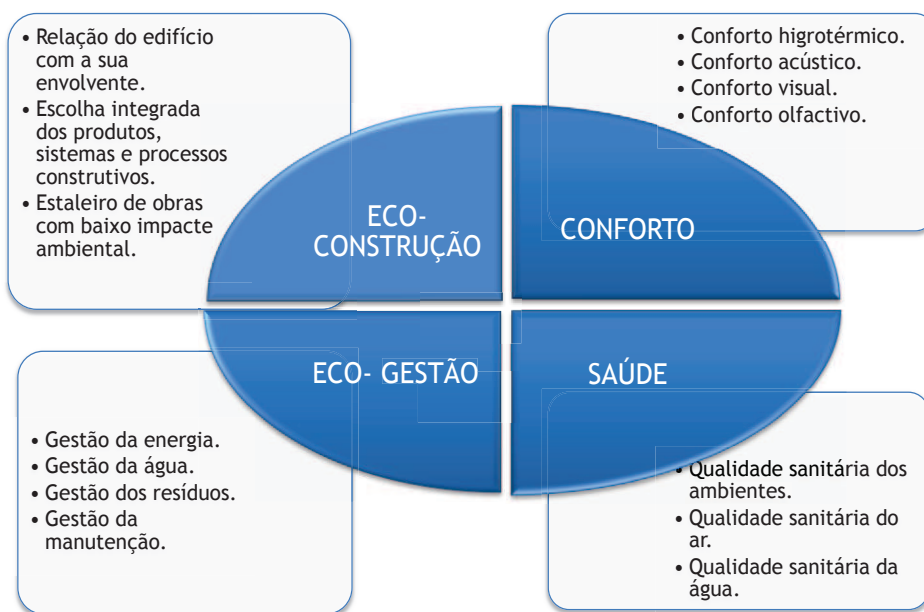


Figura 2.8 - Famílias e categorias do sistema HQE

Para cada uma das categorias pode-se obter um dos três níveis de desempenho:

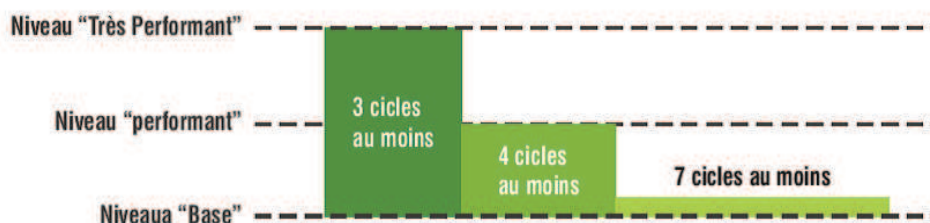


Figura 2.9 - Níveis de desempenho das categorias do sistema HQE, (Silva, 2007)

Para obter a certificação, o empreendedor deverá escolher, entre os catorze “*cicles*”, pelo menos sete que responderão às exigências do nível designado como “base”, para a obtenção do nível “*performant*”, para além da verificação dos sete “*cicles*” correspondentes ao nível base, o empreendedor deve escolher mais quatro correspondentes ao nível “*performant*”. Por fim para uma classificação no nível “*très performant*” devem ser verificados os catorze “*cicles*”. A *Qualité Environnementale du Bâtiment* (QEB) visada estrutura-se, assim, num perfil ambiental que dá prioridades de importância aos catorze “*cicles*” de preocupações ambientais. Para definir as fronteiras entre níveis, o *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* (CSTB) entendeu como correspondendo:

- À Base (nível qualitativo “B”) os desempenhos normalizados ou regulamentares correspondentes às práticas usuais;
- *Performant* (nível “P”) os desempenhos superiores às práticas usuais;
- *Très Performant* ou Superior (nível “TP”) a partir dos desempenhos máximos recentemente observados/certificados em empreendimentos já realizados em França, considerados pelos agentes do sector como exemplos de boas práticas de qualidade ambiental, e que sejam reproduzíveis noutros empreendimentos.

As áreas de avaliação da sustentabilidade segundo o HQE são as seguintes (Pinheiro, 2006):

- Acções verdes: informação dos habitantes e dos gestores;
- Fileira da construção: Escolha dos materiais, rotulagem ambiental dos materiais; utilização de materiais renováveis, durabilidade do envelope do edifício;
- Água: Qualidade dos equipamentos individuais e colectivos; ajustamento dos consumos;
- Conforto e saúde: Acústica interior e exterior, conforto térmico de Inverno e Verão; arejamento e ventilação da habitação, adaptação à gestão selectiva tri-partida dos resíduos;
- Gestão ambiental das operações: Conjunto de elementos que permitem definir o perfil ambiental adaptado às especificidades do local e atender às partes interessadas, organizar as operações para atender aos níveis de desempenho dos temas técnicos que compõem o perfil a atingir; ajustamento dos processos em fase de programação e projecto;
- Energia - Redução do efeito de estufa: Desempenho energético; Ajustamento dos consumos eléctricos nos espaços privados e comuns;
- Estaleiro: Organização do estaleiro; gestão dos resíduos do estaleiro; resposta aos impactes do estaleiro, redução da poluição, balanço do estaleiro.

Deste modo verifica-se que o sistema HQE está focado na avaliação do edifício em si e da sua envolvente. Na avaliação da envolvente destaca-se a vertente dos transportes, área de acção e o consumo de energia que é desperdiçada para tal mobilidade.

Por fim o HQE não efectua ponderações das áreas de avaliação, apenas hierarquiza as áreas consoante o seu grau de importância, de modo a identificar as prioridades e definir o perfil ambiental desejado.

2.2.5. Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency (CASBEE)

Denominado por CASBEE, o sistema de avaliação japonês apresenta contributos interessantes no âmbito da avaliação da sustentabilidade dos edifícios de habitação, definindo o conceito de fronteira o qual abrange o edifício e a sua envolvente exterior.

Neste momento, este sistema está desenvolvido de modo a ser aplicado a diferentes tipologias da construção, nomeadamente às que se encontram apresentadas na Tabela 2.10.

Designação	Tipologia a Aplicar
CASBEE - New Construction	Novas construções.
CASBEE - Home	Edifícios habitacionais.
CASBEE - Urban Development	Desenvolvimento Urbano.
CASBEE - Urban Area + Buildings	Construções Urbanas
CASBEE - Cities	Cidades
CASBEE - Market Promotion	Edifícios comerciais
CASBEE - Property Appraisal	Propriedades
CASBEE - Existing Building	Edifícios existentes
CASBEE - Renovation	Remodelações

Tabela 2.10 - Versões do sistema CASBEE

Este sistema de avaliação é constituído por quatro ferramentas, cada uma delas direccionadas para utilizadores distintos que avaliam o edifício nas diferentes fases do seu ciclo de vida.

As quatro ferramentas que constituem o sistema são divididas em duas categorias, uma direccionada para edifícios novos e a outra para edifícios existentes.

A Tabela 2.11 apresenta o sistema CASBEE, realçando as quatro ferramentas que o constituem e os seus principais objectivos.

Categoria	Ferramenta	Destinatários	Objectivos/características
Edifícios novos	Avaliação de anteprojecto	Projectistas	Identificação do contexto básico do projecto, com ênfase em selecção de área de impactos básicos do projecto
	Projecto para o ambiente- <i>Design for Environmental (DFE)</i>	Projectistas e construtores	Teste simples de auto-avaliação para auxiliar e melhorar a eficiência ambiental do edifício (BEE) durante o projecto
Edifícios existentes	Certificação ambiental	Proprietários, projectistas, construtores e agentes imobiliários	Para classificar edifícios concluídos, segundo a sua eficiência ambiental. Determinar o valor básico de mercado do edifício certificado
	Avaliação pós-projecto (operação e renovação sustentáveis)	Proprietários, projectistas, operadores/gestores	Prover informações sobre como melhorar a BEE durante a etapa de operação

Tabela 2.11 - Ferramentas e objectivos do CASBEE, (Silva, 2007)

O CASBEE desenvolveu um conceito designado por ecossistemas fechados, ou seja, o edifício em estudo é considerado como um espaço fechado limitado pelo seu terreno. A avaliação deste conceito é feita através de dois factores “L” e “Q”, sendo o “L” referente às cargas ambientais fora do limite e o “Q” à qualidade e desempenho ambiental dentro do limite, de acordo com o representado na Figura 2.10.



Figura 2.10 - Conceito de ecossistema fechado, (Silva, 2007)

Com o conceito de ecossistema fechado o objectivo do sistema passa por relacionar os dois factores “L” e “Q”, criando um indicador de eficiência ambiental do edifício designado por *Building Environmental Efficiency (BEE)*, (Silva, 2007).

Deste modo, a eficiência ambiental do edifício é calculada pelo quociente qualidade/cargas, onde a qualidade enfatiza a qualidade do ambiente interno, e as cargas o consumo de energia. Quanto maior for este quociente, maior será a sustentabilidade ambiental do edifício.

O sistema é composto por diferentes áreas (ambiente interior, qualidade dos serviços, ambiente externo dentro do lote do edifício, energia, recursos e materiais e ambiente externo fora do lote do edifício).

Categorias de Avaliação da Sustentabilidade na Construção	Parâmetros de avaliação
Ambiente interior	Ruído e acústica; Conforto térmico; Iluminação, Qualidade do ar
Qualidade dos serviços	Funcionalidade; Durabilidade; Flexibilidade
Ambiente externo dentro do lote do edifício	Manutenção e criação de ecossistemas; Características locais e culturais
Energia	Carga térmica do edifício; Uso de energia natural; Eficiência dos sistemas prediais; Operação eficiente
Recursos e materiais	Água; Materiais ecológicos
Ambiente externo fora do lote do edifício	Poluição do ar; Ruído e odores; Ventilação; Iluminação; Efeito de pontos de calor; Carga na infra-estrutura local

Tabela 2.12 - Categorias e parâmetros de avaliação do CASBEE, (CASBEE, 2010).

Estas áreas possuem parâmetros relativos à sustentabilidade na construção. Após a análise dos vários parâmetros, é atribuída uma pontuação entre 0 e 5 pontos, definida de acordo com os padrões técnicos e sociais em que o edifício se insere, (CASBEE, 2010).

Os resultados são expressos no formulário de pontuação em termos de Q (qualidade de desempenho) e LR (redução das cargas ambientais), sendo o LR o nível das cargas ambientais. A classificação de desempenho dos edifícios avaliados segundo o CASBEE é constituída por cinco níveis: S (superior), A, B+, B e C, sendo S a melhor classificação, (CASBEE, 2010).

Comparando com os sistemas anteriores, as categorias de avaliação do sistema CASBEE são em número menor, mas contudo agregam todas as áreas do ciclo do edifício como se verifica na Tabela 2.13.

Categorias de Avaliação da Sustentabilidade na Construção	Ponderações (%)
Ambiente interior	20
Qualidade dos serviços	15
Ambiente externo dentro do lote do edifício	15
Energia	20
Recursos e materiais	15
Ambiente externo fora do lote do edifício	15

Tabela 2.13 - Ponderações de avaliação das categorias do CASBEE, (CASBEE, 2010)

Ao nível das ponderações do sistema CASBEE, os valores apresentados na Tabela 2.13 evidenciam a preocupação com a eficiência do edifício, tanto a nível do conforto como de consumo de energia.

2.2.6. Civil Engineering Environmental Quality Assessment and Award Scheme (CEEQUAL)

O CEEQUAL é um método de avaliação da sustentabilidade que relaciona projectos de engenharia civil. Tratasse de um sistema desenvolvido no Reino Unido pelo *Institution of Civil Engineers*, suportado financeiramente pelo actual *Department of Trade and Industry*.

O seu objectivo é incentivar a obtenção do grau de excelência ambiental na construção, proporcionando um elevado desempenho ambiental e social na concepção de projectos de engenharia e ou na execução das construções (CEEQUAL, 2012).

O desenvolvimento de CEEQUAL foi gerido pela Crane Ambiental Ltd, recebendo apoio e participação dos departamentos e agências governamentais, associações profissionais, da indústria e construtores. O sistema é aplicado desde Setembro de 2003 e, desde então, o CEEQUAL tornou-se o esquema da indústria da construção do Reino Unido para avaliar o desempenho ambiental e a sustentabilidade da construção civil e projectos de domínio público, sendo agora amplamente utilizado por projectistas e empreiteiros.

Em Junho de 2008 o CEEQUAL foi reconhecido pelo relatório do Governo (Estratégia para a Construção Sustentável) como uma iniciativa que ajuda a "impulsionar" o desenvolvimento da construção.

Em Novembro de 2008 foi lançada a versão 4 do CEEQUAL. Nesta versão estão implementadas novas questões, visando especificamente as emissões de carbono.

Este sistema baseia-se nas boas práticas ambientais da construção e tem como estratégia a avaliação da sustentabilidade, o *benchmarking* e a rotulagem da qualidade ambiental dos projectos de construção.

A obtenção da classificação ambiental pode ser concedida pelo seguinte modo, (CEEQUAL, 2012):

- Projecto Global - em que se candidata conjuntamente ou individualmente as seguintes entidades, o dono de obra, o projectista ou o empreiteiro principal;
- Dono da Obra e Projecto - em que se candidata conjuntamente o dono de obra e o projectista;
- Projecto - em que se candidata o projectista;
- Construção - em que se candidata o empreiteiro principal;
- Concepção e Construção - em que se candidata as equipas de projectos, que não incluem o Dono da Obra.

O sistema CEEQUAL utiliza uma avaliação por pontos, que é aplicável a qualquer projecto de engenharia civil. A avaliação deste sistema é definida por de duzentos pontos de verificação relacionados com aspectos ambientais e sociais de projecto, nomeadamente o uso de energia, a água e solos, impactos sobre a paisagem, ecologia, vizinhos, arqueologia, bem como a minimização da gestão dos resíduos e relações com a comunidade e recreio. A ponderação utilizada para cada uma das categorias é a seguinte, (CEEQUAL, 2012):

Categorias de Avaliação da Sustentabilidade na Construção	Enquadramento da categoria	Ponderações (%)
Gestão Ambiental de projecto	Envolve a necessidade de avaliação de riscos ambientais e exige uma gestão ambiental activa, formação, influência nos processos de aquisição (<i>procurement</i>) e contratuais, procura assegurar um bom desempenho ambiental, a minimização das emissões e considerações do ambiente humano.	12
Uso do solo	Envolve a necessidade de desenvolver o projecto de forma a minimizar a ocupação do solo, o cumprimento de requisitos legais, a avaliação de riscos de ocorrência de cheias, a identificação de utilizações prévias do local e a definição de medidas de remediação.	8,2

Categorias de Avaliação da Sustentabilidade na Construção	Enquadramento da categoria	Ponderações (%)
Paisagem	Envolve aspectos respeitantes à paisagem/territoriais no projecto, características das amenidades, características locais, perdas, mitigações e compensação de aspectos paisagísticos e implementação de medidas.	6,9
Ecologia e Biodiversidade	Envolve a avaliação de impactes em locais de elevado valor ecológico, o que inclui as espécies protegidas, a sua conservação e protecção, as medidas de criação de habitats, a sua monitorização e manutenção.	8,5
Arqueologia e Património Cultural	Envolve sondagens, medidas a serem tomadas para a identificação dos locais, disponibilização e o acesso de informação ao público.	6,2
Água	Envolve o controlo dos impactes do projecto sobre a protecção da água, o que inclui os requisitos legais, a minimização da utilização da água.	8,9
Energia	Envolve a análise energética do ciclo de vida, a utilização de energia, o desempenho energético local.	8,5
Uso dos Materiais	Envolve a minimização de impactes ambientais dos materiais utilizados e dos resíduos, a selecção de madeira, a utilização de materiais reutilizados e reciclados, a minimização do uso e dos impactes ambientais de materiais perigosos, a durabilidade, manutenção e futura demolição.	9,5
Resíduos	Envolve a formulação de um projecto para minimização da produção de resíduos, tendo em consideração os requisitos legais, os resíduos provenientes da preparação do local e a gestão dos resíduos.	8,7
Transporte	Envolve a localização do projecto face às infra-estruturas de transportes, a minimização do impacte do tráfego, os transportes na construção e a minimização das viagens dos trabalhadores	7,6

Categorias de Avaliação da Sustentabilidade na Construção	Enquadramento da categoria	Ponderações (%)
Perturbação da Vizinhança	Minimização das perturbações da vizinhança, considerando os requisitos legais, as perturbações provocadas pelo ruído e suas vibrações, a poluição do ar e os impactes visuais, incluindo a organização do local.	7,3
Relações com a Comunidade	Envolve a consulta da comunidade, através de programas de relacionamento com a comunidade e sua efectividade, envolvimento com grupos locais e "satisfação no uso".	7,7

Tabela 2.14 - Ponderações e categorias de avaliação do sistema CEEQUAL, (CEEQUAL, 2012)

A avaliação é elaborada por uma auto-avaliação de um perito classificado, que consiste no preenchimento de uma *checklist*. Para cada ponto de verificação, a cada uma das entidades dono de obra, projectista e empreiteiro é avaliada e verificada a pontuação adquirida.

Existem vários níveis de classificação que um projecto pode alcançar. Estes são (CEEQUAL, 2012):

Níveis de classificação	Pontos atribuídos
Certificado Excelente	>75%
Certificado Muito Bom	>60%
Certificado Bom	>40%
Certificado Pass	>25%

Tabela 2.15 - Classificação segundo o CEEQUAL

2.2.7. German Sustainable Building Council (DGNB)

O Conselho do Edifício Sustentável Alemão, *German Sustainable Building Council* (DGNB), é uma organização sem fins lucrativos fundada em 2007. Como outras organizações nacionais de construção o sistema de classificação é membro *do World Green Building Council*.

A DGNB considera-se a organização central alemã para a troca de informação académica e prática e de sensibilização do público para a construção sustentável. A DGNB tem por missão a evolução das construções sustentáveis e o desenvolvimento/emissão do Certificado Alemão para Construções Sustentáveis.

Os critérios da DGNB baseiam-se nas normas ISO e CEN, a certificação dos produtos de construção e DAP, com base na norma ISO 14025 (ISO 14025, 2006), No presente o sistema DGNB apresenta as seguintes versões, (DGNB, 2012):

- Novos edifícios de escritórios e administrativos;
- Novos edifícios comerciais;
- Novos edifícios industriais;
- Novos edifícios residenciais;
- Novos edifícios de hotelaria (hotéis);
- Construção de Edifícios Educacionais.

Este sistema é composto pelas categorias apresentadas na Tabela 2.16, (DGNB, 2012).

Categorias de Avaliação da Sustentabilidade na Construção	Enquadramento da categoria	Ponderações (%)
Qualidade Ecológica	Impactos ecológicos sobre o meio ambiente global e local da zona de construção do edifício, incluindo a engenharia de sistemas, a utilização de recursos renováveis, resíduos, água e uso da terra.	22,5
Qualidade económica	Custo do ciclo de vida e valores monetários.	22,5
Qualidade sócio-cultural e funcional	Saúde, garantia de conforto, satisfação do usuário, aspectos culturais, funcionalidade e qualidade do projecto.	22,5
Qualidade técnica	Protecção contra o fogo, protecção contra o ruído, qualidade do edifício e facilidade de manutenção.	22,5
Qualidade do Processo	Qualidade do planeamento, projecto, processo de construção, utilização do edifício, manutenção e qualidade das actividades de construção	10
Qualidade da Localização	Aspectos relacionados com os transportes, riscos e imagem do local	Avaliado de forma independente

Tabela 2.16 - Ponderações e categorias de avaliação do sistema DGNB

A avaliação é efectuada recorrendo a sessenta e três critérios distribuídos nas seis categorias apresentadas. Cada categoria é ponderada na pontuação total do edifício conforme a Tabela 2.16 indica.

Ao nível das ponderações, o sistema DGNB apresenta a mesma metodologia do BREEAM, pois aplica um máximo de dez pontos a cada critério. Após a atribuição dos pontos a cada critério e da ponderação assumida para cada categoria o edifício é classificado em três níveis:

Níveis de classificação	Pontos atribuídos
Ouro	>80%
Prata	>65%
Bronze	<50%

Tabela 2.17 - Classificação segundo o DGNB

2.2.8. Austrian Green Building Council (OGNI)

A Sociedade Austríaca para Imobiliário Sustentável (Ogni) é uma organização não-governamental e sem fins lucrativos, que tem como missão desenvolver métodos e soluções para o desenvolvimento sustentável, construção e gestão de edifícios na Áustria. Esta organização focaliza-se na certificação de edifícios sustentáveis atribuindo um selo de aprovação de acordo com os níveis de qualidade adquiridos.

A Ogni actua na Áustria sob a alçada da *Green World Building Council* (WorldGBC). A OGNI formou-se em Junho de 2009, em Stuttgart Consense [German Sustainable Building Council (DGNB)], onde assinaram um acordo de cooperação entre a OGNI e a DGNB. Foi acordado nomeadamente que a OGNI pode adaptar na Áustria o sistema de certificação dos edifícios utilizado na Alemanha.

Na implementação do sistema na Áustria manteve-se três ideias centrais:

- O estabelecimento de um sistema europeu de certificação dos edifícios.
- Um sistema de certificação "da indústria para a indústria."
- O uso de forças de mercado existentes.

O objectivo da construção sustentável, é a poupança e criação de ambientes económicos e sociais, que têm um impacto positivo sobre a saúde, bem-estar e o desempenho dos utilizadores (OGNI, 2012).

Uma das tarefas principais deste sistema é a emissão do certificado *Ogni* para edifícios sustentáveis. Estes edifícios serão concedidos como *eco-friendly*, funcionais e confortáveis. A base do sistema foi projectada sobre um prédio tipo "edifício de escritórios e administração". O sistema apresenta contudo outras variantes de avaliação da sustentabilidade no que respeita ao uso previsto para o edifício, sendo desenvolvidas as seguintes versões, (OGNI, 2012):

- Novos edifícios de escritórios e administrativos;
- Novos edifícios comerciais;
- Novos edifícios industriais;
- Novos edifícios residenciais;
- Novos edifícios de hotelaria (hotéis);
- Construção de Edifícios Educacionais.

A avaliação da qualidade e sustentabilidade dos edifícios é baseada no sistema DGNB, apresentando as mesmas categorias de avaliação. Ver Tabela 2.16 (anterior).

Deste modo o sistema apresenta os mesmos níveis de classificação do sistema DGNB:

Níveis de classificação	Pontos atribuídos
Ouro	>80%
Prata	>65%
Bronze	<50%

Tabela 2.18 - Classificação segundo o OGNI

2.2.9. Environmental Assessment and Classification System for Residential, Office and Retail Buildings in Finland (PROMISE)

O Promise é o sistema de Avaliação Ambiental e de Classificação da sustentabilidade de Edifícios da Finlândia. Este sistema está vocacionado para edifícios de escritórios, residenciais e comerciais. O sistema é subdividido em dois sistemas, (VTT, 2012 a):

- Sistema de avaliação e classificação para os edifícios existentes
- Sistema de avaliação e classificação para os edifícios novos.

Os dois sistemas são usados na avaliação do desempenho ambiental dos edifícios. Uma condição para a aplicação do sistema Promise a edifícios existentes é que o edifício em análise tenha sido já usado num período de 3 a 5 anos.

Estes sistemas foram desenvolvidos em cooperação com *Technical Research Centre of Finland* (VTT), composta por profissionais representantes de entidades da normalização e da construção (VTT, 2012 b).

O sistema Promise inclui quatro categorias principais:

- Saúde dos utilizadores;
- Consumo de recursos naturais;
- Cargas ambientais;
- Riscos ambientais.

O sistema usa uma classificação composta por cinco escalas. A escala do Promise está representada entre o nível E, que representa o nível normal de sustentabilidade, e o nível A, que representa o nível de excelência da sustentabilidade. Os indicadores e categorias do sistema foram ponderados de modo a que o resultado final seja expresso em termos de uma classe compreendidas num intervalo de E até A.

Níveis de classificação	Pontos atribuídos
A	>105
B	95 a 104.9
C	86 a 94,9
D	75 a 85.9
E	<75

Tabela 2.19 - Classificação segundo o PROMISE

No que respeita aos valores atribuídos às ponderações das categorias e seus indicadores, estes foram estabelecidos com o consenso das individualidades relevantes da sustentabilidade da construção da Finlândia (VTT, 2012 b).

Os Indicadores apresentados na Tabela 2.20 são divididos em quatro temas principais:

- Saúde;
- Uso dos recursos naturais;
- Efeitos ecológicos;
- Gestão de riscos ambientais.

A Tabela 2.20 apresenta as categorias e indicadores incluídos no sistema Promise. Nesta tabela também é possível aferir o peso das diferentes categorias e indicadores.

Indicadores	Valor ponderado do indicador		
	Escritórios	Habitações	Comércio
Saúde dos Utilizadores	25	25	20
Gestão do Clima interior	35	40	40
Requisitos e níveis de exigência	35	35	30
Qualidade da concepção	25	30	35
Qualidade da supervisão e documentação	20	20	15
Qualidade do contrato de manutenção	20	15	20
Qualidade do ar interior	30	30	30
Volume da ventilação	40	25	20
Pureza do ar de entrada	30	30	25
Emissões de COV dos materiais de acabamento	30	45	55
Gestão de danos devido á humidade	30	30	30
Qualidade da construção	40	30	25

Indicadores	Valor ponderado do indicador		
	Escritórios	Habitacões	Comércio
Qualidade do controlo da humidade	45	55	65
Qualidade do manual de manutenção do edifício	15	15	10
Iluminação	5	0	0
Intensidade e uniformidade	55	0	0
Prevenção de reflexos e brilhos	45	0	0
Consumo de recursos naturais	30	30	35
Consumo de energia	45	40	45
Estabelecimento de requisitos de consumo de energia	15	15	15
Aquecimento	25	40	25
Consumo de energia eléctrica	35	20	35
Gestão do consumo de energia	15	15	15
Qualidade da inspecção	10	10	10
Consumo de água	5	10	5
Qualidade da água do sistema	100	40	100
Monitorização do consumo de água	0	60	0
Uso do solo	10	10	10
Utilização de solo onde existia construçoes	55	55	55
Utilização de redes existentes	45	45	45
Consumo de materiais	20	20	20
Consumo de matéria-prima	70	55	70
Conteúdo reciclado dos materiais	30	20	30
Uso de espaços comuns	0	25	0
Ciclo de vida	20	20	20
Ciclo de vida da concepção	20	25	20
Nível de cuidado e detalhe do projecto	30	50	30
Nível de adaptabilidade	50	25	50
Cargas Ambientais	35	35	35
Emissões para a atmosfera	50	50	45
Impacto ambiental dos produtos de construção	25	25	25
Impacto ambiental da energia utilizada	75	75	75

Indicadores	Valor ponderado do indicador		
	Escritórios	Habitacões	Comércio
Resíduos	20	20	20
Qualidade da gestão de resíduos da construção	50	50	50
Qualidade da gestão de resíduos	50	50	50
Reutilização de água	0	5	0
Reaproveitamento da água da chuva	0	100	0
Biodiversidade	10	10	10
Impermeabilização do solo	30	30	30
Contaminação do solo	30	30	30
Valor da construção em função da natureza	30	30	30
Existência de espécies raras no local	10	10	10
Cargas ambientais do tráfego	20	15	25
Nível de serviços de transportes públicos	50	45	60
Vias para peões e bicicletas	35	25	30
Nível de outros serviços existentes	15	30	10
Riscos ambientais	10	10	10
Riscos ambientais do local de construção	35	35	35
Nível de pureza do estaleiro	100	100	100
Riscos ambientais do edifício	65	65	65
Riscos dos materiais de construção	40	40	25
Riscos de gases refrigerantes	0	0	25
Nível do risco ambiental de manutenção do edifício	30	30	25
Nível de gestão do risco de saúde do edifício	30	30	25

Tabela 2.20 - Peso das categorias e indicadores do sistema Promise, (VTT, 2012 a)

2.3. Sistema SBTool^{PT}-H

O SBTool é um sistema criado pela *International Initiative for a Sustainable Built Environment* (iiSBE) de forma a avaliar a sustentabilidade do edifício. A iiSBE é uma organização sem fundos lucrativos desenvolvendo actividade em vários países tendo como principal objectivo a promoção de práticas sustentáveis na indústria da construção. Esta organização está sediada

no Canadá tendo a sua delegação europeia sediada em Maastricht. As principais actividades desta organização passam por, (SBTool^{PT}-H, 2009):

- Coordenar o processo internacional *Sustainable Building Challenge*;
- Desenvolver um sistema de avaliação e reconhecimento da construção (SBTool);
- Organizar sessões técnicas;
- Manter e desenvolver a Base de Dados on-line SBIS;
- Suportar o Grupo de trabalho na área da educação para a sustentabilidade;
- Assessorar as delegações locais e organizações associadas.

A iiSBE em Portugal (iiSBE Portugal) para além dos objectivos e actividades atrás mencionados têm também como finalidade:

- Constituir um fórum nacional de discussão;
- Promover e difundir o conhecimento sobre a construção sustentável;
- Adaptar o SBTool à realidade nacional;
- Avaliar e certificar a sustentabilidade de edifícios;
- Formar avaliadores certificados em avaliação da construção sustentável.

Desta forma com o sistema SBTool^{PT}-H, é possível avaliar a sustentabilidade dos edifícios de acordo com a metodologia deste sistema SBTool.

O processo de avaliação da sustentabilidade e emissão de certificado, passa pelas seguintes fases, (SBTool^{PT}-H, 2009):

- Elaboração do projecto de sustentabilidade por um projectista credenciado pela iiSBE PT;
- Submissão do projecto à iiSBE PT;
- Verificação do cumprimento de todos os pontos de avaliação da metodologia;
- Após validação do cumprimento, o projecto é avaliado por um avaliador, qualificado pela iiSBE, o qual verifica a conformidade dos resultados obtidos na avaliação da sustentabilidade;
- Após este processo a iiSBE Portugal em conjunto com a iiSBE Internacional emitem o certificado de sustentabilidade do edifício.

O certificado emitido por este sistema classifica o nível de desempenho do edifício em termos de sustentabilidade da mesma forma que o certificado energético, já obrigatório nos electrodomésticos e habitações em Portugal. O nível desempenho está escalonado de E a A⁺, do menos eficiente ao mais eficiente.

O SBTool^{PT}-H apresenta as principais características, (SBTool^{PT}-H, 2009):

- Resposta à crescente necessidade de avaliar a sustentabilidade dos edifícios;

- Utiliza os mais recentes conhecimentos sobre a construção sustentável;
- Utiliza conceitos de construção sustentável aceites;
- Aplicável a edifícios novos e em reabilitação de existentes quer de habitação quer de serviços;
- Objectividade;
- Fácil utilização;

Este sistema foi criado com vista a uma utilização fácil e objectiva de modo a facilitar a implementação da certificação da sustentabilidade de edifícios em Portugal. Deste modo, o SBTool^{PT}-H apresenta as seguintes potencialidades, (SBTool^{PT}-H, 2009):

- Sistema voluntario, face a inexistência de requisitos legais em Portugal que obriguem a certificação da sustentabilidade e defina qual ou quais as ferramentas certificadas;
- Baseado no SBTool internacional;
- É um sistema aberto;
- Adaptado ao contexto nacional e aceite por uma organização internacional;
- Promoção de práticas de projecto e da construção mais sustentáveis;
- Implementação prática de esquemas de incentivos públicos e privados à construção sustentável;

A criação deste sistema de avaliação da sustentabilidade, o SBTool^{PT}-H, assentou nas seguintes prioridades, (SBTool^{PT}-H, 2009):

- Optimizar a lista de indicadores. A longa lista de indicadores de alguns sistemas tem vindo a dificultar a aplicação destas ferramentas, assim limitou-se os indicadores de modo a considerar os impactes mais importantes ao nível dos edifícios;
- Considerar as diferentes dimensões do desenvolvimento sustentável;
- Baseado no actual estado de arte;
- Apresentar um módulo específico para cada tipo de edifício;
- Aumentar a fiabilidade dos resultados obtidos na avaliação do desempenho ambiental dos edifícios;
- Desenvolver um guia de avaliação;
- Criar um certificado de sustentabilidade;
- Validar o sistema.

Como todas os sistemas de avaliação da sustentabilidade o SBTool^{PT}-H também tem as suas fronteiras físicas estas são, (SBTool^{PT}-H, 2009):

- Material de construção;
- Elemento construído;
- Edifício;
- Conjunto de edifícios;
- Pequena área urbana;

- Cidade;
- Região.

O SBTool^{PT}-H está orientado para a escala do edifício ou ao conjunto dos mesmos, sendo esta a sua principal característica, uma vez que o objectivo da avaliação é a construção de edifícios mais sustentáveis. Contudo, também são contemplados aspectos que poderão influenciar a qualidade de vida dos ocupantes e os impactes ambientais durante a fase de utilização do edifício como por exemplo, existência de transportes públicos e a proximidade a amenidades (parques infantis, igrejas, comércio etc.). Esta fronteira física está em conformidade com CEN/TC350, nomeadamente com a norma prEN15643-2. Na avaliação excluem-se os impactes de equipamentos que não estão relacionados directamente com edifício como por exemplo os electrodomésticos. No entanto, estão incluídos os sistemas de climatização, aquecimento das águas sanitárias e de ventilação, conforme a norma prEN 15643-2.

No que respeita à fronteira do período de tempo está incluído a totalidade das fases do ciclo de vida de um edifício novo ou reabilitado. No caso do edifício novo são consideradas todas as fases do ciclo de vida do edifício, desde a extracção das matérias-primas para produção dos materiais até ao final de vida útil do edifício, onde aqui se inclui o transporte de resíduos até ao local de tratamento. No que respeita à reabilitação de um edifício, o período de tempo considerado começa na extracção das matérias-primas para a produção de materiais utilizados e finaliza com a vida útil do edifício. Caso os períodos referentes à vida útil não estejam estabelecidos em projecto, o SBTool^{PT}-H considera 50 anos estando de acordo com o estipulado nos eurocódigos estruturais para os edifícios.

O SBTool^{PT}-H é um sistema desenvolvido a partir do antigo GBTool, sistema resultante de um consórcio internacional entre vários países. Como referido anteriormente, esta ferramenta está de acordo com as normas internacionais ISO e com as normas desenvolvidas pelo Comité Técnico CEN/TC 350, (SBTool^{PT}-H, 2009).

O SBTool^{PT}-H é então implementado nas considera as três dimensões do desenvolvimento sustentável: Ambiental, Social e Económica, nove categorias e vinte e cinco parâmetros, conforme se apresenta na Tabelas 2.21, 2.22 e 2.23.

Na elaboração deste sistema foram eliminados os indicadores que não são aplicáveis a edifícios de habitação, como a produção e deposição de resíduos radioactivos e o suporte à economia local, sendo incluídos outros indicadores de modo a adaptar a metodologia à realidade nacional. O SBTool^{PT}-H inclui 24 indicadores de sustentabilidade e a sua avaliação assenta em 25 parâmetros. Os indicadores estão agrupados em 9 categorias, que agrupam o desempenho do edifício ao nível dos aspectos chave do desenvolvimento sustentável, (SBTool^{PT}-H, 2009).

A Tabela 2.21 apresenta as categorias, os parâmetros e os indicadores que o SBTool^{PT}-H considera na dimensão Ambiental.

Categoria	Parâmetros	Indicadores
C1 - Alterações climáticas e qualidade do ar exterior	P1 - Valor agregado das categorias de impacte ambiental de ciclo de vida do edifício por m ² de área útil de pavimento e por ano	Impacte ambiental associado ao ciclo de vida dos edifícios
C2 - Uso do solo e Biodiversidade	P2 - Percentagem utilizada do índice de utilização líquido disponível	Densidade urbana
	P3 - Índice de impermeabilização	
	P4 - Percentagem da área de intervenção previamente contaminada ou edificada	Reutilização de solo previamente edificado ou contaminado
	P5 - Percentagem de áreas verdes ocupadas por plantas autóctones	Uso de plantas autóctones
C3 - Eficiência energética	P6 - Percentagem de área em planta com reflectância igual ou superior a 60%	Efeito ilha calor
	P7 - Consumo de energia primária não renovável na fase de utilização	Energia primária não renovável
C4 - Materiais e resíduos sólidos	P8 - Quantidade de energia que é produzida no edifício através de fontes renováveis.	Energia produzida localmente a partir de fontes renováveis
	P9 - Percentagem em custo de materiais reutilizados	Reutilização de materiais
	P10 - Percentagem em peso do conteúdo reciclado do edifício	Utilização de materiais reciclados
	P11 - Percentagem em custo de produtos de base orgânica que são certificados	Recurso a materiais certificados
	P12 - Percentagem em massa de materiais substitutos do cimento no betão	Uso de substitutos de cimento no betão
C5 - Água	P13 - Potencial das condições do edifício para a promoção da separação de resíduos sólidos	Condições de armazenamento de resíduos sólidos durante a fase de utilização do edifício
	P14 - Volume anual de água consumido per capita no interior do edifício	Consumo de água

Categoria	Parâmetros	Indicadores
C5 - Água	P15 - Percentagem de redução do consumo de água potável	Reutilização de água não potável

Tabela 2.21 - Categorias, Parâmetros e Indicadores que constituem a dimensão Ambiental, (SBTool^{PT}-H, 2009)

A Tabela 2.22 apresenta as categorias, parâmetros e indicadores da Dimensão Social:

Categoria	Parâmetros	Indicadores
C6 - Conforto e Saúde dos utilizadores	P16 - Potencial de ventilação natural	Eficiência da ventilação natural em espaços interiores
	P17 - Percentagem em peso de materiais de acabamento com baixo conteúdo de COV	Toxicidade dos materiais de acabamento
	P18 - Nível de conforto térmico médio anual	Conforto térmico
	P19 - Média do Factor de luz do dia médio	Conforto visual
	P20 - Nível médio de isolamento acústico	Conforto acústico
C7 - Acessibilidades	P21 - Índice de acessibilidade a transportes públicos	Acessibilidades a transportes públicos
	P22 - Índice de acessibilidades a amenidades	Acessibilidades a amenidades
C8 - Sensibilização e educação para a sustentabilidade	P23 - Disponibilidade e conteúdo do Manual de Utilizador do Edifício	Formação dos ocupantes

Tabela 2.22 - Categorias, Parâmetros e Indicadores da dimensão Social, (SBTool^{PT}-H, 2009)

A Tabela 2.23 apresenta as categorias, parâmetros e indicadores da dimensão Económica:

Categoria	Parâmetros	Indicadores
C9 - Custos de Ciclo de Vida	P24 - Valor do custo do investimento inicial por m ² de área útil	Custo de investimento inicial
	P25 - Valor actual dos custos de utilização por m ² de área útil	Custos de utilização

Tabela 2.23 - Categorias, Parâmetros e Indicadores da dimensão Económica, (SBTool^{PT}-H, 2009)

Estão assim apresentadas as dimensões, as categorias e os parâmetros que constituem a base de avaliação do SBTool^{PT}-H. O processo de avaliação deste sistema é implementado em três fases, que se passam a descrever do seguinte modo:

- 1ª Fase - Quantificação do desempenho ao nível de cada indicador;

- 2ª Fase - Quantificação do desempenho ao nível das categorias, dimensões do desenvolvimento sustentável e quantificação do nível de sustentabilidade;
- 3ª Fase - Preenchimento do certificado de sustentabilidade.

No SBTool^{PT}-H um dos pontos-chave é a normalização dos parâmetros, que se baseia na Equação 2.1. É ainda de notar que, os valores resultantes desta normalização devem estar compreendidos entre os -0.2 e os 1.20, caso não estejam, deverá ser tomado o valor máximo ou mínimo deste intervalo, (SBTool^{PT}-H, 2009).

O processo de Normalização é efectuado pela seguinte equação [2.1] de Diaz Balteiro.

$$Pni = \left[\frac{Pi - P^*i}{Pi^* - P^*i} \right] \times V \quad (2.1)$$

Em que:

- Pni - é o valor da normalização do parâmetro i;
- Pi - é o valor resultante da quantificação;
- Pi* - é o *benchmark* do parâmetro i correspondente à melhor prática;
- P*i - é o *benchmark* do parâmetro i correspondente à prática convencional.

A normalização tem como objectivo evitar os efeitos de escala na agregação dos parâmetros e resolver o problema de alguns parâmetros serem do tipo “maior é melhor” e outros do tipo “menor é melhor”. Também desta forma os valores dos parâmetros tornam-se adimensionais, estabelecendo valores compreendidos entre a melhor prática e a de referência.

Posteriormente é classificado o desempenho de cada parâmetro através da escala já referida:


Níveis de classificação	Valor normalizado	Símbolo de certificação
A ⁺	P > 1,00	
A	0,70 < P ≤ 1,00	
B	0,40 < P ≤ 0,70	
C	0,10 < P ≤ 0,40	
D	0,00 < P ≤ 0,10	
E	0,00 < P	

Tabela 2.24 - Classificação segundo o SBTool^{PT}-H, (SBTool^{PT}-H, 2009)

No final da verificação de cada parâmetro é feita uma agregação dos mesmos de modo a sintetizar, num único valor, o desempenho da solução em cada uma das categorias e dimensão

(Equação 2.2). Para o valor global de desempenho sustentável, é atribuído uma classificação ao edifício de acordo com a escala apresentada na Tabela 2.24, (SBTool^{PT}-H, 2009).

A metodologia da agregação rege-se pela seguinte equação de Diaz-Balteiro:

$I_j = \sum [w_i \times P_i]$	(2.2)
-------------------------------	-------

Em que:

- I_j - Média do peso dos parâmetros normalizados;
- W_i - Peso do parâmetro “i”;
- P_i - Valor normalizado do parâmetro “i”.

A utilização da Equação 2.2 converte os valores numa escala adimensional, entre -0,2 e 1,2. Neste intervalo o valor 0 corresponde à prática convencional e o valor 1 à melhor prática.

Desta forma, pode-se definir a prática convencional como o valor correspondente ao nível mínimo aceitável, abaixo do qual não se pode considerar um edifício sustentável. A melhor prática corresponde ao valor do trabalho produzido por projectistas que já apresentam algum conhecimento no domínio da construção sustentável ou ao nível ambicionado pelas políticas e normas existentes.

2.3.1. Quantificação do desempenho ao nível das categorias, dimensões e quantificação do nível de sustentabilidade:

a) Agregação

A agregação para a obtenção de macro indicadores de sustentabilidade é realizada em três níveis, (SBTool^{PT}-H, 2009):

- Categorias - Os indicadores são combinados de modo a reduzir o desempenho do edifício em 9 categorias conforme apresentado na Tabela 2.21, 2.22 e 2.23.
- Dimensão do desenvolvimento sustentável - Este segundo nível de agregação consiste na agregação dos resultados obtidos nas categorias de modo a quantificar três macro indicadores (Dimensão Ambiental, Dimensão Social e Dimensão Económica), cada Dimensão é composta por um grupo de categorias conforme descrito na Tabela 2.21, 2.22 e 2.23.
- Desempenho global - Depois de analisado e avaliado cada desempenho ao nível das Dimensões é sintetizado num único valor o desempenho global do edifício. No entanto devido à possível compensação que poderá haver nos diversos processos de agregação, este valor não é apresentado individualmente na comunicação de sustentabilidade do edifício. Assim na comunicação dos resultados da avaliação através da metodologia

SBTool^{PT}-H, o desempenho global é sempre acompanhado pelos outros dois grupos de macro indicadores.

Para os processos de agregação é utilizada a seguinte equação:

$I_j = \sum [w_i \times l_i]$	(2.3)
-------------------------------	-------

Onde:

- I_j - Corresponde ao valor de macro indicador e resulta da ponderação de cada indicador, categoria ou dimensão com o respectivo peso.
- W_i - Corresponde ao peso do indicador, categoria ou dimensão na avaliação da sustentabilidade.
- l_i - Corresponde ao valor obtido em cada indicador, categoria ou dimensão.

b) Sistema de pesos

A criação do sistema de pesos do SBTool^{PT}-H teve em consideração os seguintes pontos:

- O sistema de pesos de outras ferramentas de avaliação da sustentabilidade;
- O actual estado de conhecimento no que respeita à importância de cada categoria de impacte ambiental na quantificação do desempenho ambiental;
- A opinião de diversos intervenientes no ciclo de vida dos edifícios

Na Tabela 2.25 são apresentados os pesos que se atribuem a cada dimensão do desenvolvimento sustentável, aquando da quantificação da sustentabilidade do edifício. Estes pesos têm por base a importância das questões ambientais para a sobrevivência das gerações futuras.

Dimensão	ID	Peso(%)
Ambiental	DA	40
Social	DS	30
Económica	DE	30

Tabela 2.25 -Peso de cada dimensão do SBTool^{LPT}-H, (SBTool^{PT}-H, 2009)

Os pesos arbitrados para os parâmetros ambientais tiveram como base o estudo realizado pela agência Norte-Americana para a Protecção Ambiental - EPA. Neste estudo foi analisada a importância relativa de doze categorias de impacte ambiental como mostra a Tabela 2.26:

ID	Categoria de impacte ambiental	Pesos(%)
GWP	Potencial de Aquecimento Global	16
AP	Potencial de acidificação	5
EP	Potencial de Eutrofização	5
FFDP	Potencial de esgotamento das reservas de combustíveis fósseis	5
IAQ	Qualidade do ar interior	11
HA	Alteração dos Habitats	16
WI	Consumo de água	3
CAP	Poluição da Atmosfera	6
POCP	Potencial de oxidação fotoquímica	6
ODP	Potencial da destruição da camada de ozono	5
ET	Toxicidade Ecológica	11
HT	Toxicidade para o ser humano	11

Tabela 2.26 - Categorias de impacto ambiental abrangidas pelo SBToolPT-H, (SBTool^{PT}-H, 2009)

Os pesos adoptados para os parâmetros e categorias da metodologia SBTool^{PT}-H são apresentados na Tabela 2.27, tendo como base o seguinte:

- Ambientais: tiveram como base a importância relativa definida pela EPA;
- Sociais: tiveram como base o estudo aprofundado do peso de cada parâmetro da categoria de conforto e saúde dos utilizadores. Foi desenvolvida e aplicada uma metodologia baseada em avaliações experimentais e subjectivas;
- Económicos: devido à procura e objectivos dos donos de obra/promotores e utilizadores/locatários foi distribuído equitativamente o peso da dimensão económica pelos dois parâmetros económicos.

Dimensão	Categoria	Parâmetros	Peso do Parâmetro (%)	Peso da categoria (%)
DA	C1 - Alterações Climáticas e qualidade do ar exterior	P1- valor agregado das categorias de impacte ambiental de ciclo de vida útil de pavimento e por ano	13	13
		P2 - Percentagem utilizada do índice de utilização líquido	8	20
	P3- Índice de impermeabilização	1		
	P4 - Percentagem da área de intervenção previamente utilizada	3		
	C2 - Uso do solo e biodiversidade			

Dimensão	Categoria	Parâmetros	Peso do Parâmetro (%)	Peso da categoria (%)
DA	C2 - Uso do solo e biodiversidade	P5 - Percentagem de áreas verdes ocupadas por plantas	4	20
		P6 - Percentagem de área em planta com reflectância igual ou superior a 60%	4	
	C3 - Energia	P7 - Consumo de energia não renovável na fase de construção	16	32
		P8 - Quantidade de energia que é produzida pelo edifício através de fontes não renováveis	16	
	C4 - Materiais e Resíduos	P9 - Percentagem em custo de materiais reutilizados	9	29
		P10 - Percentagem em peso do conteúdo reciclado	9	
		P11 - Percentagem em custo de produtos de base orgânica que são certificados	7	
		P12 - Percentagem em massa de materiais substitutos do cimento no betão	3	
		P13 - Potencial das condições do edifício para a promoção da separação de resíduos sólidos	1	
	C5 - Água	P14 - Volume anual de água consumida per-capita	3	6
		P15 - Percentagem de redução do consumo de água	3	
DS	C6 - Conforto e saúde dos utilizadores	P16 - Potencial de ventilação natural	7	60

Dimensão	Categoria	Parâmetros	Peso do Parâmetro (%)	Peso da categoria (%)
DS	C6 - Conforto e saúde dos utilizadores	P17 - Percentagem em peso de materiais de acabamento com baixo conteúdo COV	7	60
		P18 - nível de conforto térmico médio anual	19	
		P19 - Media do Factor de Luz do Dia Médio	15	
		P20 - Nível médio de isolamento acústico	12	
	C7 - Acessibilidades	P21 - Índice de acessibilidades a transportes públicos	17	30
		P22 - Índice de acessibilidades a amenidades	13	
	C8 - Sensibilização e educação para a sustentabilidade	P23 - Disponibilidade e conteúdo do manual do utilizador do edifício	10	10
DE	C9 - Custos de ciclo de vida	P24 - Valor do custo de investimento inicial por m ² de área útil de pavimento	50	100
		P25 - Valor actual dos custos de utilização inicial por m ² de área útil de pavimento	50	

Tabela 2.27 - Tabela resumo dos pesos de cada parâmetro e categoria do SBTool^{PT}-H, [SBTool^{PT}-H, 2009].

A avaliação dos parâmetros é efectuada de acordo com metodologia expressa no guia de avaliação do SBTool^{PT}-H (SBTool^{PT}-H, 2009).

2.4. Análise comparativa dos sistemas de avaliação da sustentabilidade apresentados.

Apresentados os principais sistemas de avaliação da sustentabilidade, a Tabela 2.28 resume as suas características, de modo a comparar diferença entre os diversos sistemas de avaliação da sustentabilidade apresentados. Na elaboração da tabela comparativa 2.28 teve-se em consideração as versões, categorias da sustentabilidade abrangidas, tipo de avaliação e número de níveis de avaliação dos diversos sistemas de avaliação da sustentabilidade.

Sistema	Versão	Categorias da sustentabilidade abrangidas	Tipo de avaliação	Número de níveis de avaliação
BREEAM	Ecohomes	Gestão	Ponderações	6
	Multi-Residencial	Saúde e bem-estar		
	Offices	Energia		
	Industrial	Transportes		
	Retail	Água		
	Courts	Materiais		
	Healthcare	Resíduos		
	Education	Ocupação do solo e ecologia local		
	Prisons	Poluição		
	Bespoke	Inovação		
LEED	LEED-NC	Localização Sustentável	Pontos	4
	LEED Lodging	Eficiência da Água		
	LEED-EB	Energia e Atmosfera		
	LEED-CI	Materiais e Recursos		
	LEED-CS	Qualidade Ambiental Interna		
	LEED-H	Inovação e Processo de Design		
	LEED-ND	Prioridade Regional		
	LEED-S			
	LEED-HC			
	LEED-R			
LIDERA	LIDERA 2.0	Localização e integração	Ponderações	9
		Recursos		
		Cargas ambientais		
		Ambiente interior		
		Durabilidade e acessibilidade		
		Gestão ambiental e inovação		
HQE	HQE	Relação do edifício com a sua envolvente	Créditos	3
		Escolha integrada dos produtos, sistemas e processos construtivos		
		Estaleiro de obras com baixo impacto ambiental		

Sistema	Versão	Categorias da sustentabilidade abrangidas	Tipo de avaliação	Número de níveis de avaliação
HQE	HQE	Gestão da energia	Créditos	3
		Gestão da água		
		Gestão dos resíduos		
		Gestão da manutenção		
		Conforto higratérmico		
		Conforto acústico		
		Conforto visual		
		Conforto olfactivo		
		Qualidade sanitária dos ambientes		
		Qualidade sanitária do ar		
		Qualidade sanitária da água		
CASBEE	New Construction	Ambiente interior	Ponderações	5
	Home	Qualidade dos serviços		
	Urban Development	Ambiente externo dentro do lote do edifício		
	Urban Area + Buildings	Energia		
	Cities	Recursos e materiais		
	Market Promotion	Ambiente externo fora do lote do edifício		
	Property Appraisal			
	Existing Building			
	Renovation			
CEEQUAL	CEEQUAL V4.0	Gestão Ambiental de projecto	Ponderações	4
		Uso do solo		
		Paisagem		
		Ecologia e Biodiversidade		
		Arqueologia e Património Cultural		
		Água		
		Energia		
		Uso dos Materiais		
		Resíduos		
		Transporte		

Sistema	Versão	Categorias da sustentabilidade abrangidas	Tipo de avaliação	Número de níveis de avaliação
CEEQUAL	CEEQUAL V4.0	Perturbação da Vizinhança	Ponderações	4
		Relações com a Comunidade		
DGNB	Novos edifícios de escritórios e administrativos	Qualidade Ecológica	Ponderações	3
	Novos edifícios comerciais	Qualidade económica		
	Novos edifícios industriais	Qualidade sócio-cultural e funcional		
	Novos edifícios residenciais	Qualidade técnica		
	Novos edifícios de hotelaria	Qualidade do Processo		
	Construção de Edifícios Educacionais	Qualidade da Localização		
OGNI	Novos edifícios de escritórios e administrativos	Qualidade Ecológica	Ponderações	3
	Novos edifícios comerciais	Qualidade económica		
	Novos edifícios industriais	Qualidade sócio-cultural e funcional		
	Novos edifícios residenciais	Qualidade técnica		
	Novos edifícios de hotelaria	Qualidade do Processo		
	Construção de Edifícios Educacionais	Qualidade da Localização		
PROMISE	Edifícios novos	Saúde	Ponderações	5
	Edifícios existentes	Uso dos recursos naturais		
		Efeitos ecológicos		
		Gestão de riscos ambientais		
SBTool ^{PT} -H	SBTool ^{PT} -H V2009/2	Alterações climáticas e qualidade do ar exterior	Ponderações	6

Sistema	Versão	Categorias da sustentabilidade abrangidas	Tipo de avaliação	Número de níveis de avaliação
SBTool ^{PT} -H	SBTool ^{PT} -H V2009/2	Uso do solo e Biodiversidade	Ponderações	6
		Eficiência energética		
		Materiais e resíduos sólidos		
		Água		
		Conforto e Saúde dos utilizadores		
		Acessibilidades		
		Sensibilização e educação para a sustentabilidade		
		Custos de Ciclo de Vida		

Tabela 2.28 - Tabela resumo dos sistemas de avaliação da sustentabilidade

Desta forma as diferentes metodologias de avaliação da sustentabilidade integram directa ou indirectamente os seguintes aspectos:

- Consumo de energia não renovável;
- Consumo de água;
- Uso do solo;
- Consumo de materiais;
- Emissão de gases de efeito de estufa;
- Emissão de outras emissões atmosféricas;
- Impactes na ecologia local;
- Resíduos sólidos e efluentes líquidos;
- Qualidade do ar interior, iluminação e qualidade acústica;
- Durabilidade, adaptabilidade e flexibilidade;
- Operação e manutenção.

2.5. Ferramentas de simulação de comportamento energético

Tem-se verificado nos últimos anos em Portugal uma maior preocupação pelo conforto térmico, este facto teve como consequência um aumento dos consumos de energia devidos às necessidades de aquecimento e de arrefecimento. Esta preocupação foi mais notória após a publicação do Decreto-lei 80/2006, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE, 2006), devido ao facto deste obrigar a diversas alterações significativas no edifício.

Esta tendência com a preocupação ao nível do conforto térmico e de gastos associados a esta vertente tem sido intensificada, estando já em vista a publicação em diário da república uma revisão a este decreto-lei de modo a colmatar algumas falhas do Decreto-lei 80/2006,

(RCCTE, 2006) e de forma a obrigar a implementação de medidas mais eficazes que minimizem o consumo energético dos edifícios.

Torna-se assim necessária a introdução de tecnologias e metodologias que melhorem o conforto térmico nos edifícios e minimizem os gastos energéticos. Deste modo também se reduzem as emissões de gases poluidores para a atmosfera e o consumo de matérias-primas não renováveis.

A aplicação de ferramentas de avaliação das necessidades de aquecimento e arrefecimento dos edifícios; de novas metodologias de análise dos edifícios e do ambiente construído nas cidades; a introdução de sistemas solares passivos, activos e medidas de eficiência energética, são algumas medidas a implementar de modo a otimizar a energia consumida nos edifícios.

Após revisto o quadro legal de apoio à implementação de medidas de controlo dos consumos energéticos, é importante dotar os profissionais do sector, com ferramentas que lhes permitam avaliar as consequências das suas opções a nível construtivo, no comportamento térmico dos edifícios. A melhor forma de realçar este comportamento é utilizando ferramentas de estudo térmico, que permitem realizar as correcções necessárias e simultaneamente, efectuar uma análise custo/benefício no que se refere a avaliação térmica dos edifícios.

Também é importante que haja a consideração da eficiência energética nas obras de remodelação ou alteração dos edifícios, aproveitando esta fase para efectuar correcções energéticas fundamentais.

Para a avaliação do desempenho energético, o mais correcto será utilizar ferramentas de simulação que permitam identificar as soluções construtivas mais eficientes e adequadas a determinadas situações específicas, que reduzam o consumo de energia e que da mesma forma façam a correlação custo/benefício não só a nível de implementação mas também ao longo da vida útil. Assim através do recurso a uma ferramenta de simulação térmica será possível efectuar várias comparações entre soluções e estratégias construtivas que verifiquem a influência dos diversos elementos relacionados quer com a envolvente quer com a localização dos edifícios.

Na actualidade as ferramentas de simulação térmica existentes permitem a avaliação da evolução das condições térmicas num dado espaço. Estas ferramentas têm vindo a ser desenvolvidas de modo a criar uma melhor interface entre o utilizador e programa ferramenta. Não precisamos de recuar muito no tempo em que uma ferramenta de simulação térmica, apenas era executado recorrendo a potentes computadores e os técnicos que o faziam tinham formação especializada só para essa ferramenta, com a evolução deste tipo de programas tornou-se mais fácil e rápida a simulação térmica de um edifício.

Algumas das ferramentas actuais de simulação do comportamento térmico encontram-se apresentadas na Tabela 2.29, (Cartas, 2011):

Ferramentas de simulação do comportamento térmico	País de origem	Ano
Energy Plus	EUA	2001
Design Builder	Inglaterra	2005
TRaNsient SYstem Simulation Tool (TRNSYS)	EUA	1990
Trane Air Conditioning Economics (TRACE)	EUA	1972

Tabela 2.29 - Ferramentas de simulação do comportamento térmico

Estas Ferramentas estão de acordo com a norma ANSI/ASHRAE - Standard 140-2004 (ANSI 140, 2004) que teve como antecessora a ANSI/ASHRAE - Standard 140-2001, (ANSI 140, 2001). A norma ANSI/ASHRAE - Standard 140-2004, utiliza a metodologia *Building Energy Simulation Test*, (BESTEST). Esta metodologia resultou de um projecto desenvolvido pela *International Energy Agency* (IEA) cujo objectivo era desenvolver um procedimento de verificação analítica, empírica e de comparação entre as ferramentas de simulação dinâmica, tendo como objectivo desenvolver um procedimento de verificação analítica, empírica e de comparação entre ferramentas de simulação dinâmica.

A *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) implementou um programa rigoroso de testes e validação dos resultados obtidos pelas diversas ferramentas, de modo a avaliar a precisão de cada uma delas, identificando diferenças nos resultados obtidos com os algoritmos envolvidos, limitações e erros de código (BESTEST).

Segundo a Agência para a Energia (ADENE), a simulação dinâmica exigida pelo Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), Decreto-Lei 79/2006, (RSECE, 2006) deve ser efectuada por um programa reconhecido pela ANSI/ASHRAE - Standard 140-2004 (ANSI 140, 2004).

Em seguida são apresentadas as principais ferramentas aprovadas pela ANSI/ASHRAE - Standard 140-2004, (ANSI 140, 2004).

2.5.1. Energy Plus

O Energy Plus é uma ferramenta de simulação do comportamento energético de edifícios, desenvolvida pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos da América (*U.S. Department of Energy*). A primeira versão da ferramenta V1.0 foi lançada em 2001, encontrando-se actualmente na versão 7.1. A última versão do Energy Plus está disponível para uso gratuito podendo ser descarregada no site da secção Eficiência Energética e Energias Renováveis do Departamento de Energia dos Estados Unidos da América (Software, EnergyPlus).

Esta ferramenta resulta da combinação das potencialidades de dois programas desenvolvidos e utilizados no início dos anos 90, o BLAST e DOE-2. Estes dois programas,

precedentes do Energy Plus, foram objecto de vários estudos no desenvolvimento *do Building Energy Simulation Test* da Agência Internacional de Energia.

O Energy Plus relaciona vários módulos de simulação que em conjunto permitem realizar a estimativa das necessidades energéticas do edifício. A simulação incorpora fenómenos de balanço calorífico dos elementos constituintes do edifício e dos sistemas energéticos quando expostos a diferentes meios ambientes e condições de funcionamento, (BRAHME *et al*, 2009).

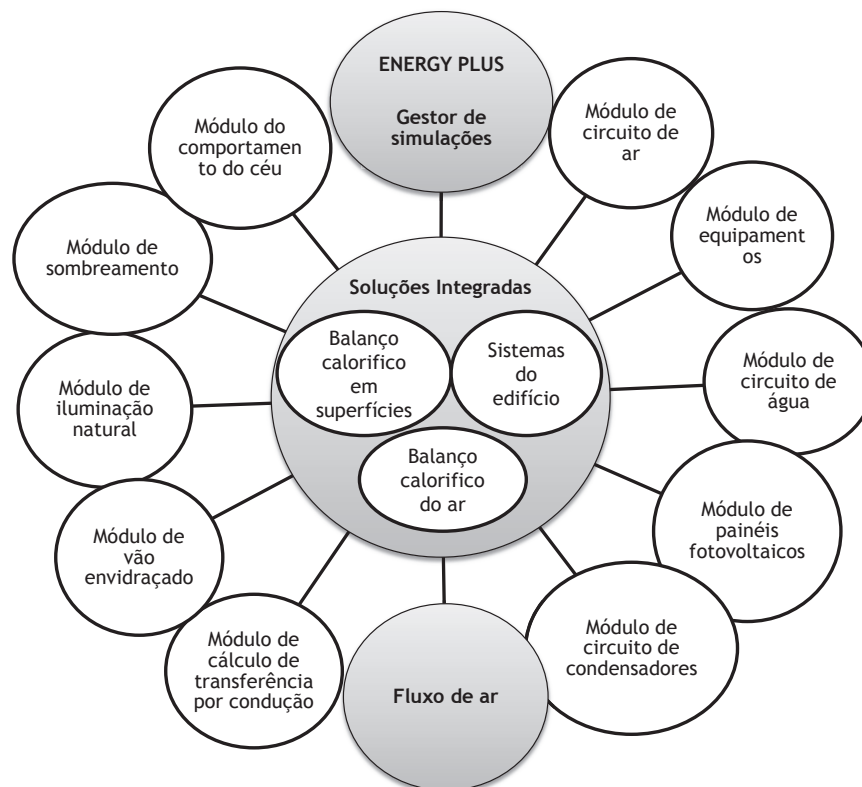


Figura 2.11 - Estrutura do Energy Plus, adaptada de (BRAHME *et al*, 2009)

Esta ferramenta é baseada na introdução de dados associados à geometria do edifício, às soluções construtivas e aos sistemas mecânicos nele existentes. Esta ferramenta estima as necessidades de aquecimento e arrefecimento de modo a atingir o conforto térmico, tendo sempre em conta o consumo de energia dos equipamentos de aquecimento e arrefecimento, de modo a avaliar a eficácia energética do edifício em estudo.

Esta ferramenta utiliza uma abordagem dinâmica no fenómeno de transferência de energia entre o edifício e o meio exterior. Esta abordagem rege-se ao estudo do comportamento da envolvente exterior, no que respeita à interacção das trocas energéticas entre o interior do edifício e o exterior dependendo da situação em que este se encontra (verão ou inverno).

O Energy Plus utiliza ficheiros climáticos referentes a cada zona territorial, com a definição detalhada de parâmetros relacionados com o comportamento do meio ambiente local. De entre os parâmetros utilizados pode-se destacar: a temperatura exterior; a humidade; a radiação e a orientação solar, (BRAHME *et al*, 2009).

A ferramenta possui para Portugal uma base de ficheiros climáticos, nomeadamente para as regiões de Bragança, Coimbra, Évora, Faro, Lisboa e Porto, Funchal e Lajes. Alguns destes ficheiros climáticos foram cedidos pelo antigo Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação (INETI), agora designado por Laboratório Nacional de Engenharia e Geologia (LNEG). Os ficheiros climáticos das localidades portuguesas não fornecidos pelo INETI foram elaborados com base em resultados da investigação realizada pela *International Weather for Energy Calculations* (IWE).

2.5.2. Design Builder

O Design Builder é um interface gráfico para o programa de simulação térmica dinâmica EnergyPlus. A obrigação do cumprimento do Regulamento dos Sistema Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE, 2006), veio tornar obrigatória a simulação dinâmica detalhada para grandes edifícios de serviços, devendo ser utilizado uma das ferramentas acreditadas pela norma ANSI/ASHRAE - Standard 140-2004, (ANSI 140, 2004), entre as quais o EnergyPlus, como referenciado anteriormente.

O Design Builder, é uma ferramenta utilizada cada vez mais por projectistas, permitindo elaborar um modelo do edifício em três dimensões, de modo a caracterizá-lo, estruturalmente, a nível dos seus sistemas energéticos, e a realizar simulações para a determinação de consumos energéticos e de potências de climatização. Após esta simulação torna-se possível testar estratégias de optimização energética. Desta forma é também possível fazer previsões de benefício/custo com o objectivo de ponderar a melhor solução energética para o edifício em estudo, (DesignBuilder, 2012). Esta ferramenta é de fácil utilização e possibilita a criação de modelos de estudo mais pormenorizados em termos de arquitectura. Através da ferramenta podemos:

- Aferir dados do comportamento físico e ambiental do edifício;
- Obter dados energéticos concretos de funcionamento do edifício;
- Obter edifícios energeticamente eficientes.

Como principais características a ferramenta oferece uma plataforma de modelação de edifícios em três dimensões. A ferramenta não apresenta limitações de geometrias tridimensionais e estão também disponíveis elementos que fornecem detalhes realísticos como por exemplo:

- Espessuras de paredes, janelas e lajes;
- Implementação de caixilhos e molduras de janelas;
- A visualização das áreas e volumes que definem o edifício;
- As características das construções;
- As actividades e ocupações do edifício;
- Os sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado (AVAC);
- A iluminação.

O utilizador pode construir as suas próprias predefinições, consoante as necessidades de cada projecto a analisar.

2.5.3. TRNSYS

O *TRAnsient SYstem Simulation Tool* (TRNYSYS) é uma ferramenta de simulação energética de sistemas transitórios, desenvolvido pelo Laboratório de Energia Solar da Universidade de Wisconsin-Madison, dos Estados Unidos da América (*Solar Energy Laboratory SEL, Univ. of Wisconsin-Madison*).

A ferramenta tem sido desenvolvida com o apoio de algumas empresas de engenharia especializadas na análise do comportamento térmico de edifícios, como a *TRANSSOLAR Energietechnik GmbH* e a *TESS - Thermal Energy Systems Specialists*, em parceria com a Universidade de Wisconsin-Madison. A versão mais recente do TRNSYS é a 17, e foi lançada em Julho de 2010, (TRNSYS, 2012).

O TRNSYS é uma ferramenta de simulação com uma estrutura modular e flexível, sendo a sua utilização adequada para a análise de sistemas em regime transitório. Esta ferramenta permite a simulação de um edifício e de vários sistemas associados, como a distribuição de água quente, sistemas aquecimento, ventilação e ar condicionado, sistemas de recolha de energia solar e outras aplicações. A elaboração de um sistema consiste na definição dos seus modelos de componentes e a interligação dos seus dados, possuindo cada componente um conjunto pré-definido de dados.

O TRNSYS é composto por quatro ferramentas, (TRNSYS, 2012):

- O TRNSYS Simulation Studio 3D;
- O TRNBuild para a introdução de dados específicos para os edifícios;
- O TRNEdit que permite a modificação e criação de componentes;
- O TRNSED que permite aos usuários desenvolver interfaces gráficas personalizadas para aplicações específicas.

O TRNSYS realiza uma simulação dinâmica do sistema com o meio exterior, através de ficheiros climáticos fornecidos pelo programa *Meteonorm v.5*, publicado pela empresa *METEOTEST*. A base de dados do TRNSYS possui ficheiros climáticos de 237 localidades dos Estados Unidos da América e mais de 1000 localidades em 150 países, das quais 16 referentes a Portugal, como por exemplo: Angra do Heroísmo, Bragança, Castelo Branco, Coimbra, Corvo, Évora, Faro, Funchal, Lisboa, Penhas Douradas, Ponta Delgada, Porto e Porto Santo, (TRNSYS, 2012).

2.5.4. TRACE

O *Trane Air Conditioning Economics*, TRACE, é uma ferramenta de cálculo de cargas térmicas que permite otimizar um sistema de climatização e ar novo de um edifício com base na análise económica do ciclo de vida.

Esta ferramenta foi apresentada pela primeira vez em 1972, onde teve como principais objectivos permitir aos projectistas de AVAC estimar as cargas máximas de um edifício em fase de projecto, permitindo também efectuar análises económicas aos custos envolvidos com a instalação ao longo da sua vida útil. É uma ferramenta de interface intuitiva e de fácil interacção.

Esta ferramenta é constituída por cinco fases, cada uma com funções específicas de forma a efectuar uma análise energética e económica completa.

A primeira fase (*Load Phase*): os cálculos das cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento são efectuados tendo em conta, (Cartas, 2011):

- Envolvente opaca e vãos envidraçados;
- Horários de funcionamento;
- Densidades de iluminação;
- Equipamento;
- Orientação do edifício;
- Zona climática em que se encontra o edifício.

A ferramenta inclui muita informação técnica de fabricantes (TRANE), relativa a sistemas de climatização.

A segunda fase (*Design Phase*): realiza o cálculo de cargas para as condições de projecto, sendo necessários os dados referentes ao sistema de climatização que se pretende utilizar no edifício. A ferramenta determina as cargas energéticas de aquecimento e arrefecimento de projecto e a quantidade de ar exterior necessário.

A terceira fase (*Air Side System Simulation Phase*): tem como objectivos traduzir os ganhos térmicos do edifício e as perdas por atrito dos equipamentos de AVAC, sendo o resultado final desta fase de simulação do sistema, a carga horária dos equipamentos por cada sistema de AVAC.

Na quarta fase (*Equipment Simulation Phase*): são inseridas no módulo de simulação dos equipamentos, as cargas horárias dos equipamentos associados a cada sistema de AVAC, onde são traduzidas as cargas dos equipamentos e o consumo energético por fonte.

Na quinta fase: é efectuada a análise económica, a qual requiere a introdução de dados como os custos de instalação, custos de manutenção, períodos de amortização, comparando assim diversas alternativas e optimizando o sistema a implementar no edifício (Cartas, 2011).

3- Caso de estudo - Solução inicial

3.1. Descrição do caso de estudo

Como caso de estudo do trabalho de projecto apresenta-se um edifício destinado a habitação unifamiliar situado em Casal Velho, concelho de Pombal, distrito de Leiria.

A presente moradia é composta por três pisos designados do seguinte modo:

- Piso -1 - Este piso é composto por uma garagem, uma zona de equipamentos, uma lavandaria, uma zona de arrumos, zona de circulação, uma casa de banho e acesso ao piso zero. No exterior este piso é constituído por um alpendre, um terraço, uma piscina e zonas verdes.
- Piso 0 - Este piso é constituído por uma cozinha, uma sala de estar/jantar, um quarto, um hall de entrada e uma casa de banho. A nível exterior este piso engloba a entrada principal de peões à habitação, uma zona de espaços verdes, varandas e umas escadas de acesso ao terraço do piso -1.
- O Piso 1 é considerado o piso de descanso uma vez que é constituído por três quartos, três casas de banho de acesso a cada quarto, uma zona de circulação. A nível exterior apenas é constituído por varandas.
- A cobertura é descrita como uma cobertura plana sem recurso a telha cerâmica.

As plantas destes três pisos, bem como os alçados e cortes podem ser apreciados no Anexo A, no projecto de arquitectura.

Após esta breve descrição da habitação, de tipologia T4, resume-se na Tabela 3.1 as características do edifício.

Descrição	Valores	Unidades
Número de pisos acima da cota de soleira	1	
Número de pisos abaixo da cota de soleira	1	
Área de implantação	245,25	m ²
Área de habitação no rés-do-chão	245,25	m ²
Total de área bruta de construção	245,25	m ²
Área de varandas e alpendres	191,30	m ²
Arrumos, garagem e áreas técnicas	78,73	m ²
Total de varandas arrumos e outros	270,03	m ²
Total de construção	515,28	m ²
Área de terreno	421,00	m ²
Índice de ocupação resultante	0,16	m ² / m ²
Índice de utilização resultante	0,16	m ² / m ²
Densidade líquida máxima	6,67	f / ha

Tabela 3.1 - Índices e características do edifício.

A área da parcela de terreno onde será construída a habitação é de 421,0m². Todos os valores apresentados têm como base o projecto de arquitectura, composto por peças desenhadas e memória descritiva também apresentada no Anexo A. A Figura 3.1 representa o alçado principal do edifício em estudo.



Figura 3.1 - Alçado principal do edifício em estudo

Está assim caracterizada a habitação em estudo no que respeita a áreas e espaços físicos que a constituem.

Referentes aos elementos de construção, estes podem-se subdividir nas seguintes categorias:

- Estrutura
- Supra Estrutura
- Infra estruturas
- Elementos secundários
- Acabamentos

De seguida vão-se apresentar os capítulos de construção necessários à materialização do imóvel. O capítulo Estrutura é constituído pelos seguintes processos:

- a) Escavações: Os caboucos serão abertos com as dimensões assinaladas na planta de fundações e à profundidade exigida no projecto de betão armado.
- b) Enrocamento e massames: O pavimento do piso junto ao solo será executado com enrocamento de brita não inferior a 15 (quinze) centímetros, compactado e seguido de uma membrana geotêxtil. Aplicar-se-á uma betonilha de regularização de 250

(duzentos e cinquenta) Kg/m³ com uma espessura de 7 (sete) cm, seguido de uma membrana impermeabilizante.

- c) Fundações: Os caboucos serão preenchidos com betão ciclópico. As sapatas e pilares obedecerão rigorosamente às instruções do técnico, nomeadamente no que respeita à especificação da classe de aço a empregar e respectivos diâmetros. Prevendo-se respectiva impermeabilização e drenagem das fundações com pintura betuminosa, tela drenante e dreno periférico.
- d) Pilares, Vigas e Lajes: Serão executados em betão cofrado e armado
- e) Laje da cobertura: Será executada em betão cofrado e armado.

O capítulo Supra Estrutura é constituído pelos seguintes processos:

- a) Paredes exteriores: Serão executadas em alvenaria de Blocos Térmicos de Argila expandida com as dimensões 500 mm x200 mm x250 mm, Bloco BTE Proetics 25 da *Artebel*. Refira-se que nestas paredes exteriores o isolamento térmico será auxiliado por Isolamento Térmico Projectado, revestindo alvenaria e estrutura. Este revestimento, ISODUR, da Secil, é composto por cimento branco, agregados leves EPS e aditivos, misturados e aplicados conforme especificações técnicas do fabricante. Seguindo-se o acabamento final. Para tal a superfície de alvenaria terá de se encontrar regularizada e limpa. Nas zonas indicadas serão deixados os suportes necessários à fixação do revestimento final, espigões metálicos.
- b) Paredes interiores: Serão em alvenaria de Blocos Acústicos, modelo Free 11 da *Artebel*, 550 mm x 240 mm x110 mm, ou outros conforme as exigências técnicas.
- c) Leitos de pavimentos: Nas lajes, após realizadas de acordo com o projecto complementar de estabilidade, será aplicada uma camada de enchimento e nivelamento em betonilha leve com cortiça granulada: *CORKfast* da Amorim Cork Composites. Em seguida será aplicada uma membrana de sub-pavimento à base de cortiça: *AcoustiCORK T61*, com 5 mm de espessura, nos pavimentos cerâmicos, e *AcoustiCORK C31PE*, com barreira e isolamento de humidade, nos pavimentos flutuantes.
- d) Cobertura: As lajes de cobertura serão recobertas com uma primeira camada de nivelamento e assentamento, sendo impermeabilizada com primário betuminoso, seguido de duas camadas de tela de betume plastómero A.P.P., sendo a primeira com 3 kg/m² e armadura de fibra de vidro, e a segunda com 4 kg/m² e armadura de poliéster, sempre de acordo com as instruções do fabricante. Após estas camadas aplicar-se-á uma camada de geotêxtil seguida de isolamento térmico, com placas de *Roofmate SL-40* correctamente encaixadas umas com as outras, e de seguida uma manta de geotêxtil para evitar a entrada de areias.

O capítulo Rede de infra estruturas é constituído pelos seguintes processos:

- a) Rede de esgotos domésticos: O material que se pretende utilizar para os ramais interiores é PVC rígido, munidos de caixas de visita e de limpeza sifonadas em todas as mudanças de direcção que ligarão a fossa estanque, e de acordo com o respectivo projecto de especialidades.
- b) Rede de águas: A adução será feita a partir da rede pública, segundo o traçado e secções regulamentares de acordo com a planta respectiva. A restante rede será executada com tubagem de PVC, sistema tipo PEX, ou outro material devidamente homologado e aplicadas torneiras de segurança a montante da cada instalação sanitária e do aparelho de produção de água quente. A rede de água quente será devidamente isolada com isolamento flexível de espuma elástica com 13 mm de espessura.
- c) Rede eléctrica: Esta rede será executada por técnicos credenciados para o efeito, com o integral respeito pelas normas de segurança e legislação em vigor.
- d) Rede telefónica: Esta rede será executada por técnicos credenciados para o efeito, com o integral respeito pelas normas de segurança e legislação em vigor.
- e) Rede de gás: Esta rede será executada por técnicos credenciados para o efeito, com o integral respeito pelas normas de segurança e legislação em vigor.
- f) Sistema de ventilação e exaustão: Na cozinha existirão condutas destinadas à extracção de gases provenientes de esquentador e exaustor, bem como nas casas de banho interiores destinadas a ventilação natural, sendo as suas saídas elevadas até pelo menos 0,5 m acima do ponto mais alto da cobertura.
- g) Rede de águas pluviais: A recolha das águas pluviais será realizada através de caleiras, com 2% de pendente mínima. A drenagem vertical destas águas será realizada por tubagem dupla, tipo PEX, no interior das paredes exteriores. As caleiras interiores serão realizadas de acordo com as indicações do fabricante, sendo todas as entregas aos tubos de queda devidamente rematadas de acordo com os pormenores indicados pelo fabricante. A entrega final destas águas deverá ser feita à rede pública de águas pluviais. Para tal será necessário realizar uma caixa de visita e limpeza na base da tubagem interior vertical acima descrita e proceder à entrega das águas através de tubagem apropriada.

O capítulo Elementos secundários é constituído pelos seguintes processos:

- a) Vãos exteriores: Toda a caixilharia será com corte térmico do tipo *GA- Lumial*, de sistema de correr com folha oculta, da *Technal*, câmara europeia de 55 mm de elevada estanquidade e classe de permeabilidade A3, acabado em alumínio escovado polido, guarnecida com ferragens de suporte definidas pelo fabricante e em cor idêntica à caixilharia. As folhas das janelas e portas sacadas serão em vidro duplo, 6(12)8, tipo SGG Climalit 4S, ou equivalente. O encerramento à luz e protecção contra a intrusão destes vãos será efectuada através de estores da marca *Percolor*, modelo super, em cor branca, com sistema eléctrico de fecho e abertura, sendo motores e comandos da marca *Somfy*. A porta de entrada será em madeira maciça de Sucupira, em desenho a definir em projecto de execução, munida de fechadura com cremona de embutir de

alta segurança, e dobradiças em inox da JNF a definir. O portão de abertura da garagem será em sistema seccionado, da *Painel 2000*, e com mecanismo e comandos da *Somfy*

- b) Vãos interiores: As portas interiores serão em painel standardizado de madeira, com aplicação de guarnição de 10 cm e aro recto, tudo lacado a branco, e ferragens e puxadores em aço inox da JNF a definir.
- c) Louças: Serão aplicados lavatórios Flux 65, ou Plan 75, sanitas e bidés Cetus Suspensos, com sistema de fixação e autoclismo integrado no interior da parede da Geberit, banheira Plan 1800 mmx800 mm, com hidromassagem, e bases de duche Reflex 700 mmx800 mm. Tudo da Sanindusa. Na cozinha, adoptam-se lava louças inoxidável da *Teka*, modelo *Cuadro 1 ½ C 1E*, ref. 40138010.
- d) Torneiras e acessórios: As misturadoras de casa de banho serão da *Güfont*, série *Studio*, referências 2510101, 2510501, 2511301 e 2510901, com acessórios de apoio da série *Préstige*, cromado, da *Sanindusa*. Na cozinha opta-se por uma misturadora com chuveiro extensível *Frasa*, modelo *Slim*, ref. F10.021.033, e a aplicação, na saída do lava-loiça, de um triturador *In Sink Erator*, modelo F60.

O capítulo Acabamentos é constituído pelos seguintes processos:

- a) Paredes exteriores: As paredes exteriores serão acabadas em reboco hidrófugo, areado fino e pintado a cor branca, *CIN Vinylmatt Branco Puro D787*; em azulejo *Love Ceramic Tils, Land Grey 292 mmx592 mm*; ou porcelânico *Redwood 150 mmx600 mm, serie Re-Wood da Marmagres*; ou em moleanos brancos com acabamento riscado. As paredes que se encontram em contacto com o terreno exterior serão previamente impermeabilizadas.
- b) Cobertura: O plano da cobertura será acabado em seixo rolado.
- c) Paredes interiores: As paredes interiores das instalações sanitárias dos quartos individuais serão revestidas a porcelanato rectificado *Athabaska Cinza Grafite 300 mm x 900 mm* e *Pastilha Athabaska Cinza Grafite 2,2 x 4,5 (300 mm x 300 mm)* na zona dos duches, da *Recer* e com as referências *G1112* e *G2010*. Nas instalações sanitárias do rés-do-chão, piso -1 e suite os revestimentos serão de porcelanato rectificado *Athabaska Bege Camel 300 mm x 900 mm* e *Pastilha Athabaska Bege Camel 4,5x4,5 (300 mm x 300 mm)* na zona dos duches, da *Recer* e com as referências *G1612* e *G2007* respectivamente. Nas restantes paredes interiores do edifício serão em tinta *CIN Vinylsoft Branco Puro D787*.
- d) Tectos: No interior do fogo, os tectos do rés-do-chão e do piso 1 terão acabamento em gesso cartonado hidrófugo pintado a cor branca, *CIN Vinylsoft Branco Puro D787*. No piso da cave serão rebocados, esboçados e pintados a cor branca, *CIN Vinylsoft Branco Puro D787*.
- e) Pavimentos interiores: interior do fogo, os pavimentos no hall de entrada, cozinha e sala de estar e refeições serão em mosaico *Infinity Grafite Grey 300 mm x 600 mm* da *Recer*, com a referência *G1303*. Para quartos e corredores no piso 1 será régua de

flutuante, nature, em folha única, 1830 mm x 148 mm x 15 mm, em Sucupira, Ref. RW03052 da AMORIM. Nas instalações sanitárias do piso 1, nas zonas de duchas, o pavimento será em porcelânico rectificado Mood Warm, 15x90R com a referência G1419, da Recer. O pavimento será em mosaico rectificado Infinity Basic Grey 300 mm x 600 mm para as instalações sanitárias dos quartos individuais, com a referência G1317, e Index Beije 300 mm x 600 mm, para as instalações sanitárias do rés-do-chão e do piso -1, com a referência G1318. Cerâmicos da Recer.

- f) Pavimentos exteriores: Os pavimentos dos patamares e das varandas serão revestidos a lajetas de mármore cinzento. No piso -1, o pavimento do cais da piscina será em deck, formado por pranchas maciças de madeira e fibras plásticas, 23 mm de espessura, com acabamento castanho e textura ranhurada, e aplicado sobre estrutura indicada pelo fabricante. Pavimento Dumafloor da Sitaco.
- g) Soleiras e peitoris: Todas as soleiras e peitoris serão em moleanos azul, devidamente impermeabilizado.
- h) Guardas, grelhas de ventilação e remates de chaminés: As guardas metálicas das varandas, das escadas, grelhas de ventilação e remates das chaminés serão em perfis de aço inox, e de acordo com os desenhos de pormenor a fornecer posteriormente.
- i) Roupeiros, móveis de casa de banho, cozinha e restante mobiliário fixo: Os roupeiros serão embutidos nas paredes com as portas lacadas a branco e interiores em aglomerado revestido a melanina branca. Os móveis de cozinha e casas de banho serão com painéis exteriores em aglomerado folheado a madeira e painéis interiores em aglomerite. Em todos os móveis serão aplicadas dobradiças e puxadores em inox da JNF a definir.
- j) Aparelhagem eléctrica: Os conjuntos de interruptores e tomadas serão munidos de sistema de protecção para crianças, o sistema de intercomunicadores terão video-porteiro, sendo tudo da série Light da Bticino - LEGRAND. O sistema de iluminação de emergência será da série S8, também da LEGRAND.

Está assim descrito o edifício de habitação que será alvo de estudo no que respeita ao seu comportamento térmico e à avaliação da sustentabilidade. Também será efectuada uma análise de custo do ciclo de vida do edifício descrito. Por fim serão efectuadas alterações com os objectivos de melhorar a sua classificação no aspecto térmico e sustentável.

3.2. Objectivos da avaliação

Neste capítulo pretende-se:

- a) Elaborar um estudo do comportamento térmico do edifício de habitação, utilizando o Design Builder. Através deste estudo afere-se o comportamento do edifício a nível de perdas de energia, ganhos energéticos e gastos energéticos.
- b) Analisar o edifício de habitação em termos da sustentabilidade recorrendo ao SBTTool^{PT}-H. Determinado a classe de desempenho da sustentabilidade do edifício com as soluções convencionais vão ser propostas medidas de melhorias do edifício, com a

finalidade de o tornar mais sustentável, de modo a adquirir uma classe de desempenho da sustentabilidade superior. Nesta avaliação as propostas de melhoria a apresentar desenvolvem-se ao nível nas diferentes dimensões: Ambiental, Social e Económica, analisando cada um dos parâmetros inerentes à sustentabilidade habitacional.

No Capítulo 4, com base na proposta de edifício em que as medidas de melhoria foram implementadas, procede-se a nova análise do comportamento térmico recorrendo ao Design Builder. Esta análise tem como principal objectivo demonstrar que as medidas de melhorias implementadas têm influência no comportamento térmico do edifício de habitação.

Com os resultados alcançados nestas avaliações para o edifício original recorrendo a soluções convencionais e para o edifício de desempenho superior em termos de sustentabilidade, vai-se proceder a uma análise de custos/benefícios, com a finalidade de contabilizar os ganhos e as perdas que se obtém com a implementação das melhorias propostas. Em suma, tem-se como principais objectivos deste trabalho de projecto os seguintes pontos:

- Aplicação do Sistema SBTool^{PT}-H;
- Apresentar propostas de melhoria da sustentabilidade do edifício;
- Analisar os parâmetros do SBTool^{PT}-H nas duas soluções;
- Verificar a influência do comportamento térmico a nível da sustentabilidade;
- Analisar o custo de vida das duas soluções;
- Analisar a viabilidade das soluções das melhorias propostas;
- Fazer uma análise dos custos/benefícios das soluções apresentadas.
- Abordar perspectivas evolutivas da construção em Portugal;

3.3. Necessidades energéticas (Design Builder)

O edifício de habitação em estudo foi analisado recorrendo à ferramenta de simulação dinâmica do comportamento térmico de um edifício, o *Design Builder*. A análise dinâmica do comportamento térmico tem como objectivo analisar as perdas de energia pelos diversos materiais constituintes da envolvente exterior do edifício, os ganhos energéticos inerentes ao edifício, o comportamento das temperaturas interiores do edifício face às condições climatéricas exteriores e os consumos energéticos do edifício para aquecimento e arrefecimento do ambiente de modo a manter o conforto térmico no verão e no inverno.

Expostos os objectivos, com recurso ao projecto de arquitectura presente no Anexo A, construiu-se o modelo da habitação para análise através do Design Builder V2.9.0.002, (DesignBuilder, 2012). O modelo é apresentado na Figura 3.2.

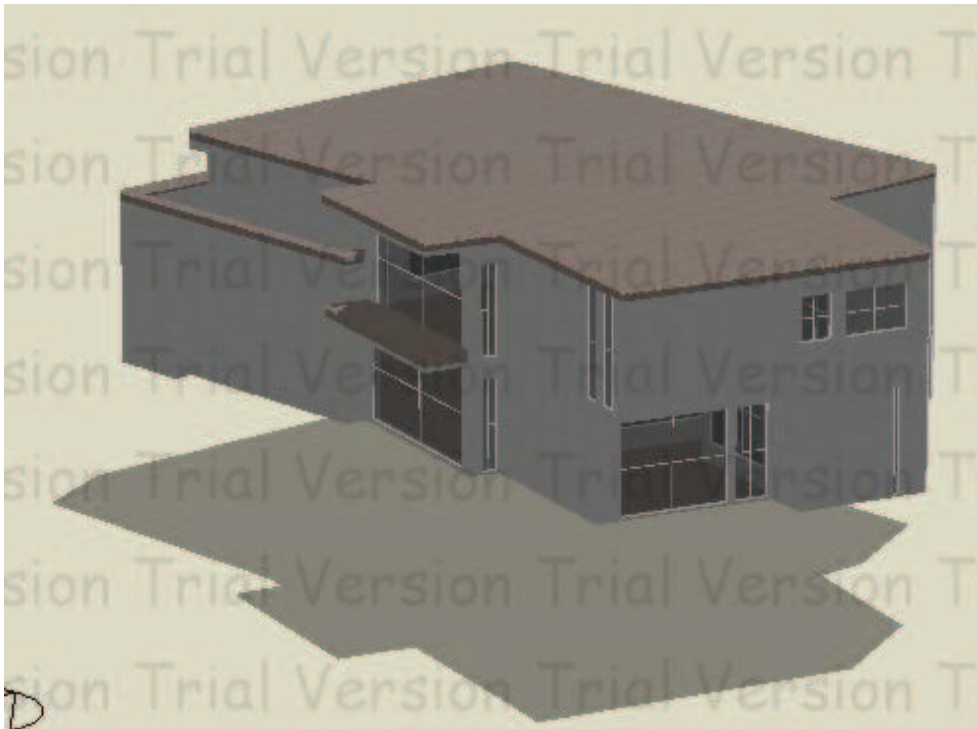


Figura 3.2 - Modelo 3D de cálculo da habitação desenvolvido no Design Builder

Na construção deste modelo de cálculo teve-se em consideração todas as dimensões apresentadas no projecto de arquitectura, assim recorrendo a este projecto, foram atribuídos os materiais constituintes das paredes, janelas, coberturas e pavimentos do edifício. Concluído o modelo de cálculo e atribuídos os materiais de construção, procedeu-se à implementação de características e funções do edifício em estudo, de modo a efectuar a simulação dinâmica do comportamento térmico, nomeadamente:

- Atribuição da localização do edifício: Portugal, Pombal;
- Atribuição da actividade de cada compartimento (sala de jantar, quarto, casa de banho);
- Edifício residencial;
- Aquecimento com recurso a gás natural;
- Arrefecimento com recurso a electricidade;
- Densidade de ocupação, 0,10 pessoas/m²;
- Temperaturas de conforto: Inverno 18°C, Verão 21°C.

Todas as restantes características e intervalos adoptados foram os atribuídos por defeito pela ferramenta de dimensionamento.

O intervalo de conforto térmico adoptado foi, 18°C no Inverno e 21°C para o Verão, correspondem às expectativas mínimas aceites pelos ocupantes, referente à classe de conforto III segundo a norma EN15251, (EN15251, 2007). Optou-se por esta classe de conforto pelo facto de satisfazer a necessidades mínimas de conforto aceites pelos ocupantes, o que sua vez também exige menos gastos energéticos para manter o edifício dentro das temperaturas adoptadas.

De modo a ter uma melhor noção dos espaços definidos pela sala a Figura 3.3 representa a sua planta.

Na Figura 3.4 é representada, para a sala, a evolução das temperaturas interiores, radiantes, operativas e exteriores na semana de dimensionamento referente ao Inverno. A temperatura radiante é a temperatura adquirida através das diversas radiações onde está contemplada a radiação solar. A temperatura operativa corresponde à média ponderada entre as temperaturas do ar interior e a radiante média, sendo os factores de ponderação os coeficientes de transferência de calor por radiação e convecção.

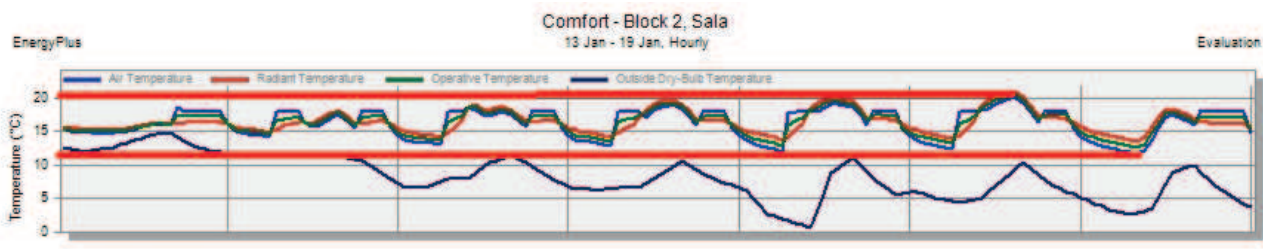


Figura 3.4 - Evolução das temperaturas na semana de dimensionamento no Inverno - Sala

Através da análise da Figura 3.4 podemos constatar que para a sala o intervalo das temperaturas interiores situa-se entre os 13°C e os 21°C. Estes dois picos ocorrem em simultâneo com os picos máximos e mínimos da temperatura exterior. Este comportamento pode ser justificado pelo facto do compartimento em análise possuir grandes áreas de vãos envidraçados exteriores, sendo estes os responsáveis pela maioria das trocas de energia entre o interior e o exterior do edifício.

As temperaturas, operativa e do ar interior, apresentam variações mais acentuadas do que a temperatura da radiação, este fenómeno deve-se à análise realizada ser efectuada no Inverno onde a radiação solar é menor.

Através da análise do gráfico verifica-se que ao longo do dia a temperatura do ar mantém-se cerca dos 17°C, o que de acordo com as condições estipuladas para a classe de conforto fica abaixo do pretendido. Esta situação é justificada pela elevada área deste compartimento e das áreas dos envidraçados exteriores, o que proporciona perdas de energia elevadas.

Concluída a análise relativa à semana de dimensionamento, a Figura 3.5 representa a variação de temperaturas referente à semana típica de Inverno.

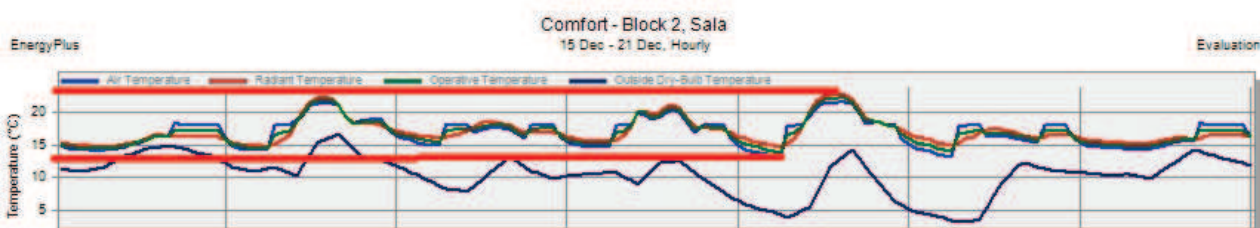


Figura 3.5 - Evolução das temperaturas na semana típica no Inverno - Sala

Na semana típica de Inverno em análise, o comportamento térmico do compartimento em epígrafe, comporta-se em termos de variações de temperaturas do mesmo modo que a semana de dimensionamento referente a esta estação do ano. Contudo é visível que as temperaturas internas nesta semana apresentam valores entre os 14°C e os 22°C. Esta situação deve-se ao facto das temperaturas exteriores para esta semana apresentarem valores mais elevados que as temperaturas exteriores da semana de dimensionamento, na ordem dos 4°C.

Através dos resultados apresentados o comportamento térmico deste compartimento melhorou significativamente, apresentando valores acima dos 18°C na maioria das horas do dia.

A temperatura radiante supera o valor da temperatura do ar interior em algumas situações, esta situação ocorre durante o dia onde a radiação solar é mais intensa. Deste modo a temperatura operativa também sobe, correspondendo à média ponderada entre as temperaturas do ar interior e radiante média.

Pela análise efectuada às Figuras 3.4 e 3.5, conclui-se que o comportamento térmico da sala durante o Inverno apresenta em algumas horas temperaturas fora da zona de conforto. Face a esta situação só com recurso a equipamentos de aquecimento é possível manter as temperaturas interiores no intervalo de valores da classe de conforto III estipulado, durante as horas de maiores perdas de calor, a noite.

Analizada a variação das temperaturas durante o Inverno, procede-se à análise das perdas de calor pelos diversos materiais constituintes da envolvente exterior, ver Figura 3.6.

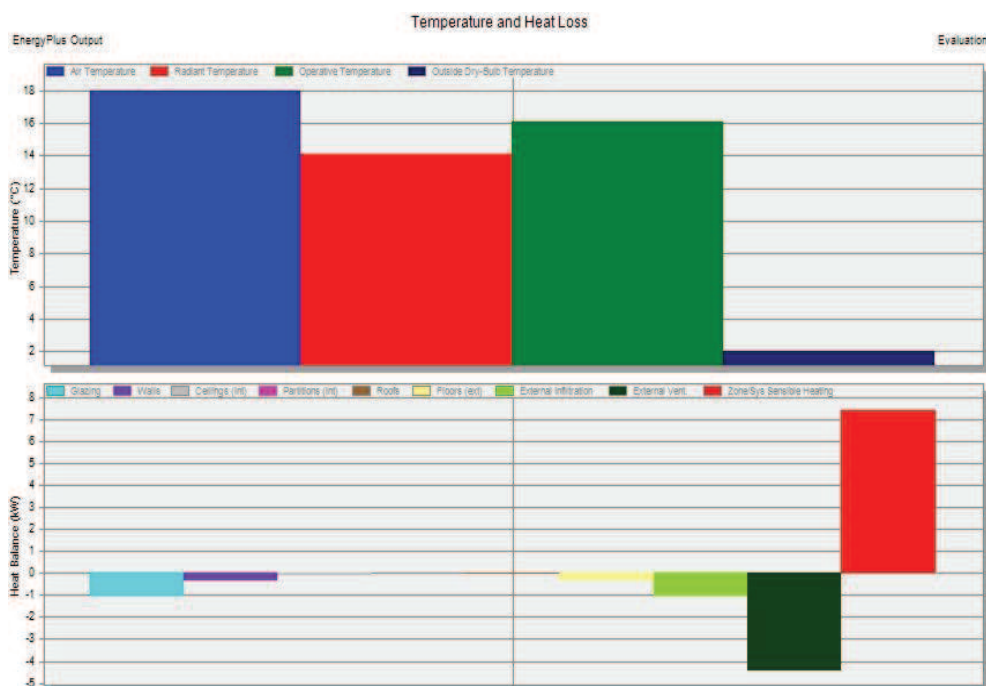


Figura 3.6 - Temperaturas no interior e as perdas de calor pela envolvente exterior - Sala

Legenda Figura 3.6:

Gráfico referente às temperaturas: A azul temperatura do ar interior, a vermelho temperatura radiante, a verde temperatura operativa, a azul escuro temperatura exterior.

Gráfico das perdas de energia: Azul claro - vidros, a roxo - paredes, amarelo - pavimento, verde claro - infiltração externa de ar, a verde escuro - ventilação exterior e a vermelho - necessidade energética fornecida pelo sistema de climatização.

Pelo exposto na análise da semana típica e na semana de dimensionamento do Inverno, verifica-se que para as condições de temperaturas definidas as maiores perdas ocorrem: pelos vãos envidraçados (-1,0 kW), pela infiltração externa de ar (-1,0 kW) e pela ventilação exterior (-4,2 kW), sendo necessário fornecer 7,3 kW para o sistema de aquecimento de modo a atingir as temperaturas admitidas no intervalo de conforto (18 aos 21°C).

Concluída a análise térmica referente ao Inverno para o compartimento em epígrafe, procede-se à análise para a estação do Verão.

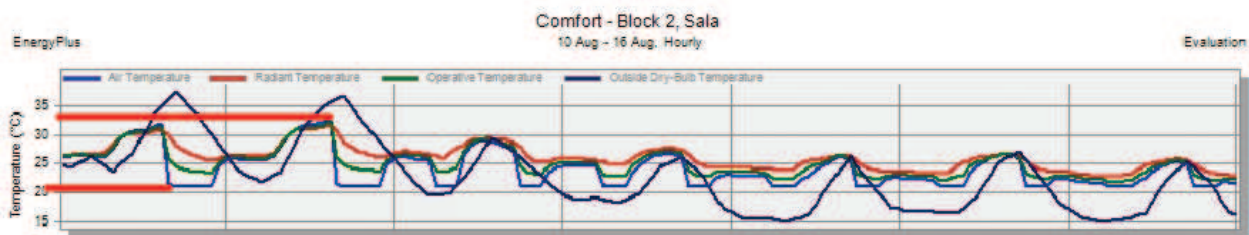


Figura 3.7 - Evolução das temperaturas na semana de dimensionamento Verão - Sala

Da Figura 3.7 consegue-se verificar que a temperatura máxima do ar exterior ocorre por volta das 16:00 horas. No que se refere às temperaturas interiores do edifício existe uma variação entre os 21°C e os 33°C. Este intervalo de temperaturas ocorre face às elevadas temperaturas exteriores verificadas. Contudo deve-se realçar que nos dias 10 e 11 de Agosto a temperatura interior ultrapassa os 30°C, durante um curto espaço de tempo, o que realça a necessidade de equipamentos de arrefecimento de modo a manter a temperatura próxima da temperatura de conforto admitida (18 aos 21°C).

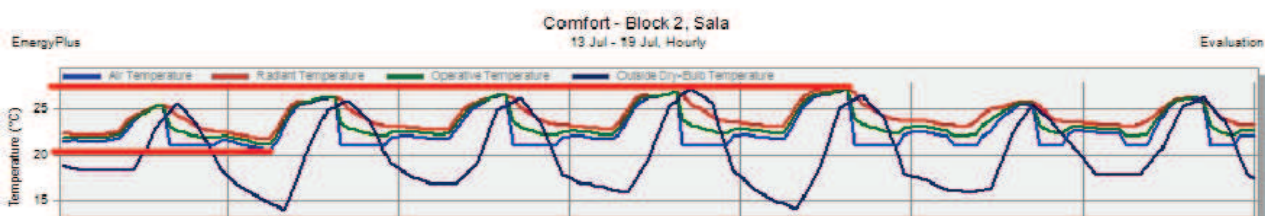


Figura 3.8 - Evolução das temperaturas na semana típica Verão - Sala

Na Figura 3.8 é apresentada a variação das temperaturas referentes à semana típica de Verão. Em comparação com a semana de dimensionamento as temperaturas do ar exterior são

mais baixas. Por este facto a variação das temperaturas apresenta um intervalo compreendido entre os 21 e aos 27°C.

Nesta análise apresentada verifica-se um aumento de temperatura coincidente com o aumento da temperatura exterior, que ocorre por volta das 16:00 horas.

No verão, ao contrário do que ocorre no Inverno a temperatura radiante é superior à temperatura do ar interior, este facto ocorre pela maior radiação solar nesta altura do ano. Face a esta situação a temperatura operativa mantém-se entre a temperatura radiante e a temperatura do ar interior.

Exposta a variação de temperaturas para esta época do ano, verão, procede-se à análise dos ganhos energéticos do edifício, apresentados na Figura 3.9.

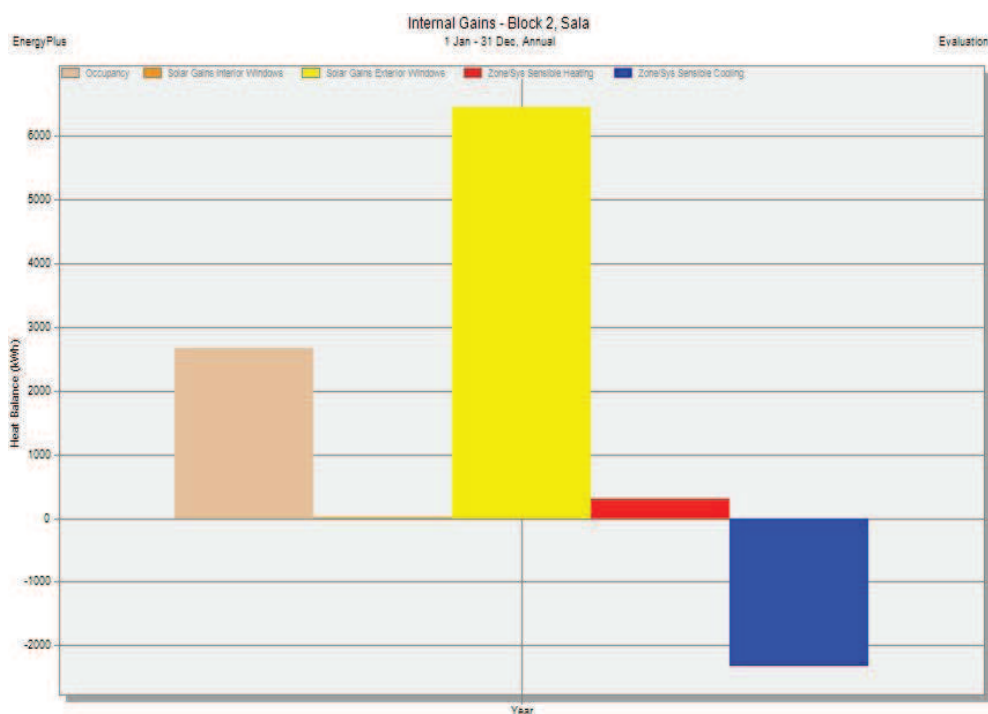


Figura 3.9 - Ganhos internos de energia e necessidades energéticas durante o ano - Sala

Legenda Figura 3.9:

Castanho - ganhos pela ocupação;

Amarelo - ganhos solares pelos vãos envidraçados;

Vermelho - necessidades de aquecimento;

Azul - necessidades de arrefecimento.

A Figura 3.9 representa para a sala os ganhos internos de energia e a energia necessária para os sistemas de aquecimento e de arrefecimento durante o ano. De acordo com o exposto

verifica-se que os maiores ganhos de energia do compartimento são ganhos por radiação solar, pelos vãos envidraçados, estes ganhos são da ordem os 6300 kWh/ano, o que representa um valor elevado em termos energéticos. Estes valores são justificados pela elevada área de vãos envidraçados existentes neste compartimento. Quanto aos ganhos energéticos que ocorrem devido à ocupação, ou seja os ganhos em forma de calor devido à libertação de energia dos ocupantes do compartimento e equipamentos, representam 2700 kWh/ano.

Quanto às necessidades de aquecimento que a sala necessita durante o ano são de cerca de 350 kWh/ano de modo que a temperatura interior esteja dentro do intervalo de temperaturas definido anteriormente como conforto (18 aos 21°C). Por outro lado, na estação de arrefecimento, no Verão, será necessário fornecer energia em forma de arrefecimento na ordem dos 2200 kWh/ano. Esta situação deve-se em especial pelos elevados ganhos solares que este compartimento apresenta nesta altura do ano.

Analisadas as duas estações do ano mais críticas pode-se concluir:

- No Inverno, a temperatura radiante e por consequência a temperatura operativa, são inferiores à temperatura do ar interior e no verão verifica-se o contrário pois estas são superiores.
- Que se verifica uma maior necessidade de recorrer a equipamentos de apoio (arrefecimento) no Verão do que no Inverno. Este facto deve-se à temperatura interior no Inverno, durante o dia, superar os 18°C. No Verão durante o dia a temperatura interior é sempre superior aos 21°C, verificando-se a necessidade de recorrer a equipamentos de climatização. Deste modo verifica-se que apenas as palas do edifício sobre os vãos envidraçados não são suficientes, sendo também de extrema importância os vãos envidraçados aplicados e as renovações de ar dos compartimentos interiores.
- As maiores perdas e ganhos energéticos são concedidos pelos vãos envidraçados e pela ventilação externa.
- Deste modo constata-se como pontos a tratar, os vãos envidraçados uma vez que a ventilação do espaço interior tem de ser garantida em 0,7 RPH. Uma solução de tratamento das perdas de calor pela renovação de ar seria a implementação de uma unidade de tratamento de ar, tratando previamente o ar antes do insuflar.

A Tabela 3.2 apresenta o resumo das necessidades energéticas, dos ganhos energéticos e das perdas de energia que se verificam na sala.

Divisão	Necessidades de energia kWh/ano		Ganhos de energia kWh/ano	Perdas de energia kW
	Inverno	Verão		
Sala (90,42 m ²)	350	2200	9000	6,2

Tabela 3.2 - Resumo energético para a Sala durante o ano

3.3.2. QUARTO

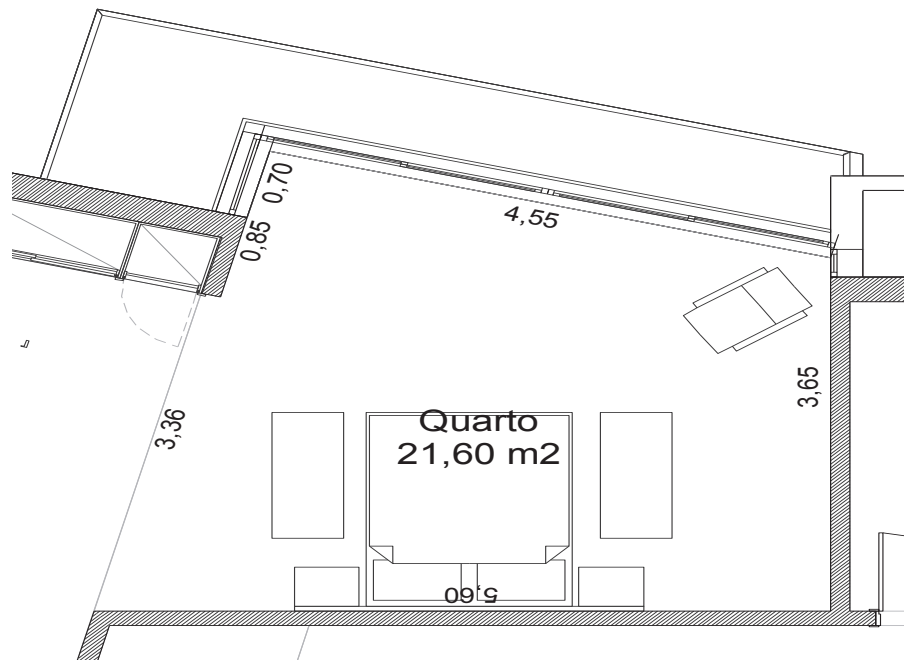


Figura 3.10 - Planta do Quarto

De seguida procede-se à análise das temperaturas interiores e exteriores para o compartimento quarto, existente no 1º piso da habitação, ver Figura 3.10.

A Figura 3.11 apresenta as variações das temperaturas referentes à semana de dimensionamento no Inverno.

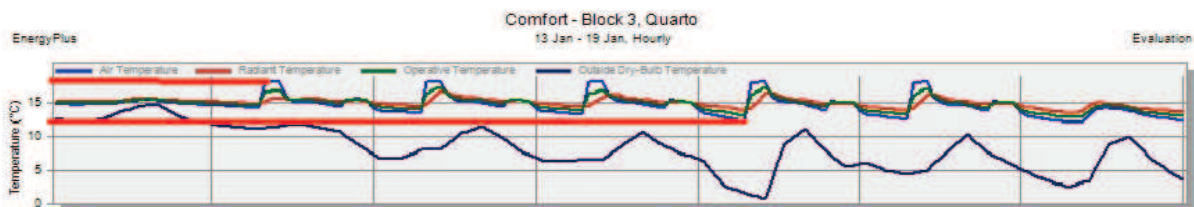


Figura 3.11 - Evolução das temperaturas na semana de dimensionamento no Inverno - Quarto

Conforme podemos constatar neste compartimento, o intervalo das temperaturas interiores situa-se entre os 14°C e os 18°C. Estes dois extremos ocorrem em simultâneo com os picos máximos e mínimos da temperatura exterior. Pela análise da Figura 3.11 verifica-se que durante o dia, as temperaturas interiores rondam os 16°C. Durante a noite a temperatura desce aos 14°C. Este comportamento é de igual ao que se observou para a sala e justifica-se pelas elevadas áreas de vãos envidraçados que constituem a envolvente exterior do quarto.

No que respeita à temperatura do ar interior, temperatura radiante e temperatura operativa no quarto, estas são sempre superiores à temperatura do ar exterior, contudo apenas em algumas horas do dia é que atingem a temperatura de 18°C. Esta ocorrência dá-se entre as

8:00 e as 11:00 horas da manhã, pelo facto da orientação do quarto ser a nascente, fazendo com que a radiação solar incida sobre a sua envolvente exterior neste período de tempo. Com esta situação, são conseguidos ganhos solares neste intervalo de tempo, ao longo do dia diminuem, tendo como consequência uma diminuição das temperaturas interiores no compartimento.

Conforme seria de esperar nesta época do ano as temperaturas, radiante e a operativa, são na maior parte do dia inferiores à temperatura do ar interior. Como referido anteriormente a temperatura radiante é a temperatura adquirida através das diversas radiações onde está contemplada a radiação solar. A temperatura operativa corresponde à média ponderada entre as temperaturas do ar interior e radiante média, sendo os factores de ponderação os coeficientes de transferência de calor por radiação e convecção.

Concluída a análise das temperaturas na semana de dimensionamento de Inverno, procede-se à análise das temperatura na semana típica de Inverno, ver Figura 3.12.

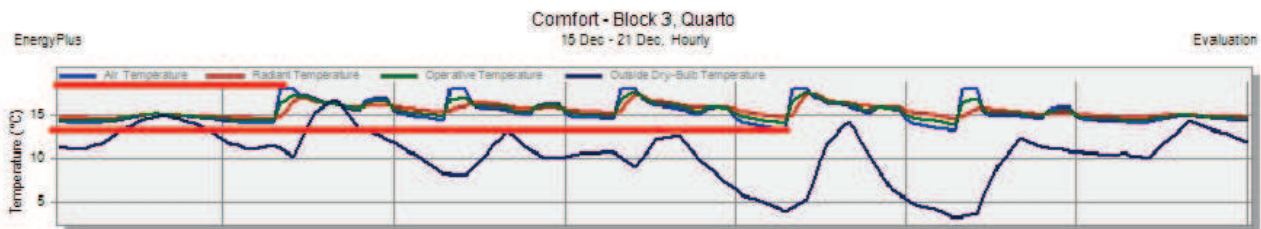


Figura 3.12 - Evolução das temperaturas na semana típica no Inverno - Quarto

Na Figura 3.12 verifica-se uma oscilação de temperaturas entres os 14°C e os 18°C, por outro lado, como verificado para a semana de dimensionamento de Inverno, verifica-se uma subida das temperaturas interiores entre as 8:00 e as 11:00 horas da manhã. Portanto este comportamento é justificado pela orientação da divisão e pelas áreas dos envidraçados exteriores.

Refira-se ainda que nesta semana típica, durante o dia as temperaturas interiores no quarto são mais amenas rondando os cerca de 16,5°C. Esta situação ocorre pelo facto de nesta semana as temperaturas exteriores não verificarem valores tão baixos quanto os da semana de dimensionamento.

Pela evolução das temperaturas no interior do quarto, Figura 3.12, verifica-se uma necessidade de recorrer a sistemas de climatização na maior parte do dia, de modo a conseguir-se elevar as temperaturas para o patamar de conforto. Só durante as 8:00 e as 11:00 horas da manhã é que não é necessário recorrer a sistemas de aquecimento para se atingir os 18°C no interior do compartimento em análise.

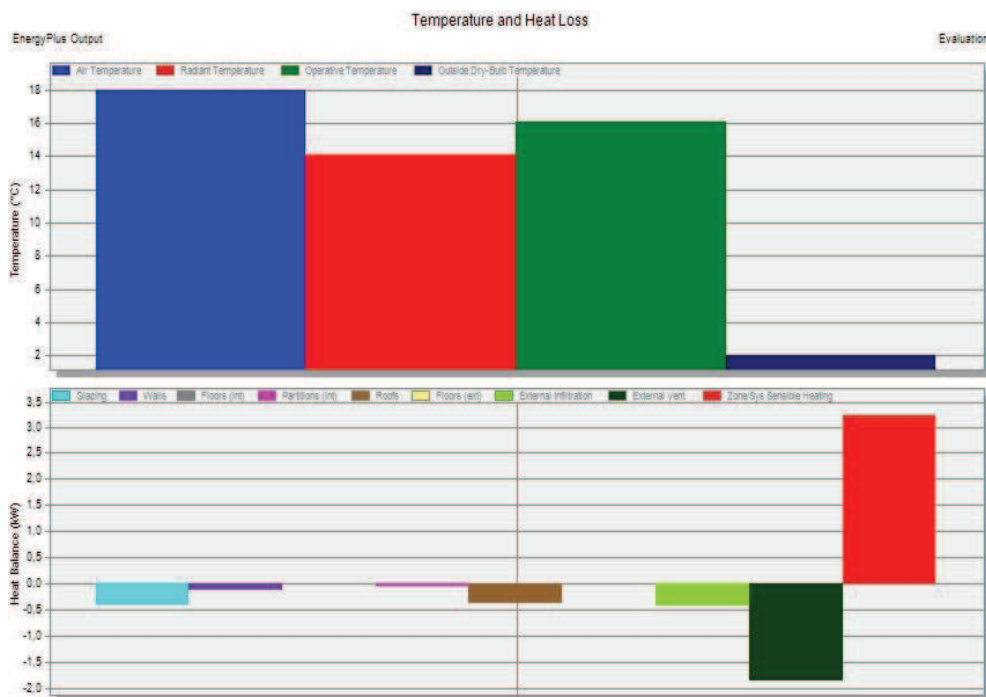


Figura 3.13 - Temperaturas interiores e perdas de calor pela envolvente exterior - Quarto

Legenda Figura 3.13:

Gráfico referente às temperaturas: A azul temperatura do ar interior, a vermelho temperatura radiante, a verde temperatura operativa, a azul escuro temperatura exterior.

Gráfico das perdas de energia: Azul claro - vidros, a roxo - paredes, amarelo - pavimento, verde claro - infiltração externa de ar, a verde escuro - ventilação exterior e a vermelho - necessidade energética fornecida pelo sistema de climatização.

Analisado o comportamento térmico do quarto nas semanas de Inverno, apresenta-se na Figura 3.13 as perdas de energia que ocorrem pela envolvente exterior do compartimento durante o ano.

Da mesma forma do que acontece na sala, no quarto as maiores perdas de energia ocorrem pelos vãos envidraçados e pelas renovações do ar interior.

O compartimento em análise apresenta perdas pelos vãos envidraçados na ordem dos -0,4 kW e pela renovação do ar interior na ordem dos -1,8 kW. Estes valores são bastantes inferiores aos apresentados para a sala pelo facto deste compartimento ser definido por uma área menor e os vãos envidraçados terem também menor área. Neste compartimento ocorrem perdas de calor pela cobertura, este facto ocorre devido a este elemento fazer parte da envolvente exterior do quarto. As perdas que ocorrem pela cobertura são de cerca os -0.3 kW. Expostas as perdas energéticas, refira-se que para manter o compartimento na gama de temperaturas definidas como conforto é necessário fornecer 3,2 kW de energia, em forma de aquecimento, recorrendo a sistemas de climatização.

Com esta análise conclui-se que os principais pontos a tratar são os vãos envidraçados e a renovação do ar interior. Estas situações podem ser conseguidas com a aplicação de vãos envidraçados de menor coeficiente de transmissão térmica e emissividade e aplicação de um sistema de tratamento do ar com insuflação de ar previamente aquecido.

Concluída a análise do quarto referente ao Inverno procede-se à análise referente ao Verão. Na Figura 3.14 apresenta-se a variação de temperaturas interiores e exterior referente à semana de dimensionamento nesta estação.

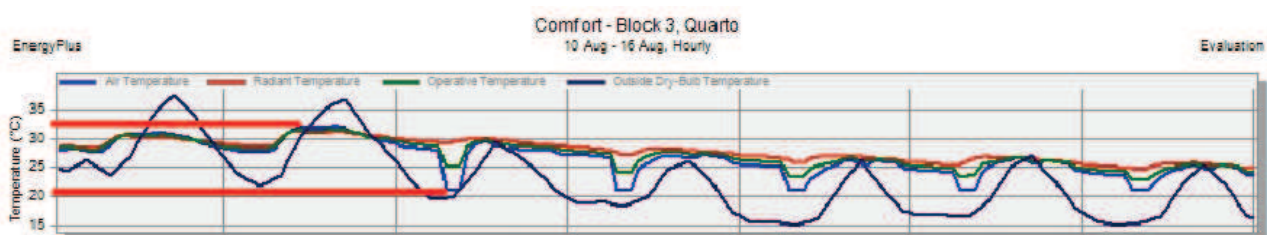


Figura 3.14 - Evolução das temperaturas na semana de dimensionamento Verão - Quarto

Conforme se pode observar pela Figura 3.14, na semana em análise, a variação de temperaturas neste compartimento ocorre no intervalo entre os 21°C e os 32°C. Desta forma é necessário recorrer a sistemas de climatização de modo a baixar a temperatura do compartimento. Verifica-se que a variação da temperatura no interior do quarto acompanha a variação da temperatura exterior, pois quando ocorrem picos na temperatura exterior, o quarto apresenta temperaturas rondando os 29°C. De acordo com esperado para esta estação do ano, a temperatura radiante e a operativa são superiores à temperatura do ar interior. A temperatura radiante mantém-se praticamente constante ao longo do dia, este comportamento deve-se ao facto da envolvente exterior do edifício acumular energia, sendo esta libertada ao longo da noite.

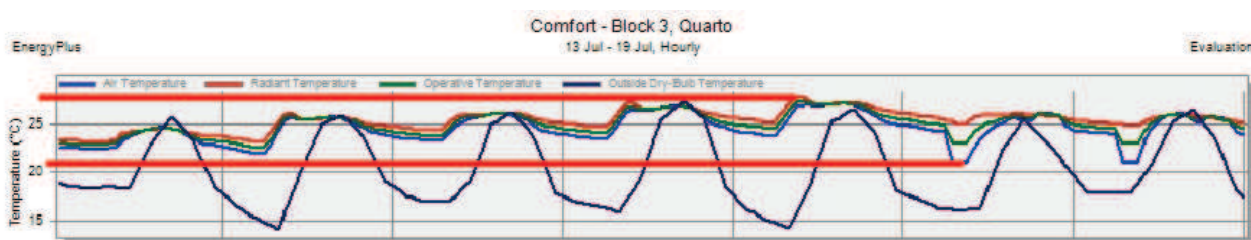


Figura 3.15 - Evolução das temperaturas na semana típica Verão - Quarto

A Figura 3.15 apresenta a evolução das temperaturas na semana típica de verão. Conforme se pode observar nesta semana a amplitude da variação das temperaturas interiores é menor do que na semana de dimensionamento, estando compreendida entre os 21°C e os 27°C. Este fenómeno ocorre porque as temperaturas do ar exterior são inferiores às consideradas na semana de dimensionamento. Como típico para esta altura do ano, a temperatura radiante e operativa são superiores à temperatura do ar interior.

Durante a semana em análise são várias as horas em que as temperaturas interiores são superiores às temperaturas exteriores. Esta situação é devida aos ganhos energéticos que ocorrem através dos vãos envidraçados e à energia acumulada nos materiais durante as horas de sol e libertada à noite. Desta forma neste compartimento, durante o dia, as temperaturas são praticamente constantes cerca dos 26°C. Assim, é necessário recorrer a sistemas de climatização de modo a manter as temperaturas interiores no intervalo de conforto definido (18 a 21°C).

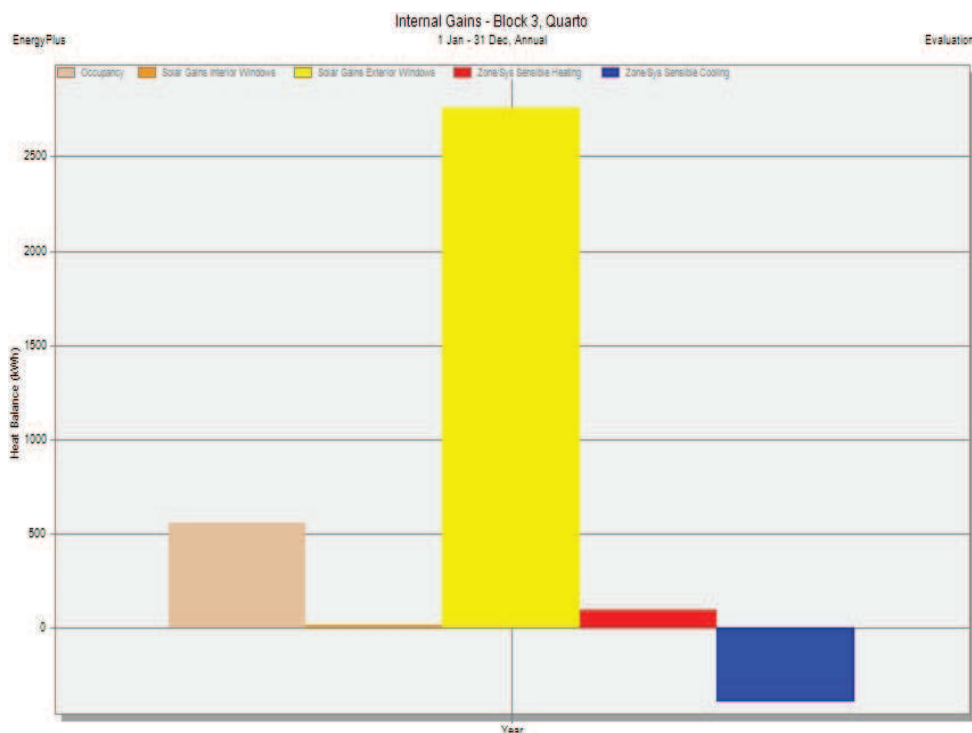


Figura 3.16 - Ganhos internos de energia e necessidades energéticas durante o ano - Quarto

Legenda Figura 3.16:

Castanho - ganhos pela ocupação;

Amarelo - ganhos solares pelos vãos envidraçados;

Vermelho - necessidades de aquecimento;

Azul - necessidades de arrefecimento.

A Figura 3.16 apresenta os ganhos energéticos ao longo do ano do compartimento em análise. À semelhança do que ocorre com a sala, o quarto apresenta como maiores ganhos energéticos os que ocorrem pelos vãos envidraçados. Estes ganhos regem-se na ordem dos 2800 kWh/ano. Neste compartimento os ganhos devido à ocupação humana são da ordem dos 550 kWh/ano. Estes ganhos energéticos devem-se à libertação de energia em forma de calor do corpo humano.

Apresentados os ganhos energéticos interiores é necessário o fornecimento de energia para arrefecer o ambiente interno, em cerca de 450 kWh/ano. Através da Figura 3.16 também se

verifica a energia despendida para aquecimento, em cerca de 150 kWh/ano, sendo esta muito menor que a energia despendida para o arrefecimento do compartimento no Verão

Analisadas as temperaturas no quarto nas estações do ano mais críticas pode-se concluir que:

- No Inverno, a temperatura radiante e a operativa, são inferiores à temperatura do ar interior; No Verão são superiores.
- Na semana típica de Verão, verifica-se a maior necessidade de recorrer a equipamentos de apoio (arrefecimento), do que a semana típica de Inverno. Este facto deve-se ao melhor comportamento térmico deste compartimento no Inverno do que no Verão.
- As maiores perdas e ganhos de energia ocorrem pelos vãos envidraçados e pela ventilação externa.
- As zonas críticas a tratar são os vãos envidraçados, uma vez que a ventilação do espaço interior tem de ser garantida em 0,7 RPH. Uma solução para diminuir as perdas energéticas que ocorrem pela renovação de ar seria a implementação de um sistema mecânico que tratasse previamente o ar antes do insuflar.

A Tabela 3.3 apresenta o resumo de necessidades energéticas, ganhos energéticos e perdas de energia para o Quarto.

Divisão	Necessidades de energia kWh/ano		Ganhos de energia kWh/ano	Perdas de energia kW
	Inverno	Verão		
Quarto (21,60 m ²)	150	450	3350	2,5

Tabela 3.3 - Resumo energético para o Quarto durante o ano

3.3.3. CASA DE BANHO

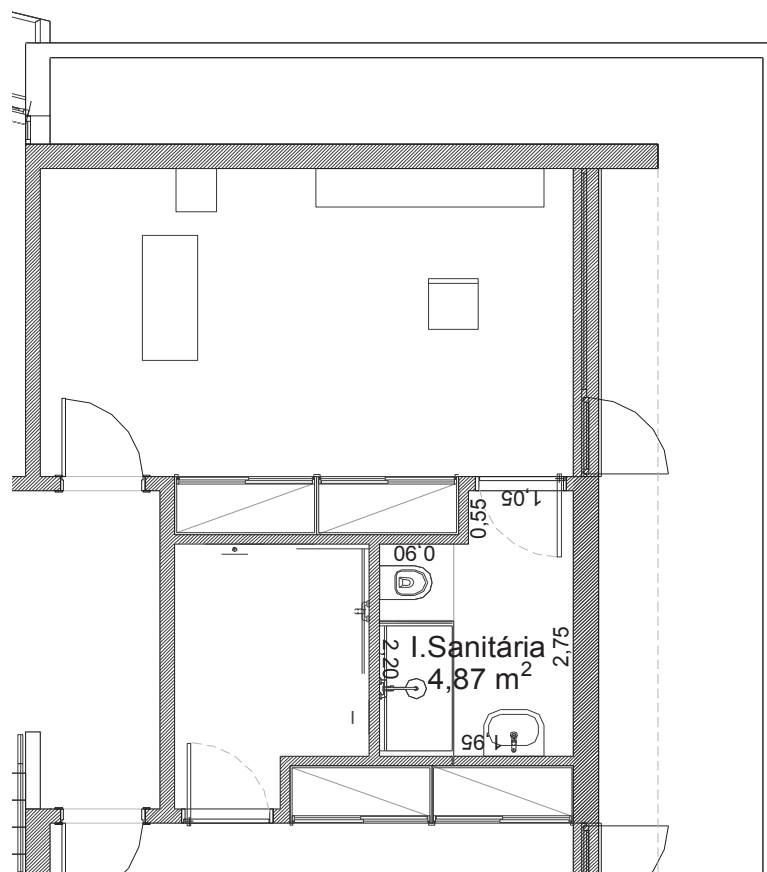


Figura 3.17 - Planta da Casa de Banho

Recorrendo à mesma estratégia efectuada nos outros compartimentos para a análise dinâmica do comportamento térmico, procedeu-se à análise da casa de banho do quarto do piso 1. Na Figura 3.18 são apresentadas as variações de temperaturas interiores e exteriores referentes à semana de dimensionamento no Inverno.

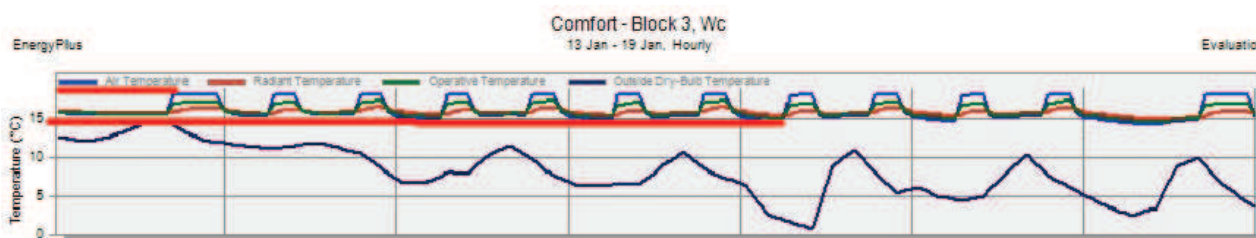


Figura 3.18 - Evolução das temperaturas na semana de dimensionamento no Inverno - WC

Ao contrário do verificado nos outros dois compartimentos, a casa de banho apresenta no Inverno variações de temperatura com uma amplitude menor. As variações de temperatura ocorrem entre os 15°C e os 18°C, deste modo a utilização de aparelhos de climatização é menor neste compartimento do que na sala e no quarto. Este comportamento deve-se ao facto da casa de banho ser definida por uma área bem menor e não possuir vãos envidraçados. Verificam-se

subidas na temperatura interior em duas fases do dia, de manhã e ao final da tarde, portanto aquando a utilização deste espaço, nomeadamente quando ocorrem os banhos.

Na Figura 3.19 é apresentada a evolução das temperaturas para a semana típica de Inverno. Nesta semana, é replicado o comportamento verificado na semana de dimensionamento. Contudo a amplitude de variação das temperaturas interiores é menor, estando compreendida entre os 16°C e os 18°C. Este fenómeno deve-se ao facto desta semana apresentar temperaturas exteriores mais amenas, o que permite menor trocas de energia entre o interior e o exterior.

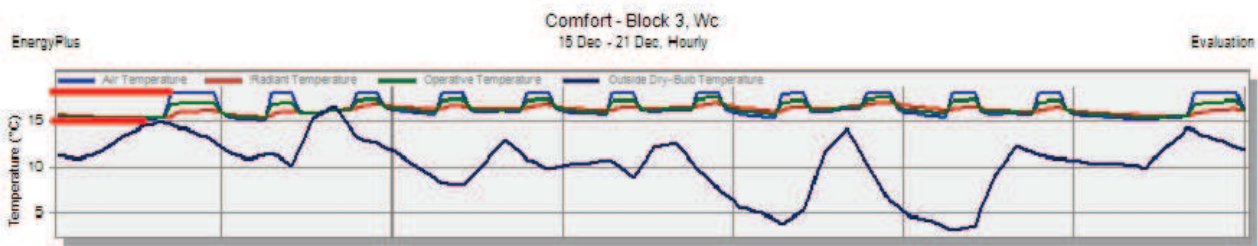


Figura 3.19 - Evolução das temperaturas na semana típica no Inverno - WC

De acordo com o verificado noutros compartimentos, para esta época do ano, as temperaturas radiante e operativa são inferiores à temperatura do ar interior.

Analisadas as duas semanas da estação do Inverno, procede-se à análise das perdas de calor pela envolvente exterior, de acordo com o gráfico presente na Figura 3.20.

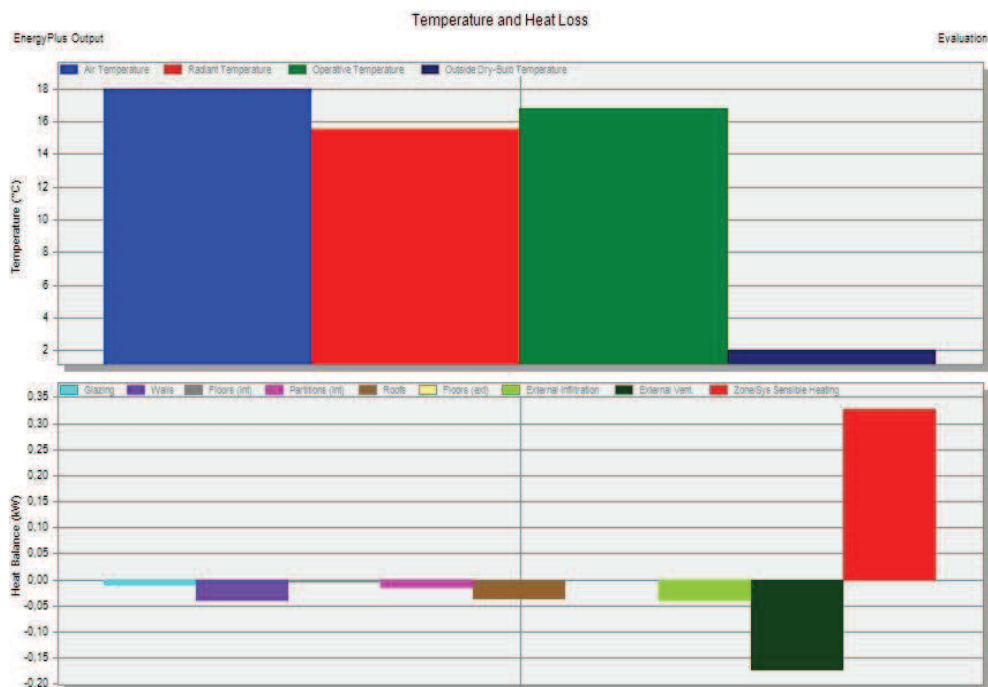


Figura 3.20 - Temperaturas interiores e perdas de calor pela envolvente exterior - WC

Legenda Figura 3.13:

Gráfico referente às temperaturas: A azul temperatura do ar interior, a vermelho temperatura radiante, a verde temperatura operativa, a azul escuro temperatura exterior.

Gráfico das perdas de energia: Azul claro - vidros, a roxo - paredes, amarelo - pavimento, verde claro - infiltração externa de ar, a verde escuro - ventilação exterior e a vermelho - necessidade energética fornecida pelo sistema de climatização.

Pela análise do gráfico da Figura 3.20, verifica-se neste compartimento um aumento da temperatura radiante e conseqüentemente um aumento da temperatura operativa. A temperatura radiante deste compartimento rege-se nos 15,7°C, ficando a operativa nos 16,8°C. Este comportamento explica-se pelas menores perdas de energia pela envolvente exterior, as perdas pelos vãos envidraçados são nulas. Verificam-se perdas de energia pelas paredes interiores, pela cobertura e pela renovação de ar exterior. Contudo estas perdas são mínimas apresentando valores de: -0,04 kW pelas paredes interiores, -0,03 kW pelo tecto e -0,16 kW pela renovação de ar. Face a estas perdas de energia o aquecimento a fornecer à casa de banho de modo a manter as condições térmicas exigidas é mínimo, regendo-se em cerca de 0,33 kW.

A casa de banho tem um comportamento térmico muito melhor na estação de Inverno que os outros dois compartimentos analisados. Como já foi referido, este comportamento deve-se à ausência de vãos envidraçados exteriores e à diminuta área que este compartimento possui em relação ao quarto e sala.

Na figura 3.21 apresenta-se a variação de temperaturas interiores e exteriores na semana de dimensionamento do Verão.

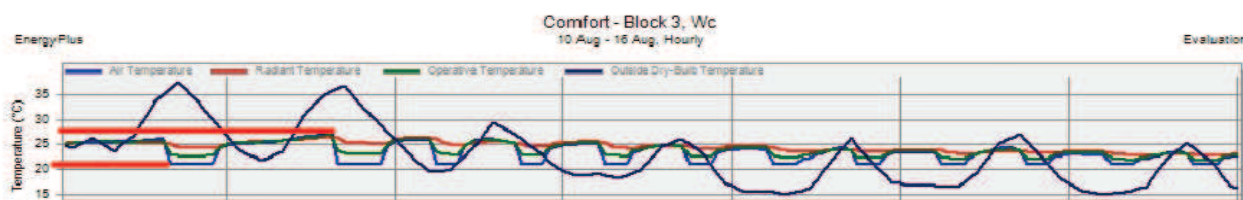


Figura 3.21 - Evolução das temperaturas na semana de dimensionamento Verão - WC

A casa de banho apresenta uma variação de temperaturas entre os 21°C e os 26°C. Se analisarmos apenas o dia 10 e 11 de Agosto, os que apresentam temperaturas externas mais elevadas, verifica-se que a casa de banho apresenta uma temperatura do ar interior, temperatura radiante e temperatura operativa a rondar os 25°C, apresentando assim um comportamento térmico bom.

No gráfico apresentado na Figura 3.21, verifica-se que a temperatura radiante e a temperatura operativa apresentam valores superiores à temperatura do ar interior, este comportamento é característico para esta estação do ano.

Apesar do comportamento térmico na casa de banho poder ser considerado como bom, verificando-se uma elevada diferença entre as temperaturas exteriores e as temperaturas interiores, verifica-se a necessidade de implementação de sistemas de arrefecimento de modo a alcançar o nível de conforto definido de 18 aos 21°C.

Analisada a semana de dimensionamento do Verão, na Figura 3.22 apresentam-se as variações de temperaturas referentes à semana típica de Verão.

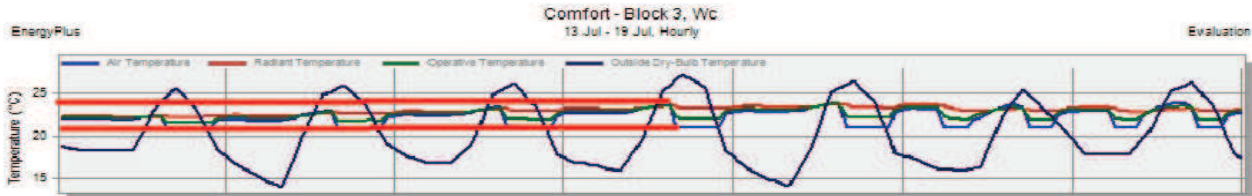


Figura 3.22 - Evolução das temperaturas na semana típica Verão - WC

Através da análise do gráfico apresentado na Figura 3.22 verifica-se uma melhoria das temperaturas interiores, apresentando valores mais baixos do que os alcançados na semana de dimensionamento. Este facto deve-se às temperaturas exteriores apresentarem valores mais baixos, observe-se que o maior valor ocorre nos 27°C.

A variação das temperaturas interiores ocorre entre os 21°C e os 24°C. Este comportamento implicaria a utilização de equipamento de climatização de modo a manter as temperaturas abaixo dos 21°C. No entanto atendo a que a amplitude entre a temperatura mínima e máxima é pequena, e apenas ocorre em curtos espaços de tempo, o uso de equipamentos, se considerado necessário, será de carácter pontual.

Concluída a análise para as duas semanas da estação de arrefecimento, apresentam-se no gráfico da Figura 3.23 os ganhos internos de energia ao longo do ano para a casa de banho.

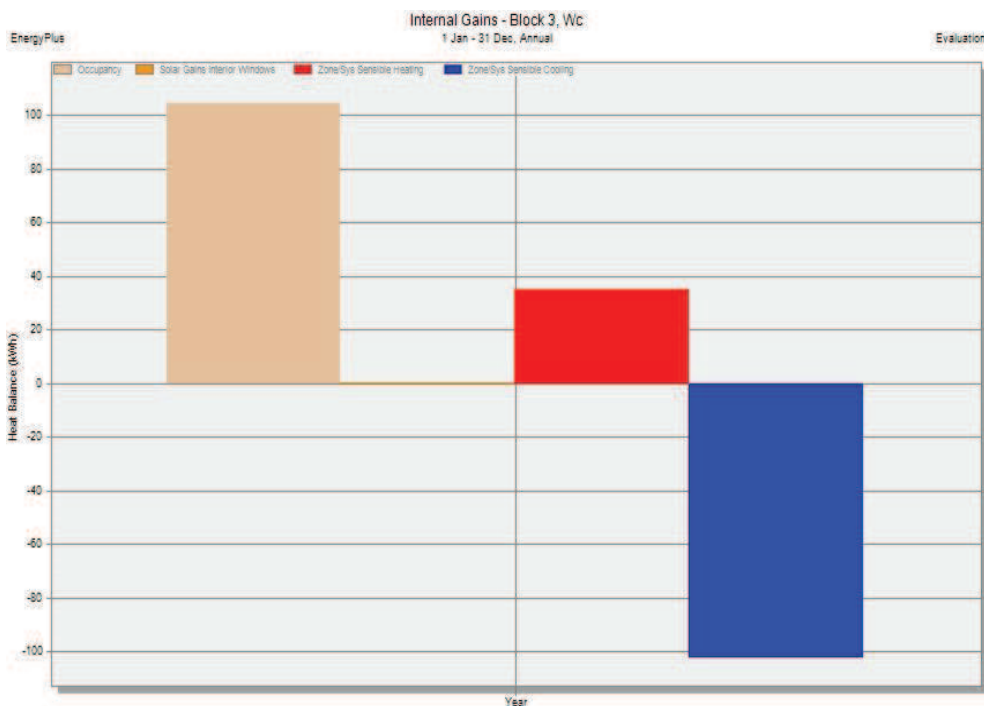


Figura 3.23 - Ganhos internos de energia e necessidades energéticas durante o ano -WC

Legenda Figura 3.23:

Castanho - ganhos pela ocupação;

Amarelo - ganhos solares pelos vãos envidraçados;

Vermelho - necessidades de aquecimento;

Azul - necessidades de arrefecimento.

Neste gráfico é possível observar que este compartimento não apresenta ganhos internos devido à radiação solar, permitindo uma menor energia adquirida ao longo do ano. Os únicos ganhos de energia internos que ocorrem é devido à ocupação humana, em cerca de 120 kWh/ano. Esta situação permite referir o seguinte: ao analisar a estação de arrefecimento, face aos baixos ganhos energéticos é necessário despende menos energia com o arrefecimento do ambiente, no entanto para na estação de aquecimento ocorre o contrário.

Tendo em conta a relação entre as áreas dos compartimentos analisados, pode-se afirmar que na casa de banho verificasse um aumento das necessidades de aquecimento e uma redução significativa das necessidades de arrefecimento. Concretizando, para o sistema de arrefecimento será necessário despende cerca de 110 kWh/ano e para o sistema de aquecimento rondando os 35 kWh/ano.

Analisadas as duas estações do ano mais críticas pode-se concluir:

- O comportamento térmico da casa de banho é mais constante que os outros compartimentos.
- No Inverno, a temperatura radiante e a operativa, são inferiores à temperatura do ar interior; No Verão são superiores.
- Na semana típica de Verão, verifica-se a maior necessidade de recorrer a equipamentos de apoio (arrefecimento), do que a semana típica de Inverno. Este facto deve-se ao melhor comportamento térmico deste compartimento no Inverno do que no Verão.
- As maiores perdas e ganhos de energia ocorrem pela ventilação externa e paredes divisórias.
- Não se verifica necessidade de tratamento de zonas críticas, uma vez que as perdas de energia pela envolvente exterior são mínimas. As maiores perdas acontecem pela renovação do ar interior, fenómeno que tem de ser garantido em 0,7 RPH. Deste modo uma das soluções para minimizar estas perdas energéticas é a implementação de um sistema de tratamento do ar interior tratando previamente o ar a insuflar.

A Tabela 3.4 apresenta o resumo de necessidades energéticas, ganhos energéticos e perdas de energia para a Casa de Banho.

Divisão	Necessidades de energia kWh/ano		Ganhos de energia kWh/ano	Perdas de energia kW
	Inverno	Verão		
Casa de Banho (4,87 m ²)	35	110	120	0,23

Tabela 3.4 - Resumo energético para a Casa de Banho durante o ano

3.3.4. DESEMPENHO GLOBAL DO EDIFÍCIO

Concluída a análise aos três compartimentos (sala, quarto e casa de banho), pode-se referir o seguinte:

- As elevadas áreas envidraçadas são um dos principais elementos, da envolvente exterior, responsáveis pelas perdas ou ganhos de energia no edifício.
- As necessidades de fornecimento de energia aumentam com a área dos compartimentos.
- A ventilação do espaço interior é responsável por elevadas perdas ou ganhos de energia (Inverno ou Verão) no edifício.

De acordo com a análise dinâmica do comportamento térmico efectuada ao edifício em estudo, apresenta-se na Figura 3.24 os consumos de combustíveis (gás e electricidade) para o funcionamento dos sistemas de aquecimento e de arrefecimento.

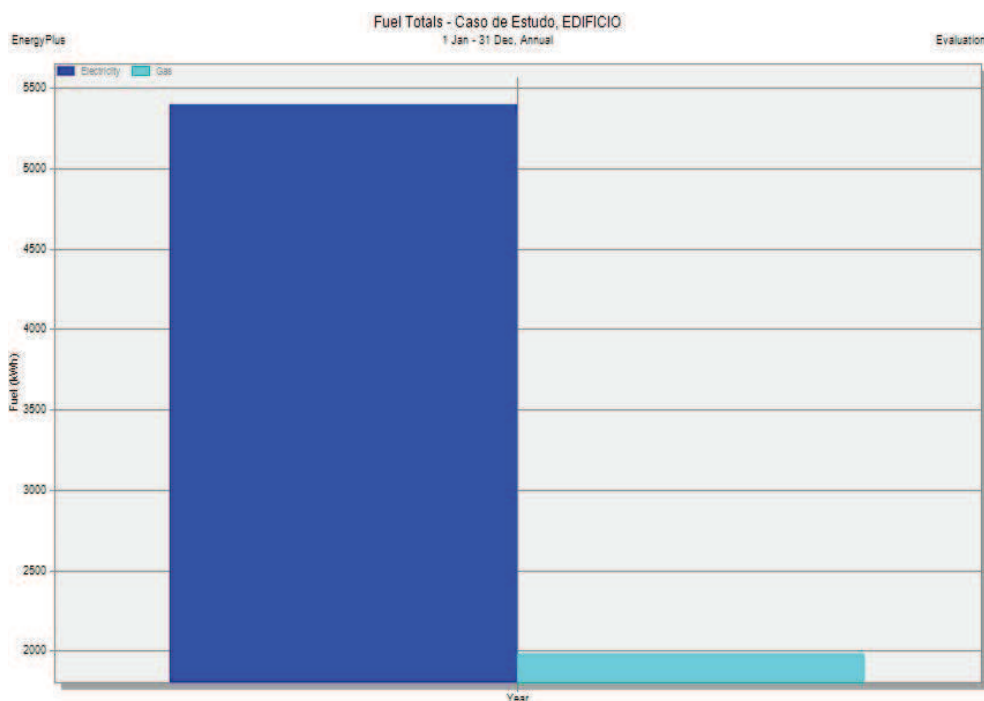


Figura 3.24 - Consumos energéticos do edifício em estudo para sistemas de climatização

Legenda Figura 3.24:

Azul escuro - consumo de electricidade;

Azul claro - consumo de gás;

Esta Figura 3.24 permite observar uma enorme discrepância entre os consumos de electricidade e de gás. Conforme referido anteriormente os consumos de electricidade estão afectados à utilização de sistemas de arrefecimento e os consumos de gás ao sistema de aquecimento. Estes resultados evidenciam o referido na análise dos compartimentos do edifício. Pois veja-se que no Verão é necessário despende 5450 kWh/ano de electricidade de modo a manter a temperatura na zona de conforto definida (18 ao 21°C). Para o aquecimento do edifício durante o Inverno, são necessários despende 1950 kWh/ano, apenas cerca de 36% do necessário para o Verão. Portanto estes resultados comprovam que o edifício apresenta melhor comportamento térmico no Inverno do que no Verão.

Do ponto de vista económico:

No Verão são gastos 757,55 € em electricidade (atendendo a uma taxa eléctrica de 0,139 €/kWh), enquanto que no Inverno são gastos 157,30 € de gás natural (o poder calorífico do gás natural é de 10,5 kWh/m³, são necessários 185,71 m³ de gás para gerar 1950 kWh. O valor por m³ de gás natural considerado é de 0,847€). Deste modo é evidente que o edifício apresenta maiores custos no Verão do que no Inverno para o manter na zona de conforto térmico.

A Tabela 3.5 apresenta o resumo das necessidades energéticas e dos custos com a energia, para os compartimentos analisados e para o edifício de habitação.

Divisão	Necessidades de energia kWh/ano		Custos com a energia (€)	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Sala (90,42 m ²)	350	2200	28,23	305,80
Quarto (21,60 m ²)	150	450	12,10	62,55
Casa de Banho (4,87 m ²)	35	110	2,82	15,29
Edifício (245,25 m ²)	1950	5450	157,30	757,55

Tabela 3.5 - Resumo das necessidades energéticas e custos com a energia (Sala, Quarto, WC e Edifício)

3.4. Avaliação da sustentabilidade recorrendo ao SBTool^{PT}-H

Apresentado o caso de estudo, procede-se à certificação do edifício através da metodologia SBTool^{PT}-H. Com esta ferramenta é avaliada a classe de sustentabilidade do edifício e aferido cada parâmetro.

Assim neste item procede-se à apresentação dos resultados obtidos descrevendo-se os cálculos efectuados de acordo com a metodologia SBTool^{PT}-H, descrita no Capítulo 2 e apresentada no Anexo D.

Dimensão Ambiental:

- **Parâmetro P1 - Valor agregado das categorias de impacto ambiental de ciclo de vida de área útil de pavimento e por ano**

De modo a verificar este parâmetro fez-se uma análise aos projectos das diversas especialidades de forma a elaborar um mapa de quantidades de materiais, contemplados pela avaliação do SBTool^{PT}-H.

Elemento	Tipo	Descrição	Volume ou Área	Unidades
Estrutura	1	Betão de limpeza	18,89	m ³
	2	Betão armado	407,08	m ³
Piso Térreo	Suporte 1	Brita - 20 cm	169,66	m ²
		Filme de Polietileno 180 gr		
		Rede electrosoldada "Malhasol" CQ38		
		Betão 15 cm		
	Suporte 2	Betão C20-25	237,11	
		Rede electrosoldada "Malhasol" CQ38		

		Camada de enchimento 0,04 m		
		Betão de regularização C12-15		
	Suporte 3	Camada de enchimento e regularização sobre massame de betão, com espessura média de 0.04 m	237,11	
Pavimentos	Revestimento 1	Betonilha leve com cortiça granulada: CORKfast da Amorim Cork Composites. membrana de subpavimento à base de cortiça: AcoustiCORK T61- Pavimento cerâmico	349,77	
	Revestimento 2	Betonilha leve com cortiça granulada: CORKfast da Amorim Cork Composites. membrana de subpavimento à base de cortiça: AcoustiCORK C31PE- Pavimento Flutuante	135,59	
	Revestimento 3	Mosaico Infinity Grafite Grey 30x60 da Recer, com a referência G1303	252,73	
	Revestimento 4	Lajetas de mármore cinzento	98,69	
	Revestimento 5	Réguas de flutuante, nature, em folha única, 1830x148x15 mm, em Sucupira, Ref. RW03052 da AMORIM.	138,22	
	Revestimento 6	Mosaico rectificado Infinity Basic Grey 30x60,G1317(WC -p1)	9,74	
	Revestimento 7	Mosaico rectificado Infinity Index Beje 30x60,G1318 (restantes WC)	19,50	
	Revestimento 8	Deck, formado por pranchas maciças de madeira e fibras plásticas, 23 mm de espessura	146,96	
Piso Intermédio	Revestimento 1	Gesso cartonado hidrófugo	282,15	m ²
	Revestimento 2	Reboco	146,39	
	Revestimento 3	Pintura plástica	428,54	
Coberturas	Revestimento 1	Enchimento Betão leve 0,075 m	167,16	m ²
	Revestimento 2	Impermeabilizada com primário betuminoso	167,16	
	Revestimento 3	Tela de betume plastómero A.P.P., sendo a primeira com 3 kg/m ² e armadura de fibra de vidro	167,16	
	Revestimento 4	Tela de betume plastómero A.P.P., sendo a primeira com 4 kg/m ² e armadura de fibra de poliéster	167,16	
	Revestimento 5	Geotextil	167,16	
	Revestimento 6	Isolamento térmico, com placas de Roofmate SL-40	167,16	
	Revestimento 7	Seixo Rolado	167,16	
Paredes Exteriores	Suporte 1	Blocos Térmicos de Argila expandida com as dimensões 500x200x250 mm: Bloco BTE Proetics 25 da Artebel	294,14	m ²

		Isolamento Térmico Projectado, revestindo alvenaria e estrutura. Este revestimento, ISODUR, da Secil, é composto por cimento branco, agregados leves EPS e aditivos		
	Revestimento 1	Reboco hidrófugo, areado fino	277,86	m ²
	Revestimento 2	Azulejo Love Ceramic Tils, Land Grey 29.2x59.2	8,63	
	Revestimento 3	Porcelânico Redwood 15x60 cm, serie Re-Wood da Marmagres	24,30	
	Revestimento 4	Moleanos brancos com acabamento riscado	16,65	
	Revestimento 5	Pintura de membrana flexível - CIN Vinylmat Branco Puro	277,86	
Paredes Interiores	Suporte 1	Blocos Acústicos, modelo Free 11 da Artebel, 55x24x11centímetros	204,75	m ²
	Revestimento 1	Reboco hidrófugo, areado fino	545,60	
	Revestimento 2	Porcelanato rectificado Athabaska Cinza Grafite 30x90	24,40	
	Revestimento 3	Pastilha Athabaska Cinza Grafite 2,2 x 4,5 (30x30)	20,00	
	Revestimento 4	Porcelanato rectificado Athabaska Bege Camel 30x90	62,52	
	Revestimento 5	Pastilha Athabaska Bege Camel 4,5x4,5 (30x30)	34,84	
	Revestimento 6	Argamassa de cimento projectado	429,46	
	Revestimento 7	Tinta CIN Vinylsoft Branco Puro D787	545,60	
Vãos Envidraçados	1	Vidro duplo idêntico à prática convencional, Classe A3, caixilharia de alumínio	97,3	m ²
Estores	1	Estores marca percolor	97,3	m ²
Vãos Interiores	1	Painel standardizado de madeira, com aplicação de guarnição de 10 cm e aro recto	23,2	m ²
Vãos Exteriores	1	Madeira maciça de Sucupira	1,80	m ³
	2	Sistema seccionado, da Painel 2000, e com mecanismo e comandos da Somfy	7,73	
Soleiras e Peitoris	1	Moleanos azul	22,2	m ²

Tabela 3.6 - Mapa de medições dos diferentes elementos que constituem a habitação.

Sintetizadas todas as quantidades dos materiais utilizados na construção do edifício em estudo, procedeu-se à recolha de DAP de modo a aferir o impacte ambiental do ciclo de vida de cada material. Face à dificuldade em encontrar estes documentos e à inexistência de DAP para alguns dos materiais descritos, ou de materiais idênticos, recorreu-se a uma base de dados de LCA (*Life Cycle Assessment*), fornecida pela iiSBE PT no manual do SBTool. Esta base de dados está no Anexo C.

Com os dados aferidos procede-se à aplicação da metodologia de cálculo do SBTool^{PT}-H preenchendo a Tabela A.2.A - Impactes incorporados nos materiais utilizados na solução de suporte e revestimentos distintos dos convencionais, e a Tabela A.2.B - Impactes incorporados nos materiais utilizados na solução de suporte e revestimentos convencionais, referente à quantificação da contribuição das fases de montagem e de desmantelamento. Estas tabelas são apresentadas no manual da ferramenta de avaliação (SBTool^{PT}-H, 2009).

Com estas duas tabelas preenchidas e aferidos o valores de impactes totais de ciclo de vida do edifício procedeu-se à normalização dos valores na Tabela 1.37 - Normalização e avaliação do desempenho ambiental global da solução em avaliação. Todas estas tabelas estão apresentadas e devidamente preenchidas no Anexo D.

Concluído o processo de cálculo do parâmetro P1 - Valor agregado das categorias de impacte ambiental de ciclo de vida de área útil de pavimento e por ano, estamos perante um valor normalizado de 0,748, que corresponde segundo a escala de classificação a uma classe de desempenho A. Deste modo pode-se concluir que o projectista da arquitectura teve especial cuidado na escolha dos materiais a aplicar no edifício.

- **Parâmetro P2 - Percentagem utilizada do índice de utilização líquido disponível**

Neste parâmetro calcula-se a percentagem utilizada do índice de utilização líquido do edifício (PAUL). Para o cálculo do PAUL e segundo a metodologia da ferramenta de avaliação da sustentabilidade recorreu-se ao Plano Director Municipal de Pombal (PDM), ver Anexo B, de modo a aferir o índice de utilização líquido máximo (IULmax). Através deste documento e para o local onde a habitação está inserida o IULmax corresponde a 0,60.

Sendo a área bruta de construção de habitação de 245,25m² e a área da parcela onde que contem a habitação de 421,0m², obtemos o índice de utilização líquido através da equação 3.1.

$IUL = [\text{Área Bruta} / \text{Área da Parcela}]$	(3.1)
--	-------

Deste modo o IUL da habitação apresentada é de 0,58. Com os dados apresentados procede-se ao cálculo a PAUL conforme a metodologia de cálculo apresentada no Capítulo 2.

O valor da habitação de percentagem utilizada do índice de utilização líquido disponível calculado foi de PAUL = 97,09%.

De realçar que a melhor prática na verificação deste parâmetro é de 90% e a prática convencional de 50%.

Após aferidos estes valores procedeu-se à normalização dos resultados, obtendo-se o valor de 1,18 correspondente a uma classificação de classe de desempenho de A⁺ para este parâmetro P2 - Percentagem utilizada do índice de utilização líquido do edifício.

- **Parâmetro P3 - Índice de impermeabilização**

Através da verificação deste parâmetro aferiu-se o PIMP (índice de impermeabilização). Através do projecto de arquitectura e dos materiais utilizados na habitação e nos espaços exteriores verifica-se uma área impermeável de 247,0 m² (AIMP), contra uma área permeável de 174,0m². Como já referido a área da parcela onde se insere a habitação é de 421,0m² (ATOT).

Com estes dados obteve-se um PIMP=58,60%. De realçar que a melhor prática para este parâmetro é de 30% e a prática convencional é de 60%.

De acordo com a metodologia de cálculo, procedeu-se à normalização dos resultados onde se aferiu o valor de 0,05, o que corresponde segundo a escala de classificação do SBTool^{PT}-H a uma classe de desempenho D para este parâmetro P3 - Índice de impermeabilização.

- **Parâmetro P4 - Percentagem da área de intervenção previamente contaminada ou edificada**

Este parâmetro tem como objectivo a avaliação da sustentabilidade tendo em conta a utilização do solo em que se pretende edificar a habitação. Esta metodologia entende necessário a ocupação de terrenos previamente contaminados, portanto terrenos onde já existiram outros edifícios construídos ou outras utilizações, evitando assim a degradação e o uso exagerado do solo. Contudo no que se refere ao caso de estudo adoptado, a habitação será construída num terreno desocupado, sem construção e sem qualquer fonte de contaminação do solo.

Face ao exposto o valor de PACE (percentagem de área de intervenção previamente contaminada ou edificada) é igual a 0,0%. Realça-se que a melhor prática para este parâmetro é de 90% e a prática convencional de 0%.

De acordo com a metodologia procedeu-se à normalização dos resultados onde se aferiu o valor de 0,0. Face a este resultado e de acordo com a escala de classificação SBTool^{PT}-H a classe de desempenho do parâmetro P4 - Percentagem da área de intervenção previamente contaminada ou edificada é de D.

- **Parâmetro P5 - Percentagem de áreas verdes ocupadas por plantas autóctones**

O parâmetro P5 avalia a utilização de espécies autóctones nos espaços verdes do edifício em estudo. A utilização destas espécies tem como grande vantagem a manutenção da flora local. No ponto de vista sustentável a nível de gastos, estas espécies carecem de uma menor manutenção e rega, resistindo melhor ao clima local, ao qual se adaptaram ao longo da sua evolução no tempo.

De acordo com o projecto de arquitectura presente no Anexo A, a área destinada a espaços verdes da habitação em estudo é de 41,0 m². Contudo o projecto não contempla as

espécies a colocar nestes espaços, por este facto considera-se que PAUT (Percentagem de áreas verdes ocupada por plantas autóctones) é de 0,0%.

Neste parâmetro a melhor prática corresponde a 90,0% e a prática convencional a 30,0%.

De acordo com a metodologia de cálculo procedeu-se á normalização dos resultados, obtendo-se o valor de -0,2%. Tendo em conta a escala de classificação do SBTool^{PT}-H, a classificação do parâmetro P5 - Percentagem de áreas verdes ocupadas por plantas autóctones apresenta uma classe de desempenho E.

- **Parâmetro P6 -Percentagem da área em planta com reflectância igual ou superior a 60%**

Este parâmetro dá especial importância ao efeito da ilha de calor. Este efeito tem vindo a agravar-se pela diminuição de espaços verdes e a grande concentração de edifícios. Assim este efeito é mais sentido nos grandes espaços urbanos. Face a esta situação uma forma de diminuir este efeito é recorrendo a maiores espaços verdes, espelhos de água e à utilização de materiais com elevado nível de reflectância.

De acordo com o projecto de arquitectura no Anexo A, os materiais utilizados nos espaços horizontais apresentam cores com reflectância inferior a 60%. Este valor é aferido pela Tabela 15 do Capítulo 2 do manual do SBTOOL, (SBTool^{PT}-H, 2009).

De acordo com os dados fornecidos pelo projecto de arquitectura, a área de espaços verdes da habitação em estudo é de 41,0 m², a habitação apresenta uma área de um espelho de água de 38,0 m², sendo esta considerada como reflectância superior a 60%. Também como já referido anteriormente a área total da parcela (ATOT) é de 421,0 m².

Com estes dados e dando sequência à metodologia de cálculo desta ferramenta de avaliação da sustentabilidade temos um valor da percentagem de área em planta com reflectância igual ou superior a 60% (PRFL) de 18,76%. Para este parâmetro a melhor prática corresponde a 90,0% e a prática convencional corresponde a 40,0%.

De acordo com a metodologia de cálculo procedeu-se à normalização do resultado na qual se obteve o valor de -0,2. Segundo a escala de classificação do SBTool^{PT}-H, o parâmetro P6 - Percentagem da área em planta com reflectância igual ou superior a 60%, apresenta uma classe de desempenho E.

- **Parâmetro P7 - Consumo de energia primária não renovável na fase de utilização**

Este parâmetro realça a importância da redução do consumo de energia não renovável durante a fase de utilização do edifício em estudo. Este ponto é um ponto cada vez mais importante uma vez que as reservas de materiais não renováveis que nos fornecem energia estão perto do limite.

Face ao exposto foi analisado o projecto térmico presente no Anexo A, no qual se aferiu o valor das necessidades anuais globais de energia primária para a climatização e para águas quentes sanitárias (Ntc), sendo este igual a 1,15 Kgep/m².ano, e o valor máximo regulamentar para as necessidades máximas de energia primária para climatização e águas quentes sanitárias (Nt), o qual apresenta o valor de 4,02 Kgep/m².ano.

De acordo com a metodologia de cálculo o valor estimado de energia primária não renovável (PENR) é igual ao valor de Ntc de 1,15 Kgep/m².ano. Para este parâmetro a melhor prática é igual a 25% do valor de Nt que corresponde a 1,0 Kgep/m².ano, e a prática convencional corresponde ao valor de Nt que é de 4,02 Kgep/m².ano.

Procedendo de acordo com a metodologia de cálculo da ferramenta de avaliação da sustentabilidade, o cálculo da normalização aferiu o valor de 0,95. De acordo com a escala de classificação do SBTool^{PT}-H o parâmetro P7 - Consumo de energia primária não renovável na fase de utilização apresenta uma classe de desempenho A.

- **Parâmetro P8 - Quantidade de energia que é produzida no edifício através de fontes renováveis**

Neste parâmetro a especial importância vai para a utilização de mecanismos de produção de energia a partir de fontes renováveis. Neste parâmetro é considerado a produção de energia eléctrica, como a produção de energia para o aquecimento de águas sanitárias e do ambiente da habitação.

Para o cálculo do presente parâmetro recorreu-se ao projecto do comportamento térmico presente no Anexo A.

Deste modo e de acordo com a metodologia de cálculo procedeu-se ao cálculo da quantidade de energia produzida anualmente no edifício através de fontes renováveis (PER). Para a determinação de PER, verificou-se pelo projecto do comportamento térmico que o valor da contribuição de sistemas de colectores solares para o aquecimento de águas sanitárias (Esolar) é de 1787 kWh/ano. No edifício não estão previstos outros dispositivos de produção de energia a partir de fontes de energia renováveis, pelo que o valor da contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis (Eren) é 0 kWh/ano.

Conforme o projecto de arquitectura apresentado no Anexo A, a área de pavimento do edifício em estudo é de 245,25 m². Através deste dados e de acordo com a metodologia de cálculo apresentada no Capítulo 2 obtém-se PER=7,28 kWh/m².ano.

De acordo com o projecto do comportamento térmico o valor da energia útil despendida com sistemas convencionais de preparação de águas quentes sanitárias (Qa) é de 9,0 kWh /ano. Por outro lado, no projecto de comportamento térmico a eficiência da conservação do sistema convencional de preparação de águas quentes sanitárias (η_a) é de 3,0. Com estes resultados a

metodologia de cálculo do SBTool^{PT}-H estabelece que a energia útil despendida com sistemas convencionais de preparação de águas quentes sanitárias (N_{AQS}) é de 0,012 kWh/m².ano.

As necessidades nominais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) e para arrefecimento (N_{vc}), de acordo com o projecto térmico são:

- $N_{ic} = 46,07 \text{ kWh /m}^2\text{.ano}$;
- $N_{vc} = 1,05 \text{ kWh/m}^2\text{.ano}$.

Segundo a metodologia SBTool^{PT}-H a energia primária equivalente (N_{tc}') a 1,2 vezes as necessidades anuais nominais globais estimadas de energia primária obtém o valor de 1,623 Kgep/m².ano, convertendo este valor de energia primária (Kgep) para energia eléctrica final equivalente (kWh) obtém-se $N_{tc}'' = 5,597 \text{ kWh/m}^2\text{.ano}$. Desta forma a melhor prática corresponde a $N_{tc}'' = 5,597 \text{ kWh/m}^2\text{.ano}$, e a prática convencional a $0,50 * N_{aqs} = 0,006 \text{ kWh/m}^2\text{.ano}$.

Com os resultados obtidos procedeu-se á normalização com a qual se obteve o valor de 1,20 que corresponde segundo o SBTool^{PT}-H para o parâmetro P8 - Quantidade de energia que é produzida no edifício através de fontes renováveis apresenta uma classe de desempenho A+.

- **Parâmetro P9 - Percentagem em custo de materiais reutilizados**

Não foram contabilizados quaisquer materiais reutilizados. Os projectos são referentes à construção de um edifício novo e não frisam qualquer reutilização de materiais provenientes de outras construções.

Atendendo à metodologia da ferramenta de avaliação da sustentabilidade, a percentagem em custo de materiais e produtos utilizados em obra que são reutilizados (PCREU), é igual a 0,0%.

A melhor prática neste parâmetro situa-se nos 15,0% e a prática convencional nos 0,0%. De acordo com a metodologia SBTool^{PT}-H, procede-se á normalização a qual se obtém o valor de 0,0 o que segundo a escala de classificação SBTool^{PT}-H corresponde para o parâmetro P9 - Percentagem em custo de materiais reutilizados apresenta uma classe de desempenho D.

- **Parâmetro P10 - Percentagem em peso do conteúdo reciclado do edifício**

No projecto de arquitectura não é referenciado a utilização de materiais com conteúdos reciclados. Todos os materiais constituintes do edifício foram estudados segundo as especificações dos fabricantes, deste modo foram utilizados os seguintes materiais com conteúdo reciclado igual à prática convencional:

- Agregados de enchimento;
- Argamassa convencional;

- Betão armado in situ classe C25 ou superior;
- Poliestireno expandido;
- Aço em varão;
- Alumínio extrudido;
- Madeira;
- Gesso cartonado;
- Tijoleira/azulejo;
- Envidraçados.

Optou-se por utilizar estes materiais com conteúdo reciclado por serem os que apresentam maiores quantidades na construção do edifício e as DAP dos materiais idênticos estar referenciado percentagens recicladas.

De acordo com a metodologia SBTool^{PT}-H, quando não existem dados dos materiais no que respeita à percentagem de conteúdo reciclado adopta-se o valor da prática convencional.

Através do preenchimento da Tabela 10.2 do Anexo D, obtém-se o valor da percentagem em peso do conteúdo reciclado do edifício (PCRE) 0,0%. De acordo com a metodologia SBTool^{PT}-H, procede-se à normalização a qual se obtém o valor de 0,0 o que segundo a escala de classificação SBTool^{PT}-H corresponde para o parâmetro P10 - Percentagem em peso do conteúdo reciclado do edifício a uma classe de desempenho D.

- **Parâmetro P11 - Percentagem em custo de produtos de base orgânica que são certificados**

Este parâmetro dá ênfase aos materiais com conteúdo de base orgânica aos quais foram atribuídos rótulos de certificados ambientais.

Nos materiais referenciados no projecto de arquitectura Anexo A, e de acordo com os seus fabricantes não está contabilizado nenhum material ao qual foi atribuído um dos rótulos de certificados ambientais aceite pela metodologia SBTool^{PT}-H.

Face a esta situação a percentagem em custo de materiais de madeira ou de base orgânica certificados (PCER) é igual a 0,0%. De acordo com a metodologia SBTool^{PT}-H, procede-se à normalização a qual se obtém o valor de 0, o que segundo a escala de classificação SBTool^{PT}-H corresponde para o parâmetro P11 - Percentagem em custo de produtos de base orgânica que são certificados a uma classe de desempenho D.

- **Parâmetro P12 - Percentagem em massa de materiais substitutos do cimento no betão**

Este parâmetro valoriza a utilização de materiais substitutos do cimento no fabrico de betão, uma vez que a produção de cimento é uma das actividades mais poluidoras e que mais energia consome no seu processo de fabrico.

Deste modo e de acordo com um estudo de composição do betão para a classe C25/30 presente no Anexo B, considera-se que a percentagem de cinzas volantes substitutas do cimento é de 6,2%. Atendendo ao estudo de composição e aos valores aferidos temos que a massa total de ligantes utilizados no fabrico de betão (M_{LIG}) corresponde a 330 kg (cimento e cinzas volantes) e a massa de ligantes substitutos do cimento no fabrico de betão (M_{SUB}) é de 115 kg. Com estes dados é possível calcular a percentagem em massa de materiais substitutos do cimento no betão (P_{SUB}) que obtém o valor de 34,85%.

De acordo com a metodologia da ferramenta de avaliação da sustentabilidade a melhor prática corresponde a 30,0% e a prática convencional corresponde a 0,0%.

Através da metodologia SBTool^{PT}-H, procede-se à normalização a qual se obtém o valor de 1,16, o que segundo a escala de classificação SBTool^{PT}-H corresponde ao parâmetro P11 - Percentagem em massa de materiais substitutos do cimento no betão, a uma classe de desempenho A⁺.

- **Parâmetro P13 - Potencial das condições do edifício para a promoção da separação de resíduos sólidos**

O parâmetro em enfase avalia os incentivos à separação de resíduos sólidos de forma a tornar o processo de reciclar mais autónomo e viável.

Segundo o projecto de arquitectura não estão referenciados nenhum dos critérios presentes na tabela 13.1 do Anexo D, com excepção do critério 3.1.1 que foi aferido no local verificando a existência de contentores situados a uma distância da porta do edifício superior a 50 m e inferior a 500 m.

Concluído o preenchimento desta tabela, o valor do Potencial das condições do edifício para a promoção da separação de resíduos sólidos obtém o valor 10, que corresponde ao número de créditos do único critério que é verificado.

De acordo com a metodologia da ferramenta de avaliação da sustentabilidade a melhor prática corresponde a 50 créditos e a prática convencional corresponde a 10 créditos.

Através da metodologia SBTool^{PT}-H, proceder-se-á normalização a qual se obtém o valor de 0,0 o que segundo a escala de classificação SBTool^{PT}-H corresponde ao parâmetro P13 - Potencial das condições do edifício para a promoção da separação de resíduos sólidos, a uma classe de desempenho D.

- **Parâmetro P14 - Volume anual de água consumido per capita no interior do edifício**

Este parâmetro avalia a potencialidade do edifício no que respeita à preservação de um bem essencial á vida, a água.

Nos projectos presentes no Anexo A, não são referenciados os dispositivos de fornecimento de água no interior da habitação. Face a esta situação e de acordo com a metodologia SBTool^{PT}-H, consideram-se os dispositivos convencionais como dispositivos instalados. Desta forma considerou-se como dispositivos os seguintes:

- Bacia de retrete com dupla descarga de 3/4L;
- Torneiras convencionais;
- Lava louça com torneira convencional;
- Chuveiros 12<fluxo<15;
- Máquina de lavar roupa com prática corrente;
- Máquina de lavar louça com prática corrente.

Através do preenchimento da tabela 14.2 do Anexo D, obtém-se como previsão do volume anual de água consumido per capita no interior do edifício (PCA) igual a 40,33 m³/hab.ano.

De acordo com a metodologia da ferramenta de avaliação da sustentabilidade a melhor prática corresponde a 22,0 m³/hab.ano e a prática convencional corresponde a 44 m³/hab.ano.

Através da metodologia SBTool^{PT}-H, procede-se á normalização a qual se obtém o valor de 0,167, o que segundo a escala de classificação SBTool^{PT}-H corresponde ao parâmetro P14 - Volume anual de água consumido per capita no interior do edifício, a uma classe de desempenho C.

- **Parâmetro P15 - Percentagem de redução do consumo de água potável**

O objectivo deste parâmetro é potencializar edifícios que usem água proveniente da chuva ou reutilização de águas residuais domésticas.

De acordo com os projectos expostos no Anexo A, não estão contemplados quaisquer dispositivos de captação de água proveniente da chuva nem sistemas que permitam a reutilização de águas residuais domésticas.

Face ao exposto a percentagem de redução do consumo de água potável (PRCA) é igual a 0,0%.

De acordo com a metodologia da ferramenta de avaliação da sustentabilidade a melhor prática corresponde a 24,43% e a prática convencional corresponde a 0%.

Através da metodologia SBTool^{PT}-H, procede-se á normalização a qual se obtém o valor de 0,0, o que segundo a escala de classificação SBTool^{PT}-H corresponde ao parâmetro P15 - Percentagem de redução do consumo de água potável, a uma classe de desempenho D.

- **Parâmetro P16 - Potencial de Ventilação Natural**

O parâmetro em análise promove a ventilação natural no edifício de habitação, o que evita a utilização de meios mecânicos para ventilar o espaço interior o que por sua vez reduz o consumo de energia. De acordo com alguns analistas, um edifício bem ventilado com ar não poluído exterior é um edifício saudável, renovando o ar saturado que se encontra no interior deste.

Analisando os projectos expostos em Anexo A, deu-se lugar ao preenchimento da tabela 16.1 do Anexo D, a qual se obteve como valor do potencial de Ventilação Natural (P_{VN}) igual a 70 créditos.

De acordo com a metodologia da ferramenta de avaliação da sustentabilidade a melhor prática corresponde a 60 créditos e a prática convencional corresponde a 30 créditos.

Através da metodologia SBTool^{PT}-H, procede-se á normalização a qual se obtém o valor de 1,20, o que segundo a escala de classificação SBTool^{PT}-H corresponde ao parâmetro P16 - Potencial de Ventilação Natural, a uma classe de desempenho A⁺.

- **Parâmetro P17 - Percentagem em peso de materiais de acabamento com baixo conteúdo de COV**

O parâmetro 17 alerta para os perigos dos conteúdos orgânicos voláteis presentes nos materiais de acabamentos, como tintas, vernizes e madeiras. Estes conteúdos são muito prejudiciais para a saúde podendo levar até ao aparecimento de cancro. Os materiais com elevadas emissões de conteúdos orgânicos voláteis podem levar meses até que as suas emissões para o ar interior baixem, sendo que os projectistas devem ter em conta os produtos que aplicam nos projectos.

De acordo com os projectos das especialidades expostos em Anexo A, são apresentados como produtos de acabamentos os seguintes:

- Tinta CIN Vinylsoft Branco Puro D787;
- Réguas de flutuante, nature, em folha única, 1830x148x15 mm, em Sucupira, Ref. RW03052 da AMORIM.

De acordo com as especificações técnicas dos fabricantes presentes no Anexo B, ambos os produtos apresentam uma emissividade de compostos orgânicos voláteis inferior a 8mg/100g, estando este valor contemplado no intervalo do mínimo de emissividade.

Recorrendo às especificações técnicas e ao mapa de medições calculou-se a massa de todos os materiais de acabamento susceptíveis de libertar compostos orgânicos voláteis (M_{TOT}).

Para este cálculo considerou-se que na aplicação da tinta são necessárias duas demãos. Logo a $M_{TOT} = 194,8\text{kg}$ de tinta + $1161,05\text{Kg}$ de réguas = $1355,85\text{Kg}$ de materiais susceptíveis de libertar compostos orgânicos voláteis.

Face ao exposto a massa de compostos com baixa emissividade de compostos orgânicos voláteis é igual à massa total de materiais susceptíveis de libertar compostos orgânicos voláteis.

Com estes valores aferidos verifica-se que a Percentagem em Peso de Materiais de Acabamento com Baixo Conteúdo de COV (PCOV) é igual a 100%.

De acordo com a metodologia da ferramenta de avaliação da sustentabilidade a melhor prática corresponde a 90,0% e a prática convencional corresponde a 0,0%.

Através da metodologia SBTool^{PT}-H, procede-se à normalização a qual se obtém o valor de 1,11, o que segundo a escala de classificação SBTool^{PT}-H corresponde ao parâmetro P17 - Percentagem em peso de materiais de acabamento com baixo conteúdo de COV, a uma classe de desempenho A⁺.

- **Parâmetro P18 - Nível de conforto térmico médio anual**

Não foi feita a verificação deste ponto pelo facto do edifício em análise apresentar sistema de arrefecimento, o que de acordo com o manual do SBTool^{PT}-H dispensa a verificação do parâmetro em epígrafe.

- **Parâmetro P19 - Média do Factor de Luz do Dia Médio**

O parâmetro em análise avalia a quantidade de luz que entra no edifício de habitação em estudo. Deste modo são estudados factores de obstrução à Luz como edifícios próximos, palas do edifício e árvores de grande porte.

Analisando o projecto de arquitectura presente no Anexo A, verifica-se que não existem nas imediações grandes construções capazes de ser um factor de obstrução, nem estão mencionadas árvores de grandes portes nos espaços verdes do edifício. O único elemento de obstrução à luz presente no edifício são as palas e varandas sobre os vãos envidraçados.

De acordo com a metodologia SBTool^{PT}-H procedeu-se à verificação de cada compartimento (quartos, sala e cozinha) de modo a determinar:

- W - Área total da área envidraçada das janelas ou clarabóias;
- A - Área total de todas as superfícies interiores do compartimento (tecto, pavimento, paredes e janelas);
- R - Média ponderada das reflectâncias das superfícies interiores do compartimento, em função da área;
- M - Factor de correcção que permite traduzir a sujidade do envidraçado.
- T - Factor de transmissão da luz visível do vidro;

- Θ - Ângulo do céu visível. Corresponde ao ângulo formado pelos planos inferior e superior que delimitam a área visível do céu a partir do centro da janela do compartimento

A Tabela 3.7 que se segue serve de cálculo auxiliar para o cálculo deste parâmetro conforme a folha de cálculo apresentada no Anexo D.

	Quarto 1	Quarto 2	Quarto 3	Quarto 4	Sala de jantar/estar	Cozinha
W	5,78	5,78	10,9	6,76	16,47	9,85
M	1	1	1	1	1	1
T	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
R	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Alfa	0	0	0	0	0	0
Beta	27	27	38	5	47	38
Teta	63	63	52	85	43	52
Área (m ²)	18,5	18,82	21,6	16,82	48,85	21,87
Perímetro (m)	17,1	17	18,77	16,2	30,1	19,8
Pé-direito (m)	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
A	84,88	85,24	95,756	79	181,98	99,18
FLDM	12,01	11,96	16,57	20,37	10,90	14,46
FLDM	15,16				10,90	14,46
FLDMi*	3,0				3,0	3,0
FLDMi-	0,5				1,0	2,0
FLDMi	5,86				4,95	12,46
FLDMi*	3,00					
FLDMi-	0,89					
FLDM	6,54					

Tabela 3.7 - Cálculo da Média do Factor de Luz do Dia Médio

Os valores apresentados na Tabela 3.7 foram calculados segundo a Figura 19.1 do manual de avaliação V2009/2 do SBTTool^{PT}-H, (SBTTool^{PT}-H, 2009).

A Tabela 3.8 representa os valores calculados, para a melhor prática e para a prática convencional para o factor de luz do dia médio (FLDM) nos diferentes compartimentos:

FLDM	Cálculo	Melhor prática	Prática convencional
Quartos	15,16	3,00	0,50
Cozinha	14,46	3,00	2,00
Sala	10,90	3,00	1,00

Tabela 3.8 - Valores do factor de luz do dia médio, de cálculo, melhor prática e prática convencional

Através da metodologia SBTool^{PT}-H, procede-se à normalização a qual se obtém o valor de 1,20, o que segundo a escala de classificação SBTool^{PT}-H corresponde ao parâmetro P19 - Média do Factor de Luz do Dia Médio, a uma classe de desempenho A⁺.

- **Parâmetro P20 - Nível médio de isolamento acústico**

O presente parâmetro avalia o conforto acústico do edifício em estudo. O ruído é um dos principais factores de desconforto, estando comprovado que pode prejudicar gravemente a saúde dos utilizadores do edifício. Para a análise deste parâmetro de acordo com o processo de cálculo apresentado no Anexo D, teve como base o projecto acústico evidenciado no Anexo A.

De acordo com o projecto acústico temos:

- Edifício situado numa zona mista;
- Índice de isolamento a sons de condução aérea ($D_{2m,nT,w}$) do elemento de separação mais desfavorável entre o exterior e quartos ou zonas de estar dos fogos igual a 37,9 dBA.

De acordo com a metodologia da ferramenta de avaliação da sustentabilidade a melhor prática corresponde a 39 dBA e a prática convencional corresponde a 33 dBA.

- O valor do nível de conforto acústico a sons de condução aérea entre o exterior e quartos ou zonas de estar dos fogos, de acordo com a seguinte equação:

$$\overline{D_{2m,nT,w}} = [(D_{2m,nT,w} - D_{2m,nT,w*}) / (D_{2m,nT,w*} - D_{2m,nT,w*})] \quad (3.2)$$

O edifício em estudo é um edifício unifamiliar, deste modo o único requisito acústico a considerar é o apresentado

Através da metodologia SBTool^{PT}-H procede-se à determinação dos níveis de conforto acústico ao nível de cada requisito existente no RRAE (Pi) e do Nível Médio de Conforto Acústico (PCA), o qual se obtém o valor de 0,82, o que segundo a escala de classificação SBTool^{PT}-H corresponde ao parâmetro P20 - Nível médio de isolamento acústico, a uma classe de desempenho A.

- **Parâmetro P21 - Índice de acessibilidade a transportes**

Este parâmetro avalia a potencialidade de fomentar o uso de transportes públicos para as deslocações de médio e longo curso. Por esta forma é reduzida a emissão de gases poluentes para atmosfera uma vez que este meio de transporte em função dos seus ocupantes apresenta uma pegada ecológica menor que o transporte particular.

Para avaliar o edifício em estudo segundo este parâmetro é necessário determinar os seguintes pontos:

- De acordo com o manual do SBTool^{PT}-H o edifício em estudo encontra-se situado na Zona 4.
- A distância em planta (DTPi) desde a entrada principal do edifício até cada uma das paragens servidas por comboios, metro, autocarros e eléctricos. Considerar apenas as paragens de autocarro, metro e eléctrico situadas até uma distância de 500 m e as estações e apeadeiros de comboio situadas até 1000 m de distância. O meio de transporte considerado foi o autocarro.

$$DTPi=80,0 \text{ m}$$

- O tempo de percurso até cada paragem de transporte público (TPi) dividindo a distância (DTPi) pela velocidade média de um peão (80 m/min).

$$TPi=1,0 \text{ min}$$

- Determinar, para cada uma das paragens, o número de serviços (nj) que partem ou chegam durante as horas de ponta dos dias úteis.

$$Nj=9,0$$

- O tempo de espera para cada linha de transporte público (TEj) através da seguinte equação:

$T_{ej} = 0,5 * [60 / (60 / (ni/4))] = 13,33$	(3.6)
---	-------

- Calcular, para cada linha de transporte público, o tempo total de acesso (TTj), somando o tempo de percurso (TPi) com o tempo de espera (TEj) e com um factor que exprime a potencialidade de atraso (TAj):

$T_{Tj} = T_{Pi} + T_{Ej} + T_{Aj} = 16,33$	(3.7)
---	-------

Segundo o guia de avaliação do SBTool^{PT}-H o valor de T_{Aj} é de 2,0 minutos correspondente ao meio de transporte que serve a zona em estudo. Face à localização do edifício o meio de transporte considerado é o autocarro.

- Determinar, para cada linha de transporte público, a Frequência Equivalente à Entrada do Edifício (F_{EEEj}), através da seguinte equação:

$F_{EEEj} = (30 / T_{Tj}) = 1,84$	(3.8)
-----------------------------------	-------

A zona de implantação do edifício apenas é servida por um meio de transporte, o autocarro.

- Calcular para cada tipo de transporte público o Índice de Acessibilidade (I_{At}), através da seguinte equação:

$I_{At} = F_{EEEjmax} + [0,5 * (\text{somatório de todos os outros } F_{EEEj})]$	(3.9)
$= 2,76$	

- Determinar o Índice de Acessibilidade a Transportes Públicos (P_{ATP}), somando o I_{At} obtido para cada tipo de transporte público:

$$P_{ATP}=2,76$$

Segundo o estipulado no guia de avaliação da ferramenta de avaliação da sustentabilidade, a melhor prática corresponde a 3,5 e a prática convencional corresponde a 1,0 para a zona 4.

Através da metodologia SBTool^{PT}-H, procede-se à normalização a qual se obtém o valor de 0,70, o que segundo a escala de classificação SBTool^{PT}-H corresponde ao parâmetro P21 - Índice de acessibilidade a transportes, a uma classe de desempenho A.

Para a verificação deste parâmetro os dados apresentados foram facultados pela Camara Municipal de Pombal.

- **Parâmetro P22 - Índice de acessibilidade a amenidades**

O parâmetro em enfase avalia as potencialidades da zona de construção face às amenidades presentes a uma distância máxima de 2500 m.

De acordo com o apresentado no Capítulo 2, estas podem ser classificadas segundo a importância de utilização e em função da distância ao edifício em estudo ao qual é atribuído um número de créditos, conforme é apresentado no guia de avaliação V2009/2 do SBTool^{PT}-H, (SBTool^{PT}-H, 2009).

Após análise à zona onde se insere o edifício conclui-se que:

Amenidade	Classe	Distância máxima (m)	Créditos
Café	1	300	9
Espaço exterior Publico	1	2000	2
Mercearia	1	1500	4
Talho	1	2000	2
Banco	2	2500	1
Escolas primárias	2	2000	2
CTT	2	2500	1
Farmácia	2	2000	2
Parque infantil	2	2500	1
Caixa multibanco	2	1000	3
Ginásio	3	2500	1
Centro médico	3	2500	1
Centro recreativo	3	2500	1
Igreja	3	2500	1
Restaurante	3	2500	1

Tabela 3.9 - Créditos atribuídos às Amenidades

De acordo com o exposto no Anexo D, o índice de acessibilidades a amenidades (PAA) é igual a 32 créditos. A metodologia da ferramenta de avaliação da sustentabilidade determina para a melhor prática 30 créditos e a para a prática convencional 15 créditos.

Através da metodologia SBTool^{PT}-H, procede-se à normalização a qual se obtém o valor de 1,13, o que segundo a escala de classificação SBTool^{PT}-H corresponde ao parâmetro P22 - Índice de acessibilidade a amenidades, a uma classe de desempenho A⁺.

- **Parâmetro P23 - Disponibilidade e conteúdo do Manual do Utilizador do Edifício**

Este parâmetro rege-se à educação dos utilizadores do edifício, informando-os sobre a utilização dos equipamentos, períodos de manutenção, importância de separação dos resíduos, poupança de energia, consumo de água, transportes existentes, amenidades existentes e informação de emergência. Este conteúdo deve fazer parte do manual de utilizador do edifício juntamente com a ficha técnica da habitação.

Face ao edifício em estudo se encontrar na fase de projecto, não foi apresentado nenhum manual de utilizador nem ficha técnica da habitação. Esta última é elaborada no final da construção e consta como requisito obrigatório de acordo com a Portaria 817/2004.

Deste modo o índice PMU, cujo seu valor é calculado em função do conteúdo do manual de utilizador do edifício apresenta o valor de 0 créditos.

De acordo com a metodologia da ferramenta de avaliação da sustentabilidade a melhor prática corresponde a 75 créditos e a prática convencional corresponde a 15 créditos.

Através da metodologia SBTool^{PT}-H, procede-se á normalização a qual se obtém o valor de -0,20, o que segundo a escala de classificação SBTool^{PT}-H corresponde ao P23 - Disponibilidade e conteúdo do Manual do Utilizador do Edifício, a uma classe de desempenho E.

- **Parâmetro P24 - Valor do custo do investimento inicial por m² de área útil**

O presente parâmetro é o primeiro a abordar a dimensão económica, o qual avalia o custo de investimento inicial para a construção do edifício.

Para a análise deste parâmetro foram reunidos os seguintes dados:

- Valor inicial de construção - o valor considerado foi de 208.801,80€ (soma do valor de construção do edifício e de aquisição do terreno). A aferição deste valor teve como base o orçamento elaborado pela empresa em nome individual Vitorino Fernandes Martinho, 172.427,40 €, contudo esta previsão só se refere à construção do edifício. Foram também contactadas em Setembro de 2012, as agências imobiliárias Remax e ERA, de Pombal, de modo a aferir o valor do terreno. Segundo estas agências o valor do m² de terreno urbano nesta zona é de 80 €. De acordo com as especificações apresentadas no início do Capítulo 3 o edifício será construído num terreno com a área de 421 m². Ao valor do terreno foi considerado uma taxa de 8% face á comissão de venda. De forma sintetizada temos então: Valor do edifício - 172.427,40 €; Valor do terreno: 36.374,40 € [(80 € x 421 m²) x 1,08].
- O valor do custo de investimento inicial correspondente à melhor prática (PCI*) - Este valor foi obtido através da realização de um estudo de mercado de modo a verificar os custos por m² que se pratica na área envolvente ao local de implantação. O estudo envolveu 10 edifícios semelhantes ao edifício em estudo, correspondendo o valor de PCI* à média das 3 avaliações de menor custo. O estudo realizado teve como base os valores dados para os imoveis apresentados pela agência imobiliária Remax de Pombal. Este estudo é apresentado na Tabela 3.10.O valor de PCI* é de 669,17 €/m².
- O valor do custo de investimento inicial correspondente à prática convencional (PCI-) - Este valor foi obtido através da realização de um estudo de mercado de modo a verificar os custos por m² que se pratica na área envolvente ao local de implantação. O estudo envolveu 10 edifícios semelhantes ao edifício em estudo e o valor de PCI- corresponde à média dos valores obtidos. O estudo realizado teve como base de dados os valores dos imoveis apresentados pela agência imobiliária Remax de Pombal. Este estudo é apresentado na tabela 35.O valor de PCI* é 800,00€/m².

Valor do edifício (€)	Área (m ²)	Valor por m ² (€/m ²)
260.000,00	350,00	742,86
229.500,00	300,00	765,00
230.000,00	440,00	522,73
265.000,00	284,00	933,10
240.000,00	240,00	1000,00
265.000,00	280,00	946,43
250.000,00	320,00	781,25
220.000,00	280,00	785,71
210.000,00	270,00	777,78
230.000,00	310,00	741,94
Média dos 10 edifícios		800,00
Média dos três edifícios de menor custo		669,17

Tabela 3.10 - Cálculo do valor médio por m²

Após a análise apresentada o valor do custo de investimento Inicial da solução em estudo (PCI), é de 851,38€/m². Este valor foi obtido dividindo o valor de investimento inicial pela área útil do edifício em estudo que é de 245,25m².

De acordo com os dados apresentados a melhor prática corresponde a 669,17€/m² e a prática convencional corresponde a 800,00€/m².

Através da metodologia SBTool^{PT}-H, procede-se á normalização a qual se obtém o valor de -0,20, o que segundo a escala de classificação SBTool^{PT}-H corresponde ao P24 - Valor do custo do investimento inicial por m² de área útil, a uma classe de desempenho E. Este resultado deve-se ao elevado custo de investimento inicial, o qual toma estas proporções pelas características do edifício, nomeadamente a área bruta de construção e a qualidade dos materiais a aplicar.

- **Parâmetro P25 - Valor actual dos custos de utilização por m² de área útil**

O presente parâmetro avalia o valor de utilização por m² de área útil do edifício em estudo. Através dos valores apresentados é possível contabilizar os gastos energéticos, com consumo de água da solução e com resíduos da solução em estudo. Deste modo é possível aferir o custo de utilização do edifício durante o seu ciclo de vida, no que respeita a gastos com energia, água e resíduos.

Para a análise deste parâmetro foram reunidos os seguintes dados:

- TEE - custo de 1 kWh de electricidade em tarifa doméstica simples com IVA incluído (€/kWh) é igual a 0,139 €/ kWh;
- TGPL - custo de 1kg de gás propano com IVA incluído (€/kg) é igual a 1,50 €/Kg;

- TAP - tarifa de água potável do sistema público de abastecimento de água (€/m^3) é igual a $0,56 \text{ €/m}^3$;
- TAR - custo anual correspondente à drenagem das águas residuais é igual a $0,32 \text{ €/m}^3$;
- TRS - custo anual correspondente à recolha de resíduos sólidos urbanos é igual a $0,32 \text{ €/m}^3$;
- Taxa Euribor a 12 meses que é igual a 1,23% (taxa de referencia a 15/06/2012).

Os dados apresentados foram retirados através da Galp energia, EDP (Energias de Portugal), Camara Municipal de Pombal e INE (Instituto Nacional de Estatística).

Outros dados necessários ao cálculo do parâmetro em epígrafe estão expostos no Anexo A que contempla os projectos das especialidades.

O cálculo deste parâmetro é apresentado no Anexo D do presente trabalho.

De modo a aferir o resultado do presente parâmetro foram analisados os seguintes pontos:

Quantificação dos benchmarks para o valor actual dos custos de utilização:

- Determinar o Custo Anual do Consumo Energético correspondente à melhor prática (CEMP). Este valor foi calculado segundo a metodologia SBTool^{PT}-H apresentada no Anexo D, obtendo o Valor de $1,45 \text{ €/m}^2\cdot\text{ano}$.
- Determinar o Custo Anual do Consumo de Água Potável e da Produção de Águas Residuais e de Resíduos Sólidos Urbanos correspondente à melhor prática (CAMP). Este valor foi calculado segundo a metodologia SBTool^{PT}-H apresentada no Anexo D, obtendo o Valor de $0,41 \text{ €/m}^2\cdot\text{ano}$.
- Determinar o Valor Actual dos Custos de Utilização correspondentes à melhor prática (PCU*). Este valor foi calculado segundo a metodologia SBTool^{PT}-H apresentada no Anexo D, obtendo o Valor de $1,51 \text{ €/m}^2$.

Quantificação do valor actual dos custos de utilização correspondentes à prática convencional:

- Determinar o Custo Anual do Consumo Energético correspondente à prática convencional (CEPC). Este valor foi calculado segundo a metodologia SBTool^{PT}-H apresentada no Anexo D, obtendo o Valor de $5,82 \text{ €/m}^2\cdot\text{ano}$.
- Determinar o Custo Anual do Consumo de Água Potável e da Produção de Águas Residuais e de Resíduos Sólidos Urbanos correspondente à prática convencional (CAPC). Este valor foi calculado segundo a metodologia SBTool^{PT}-H apresentada no Anexo D, obtendo o Valor de $10,76 \text{ €/m}^2\cdot\text{ano}$.
- Determinar o Valor Actual dos Custos de Utilização correspondentes à prática convencional (PCU). Este valor foi calculado segundo a metodologia SBTool^{PT}-H apresentada no Anexo D, obtendo o Valor de $13,48 \text{ €/m}^2$.

Quantificação do valor actual dos custos de utilização correspondentes à solução em estudo:

- Determinar o Custo Anual do Consumo Energético correspondente à solução em estudo (CESE). Este valor foi calculado segundo a metodologia SBTool^{PT}-H apresentada no Anexo D, obtendo o Valor de 2,82 €/m².ano. Para o cálculo deste factor foi considerado como apoio ao aquecimento ambiente a resistência eléctrica com eficiência de 1 e como apoio ao arrefecimento a bomba de calor (arrefecimento) com eficiência de 3.
- Determinar o Custo Anual do Consumo de Água Potável e da Produção de Águas Residuais e de Resíduos Sólidos Urbanos correspondente à solução em estudo (CASE). Este valor foi calculado segundo a metodologia SBTool^{PT}-H apresentada no Anexo D, obtendo o Valor de 9,87 €/m².ano.
- Determinar o Valor Actual dos Custos de Utilização correspondentes à solução em estudo (PCU). Este valor foi calculado segundo a metodologia SBTool^{PT}-H apresentada no Anexo D, obtendo o Valor de 10,31 €/m².

Através da metodologia SBTool^{PT}-H, procede-se à normalização a qual se obtém o valor de 0,26, o que segundo a escala de classificação SBTool^{PT}-H corresponde ao P25 - Valor actual dos custos de utilização por m² de área útil, a uma classe de desempenho C.

Estão assim apresentados os resultados de todos os parâmetros avaliados segundo o SBTool^{PT}-H. De acordo com esta ferramenta de avaliação da sustentabilidade estão reunidas as condições de modo a proceder à agregação de resultados.

Na Figura 3.25 é apresentado um gráfico resumo dos valores de cada parâmetro segundo o SBTool^{PT}-H, para o edifício em estudo:

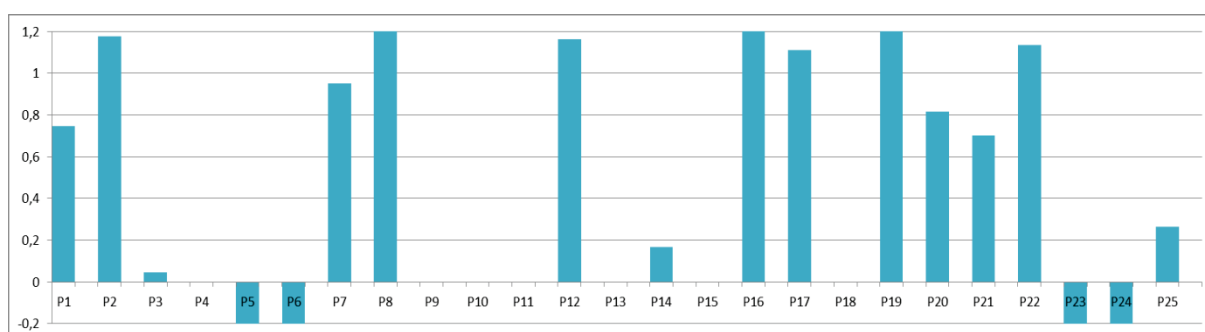


Figura 3.25 - Valores normalizados do desempenho sustentável dos parâmetros do edifício em estudo

Após a análise de cada parâmetro, efectua-se a agregação das nove categorias, das três dimensões, do SBTool^{PT}-H. Os resultados obtidos encontram-se apresentados no Anexo D. Após a agregação quantifica-se o nível de sustentabilidade do edifício.

Conforme o referido no Capítulo 2, a classificação atribuída a cada categoria rege-se pelo seguinte:

- C1 - Alterações climáticas e qualidade do ar exterior - o valor ponderado para esta categoria segundo a metodologia SBTool^{PT}-H é igual a 0,747, segundo a escala de classificação corresponde a uma classe de desempenho A.
- C2 - Uso do solo e biodiversidade - após a ponderação de valores de acordo com a metodologia da ferramenta de avaliação da sustentabilidade, esta categoria apresenta um valor igual a 0,35, o que segundo a escala de classificação do SBTool^{PT}-H corresponde a uma classe de desempenho C.
- C3 - Energia - através da ponderação de acordo com a metodologia do SBTool^{PT}-H esta categoria alcançou o valor de 1,08, o que segundo a escala de classificação desta metodologia corresponde a uma classe de desempenho A⁺.
- C4 - Materiais e Resíduos Sólidos - de acordo com o resultado obtido da ponderação dos valores dos parâmetros desta categoria, apresentados no Anexo D o valor alcançado é de 0,21, o que corresponde a uma classe de desempenho C de acordo com a metodologia de classificação do SBTool^{PT}-H.
- C5 - Água - o valor ponderado para esta categoria segundo a metodologia SBTool^{PT}-H é igual a 0,11, segundo a escala de classificação corresponde a uma classe de desempenho C.
- C6 - Conforto e Saúde dos Utilizadores - através da ponderação de acordo com a metodologia do SBTool^{PT}-H esta categoria alcançou o valor de 1,08, o que segundo a escala de classificação desta metodologia corresponde a uma classe de desempenho A⁺.
- C7 - Acessibilidade - após a ponderação de valores de acordo com a metodologia da ferramenta de avaliação da sustentabilidade, esta categoria apresenta um valor igual a 0,90, o que segundo a escala de classificação do SBTool^{PT}-H corresponde a uma classe de desempenho A.
- C8 - Sensibilização e educação para a sustentabilidade - de acordo com o resultado obtido da ponderação dos valores dos parâmetros desta categoria, apresentados no Anexo D o valor alcançado é de -0,20, o que corresponde a uma classe de desempenho E de acordo com a metodologia de classificação do SBTool^{PT}-H.
- C9 - Custos de ciclo de vida - o valor ponderado para esta categoria segundo a metodologia SBTool^{PT}-H é igual a 0,03, segundo a escala de classificação corresponde a uma classe de desempenho D.

Estão assim aferidas as classificações de desempenho sustentável atribuídas a cada uma das nove categorias que contemplam a metodologia da ferramenta de avaliação da sustentabilidade utilizada. Deste modo está classificado o edifício em estudo de acordo a cada parâmetro e categorias segundo o SBTool^{PT}-H.

Na Tabela 3.11 são apresentadas de forma resumida a classificação de desempenho da sustentabilidade referente a cada categoria:

	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	C 7	C 8	C 9
A+			●			●			
A	●						●		
B									
C		●		●	●				
D									●
E								●	

Tabela 3.11 - Nível de desempenho da sustentabilidade do edifício para as diferentes categorias SBTool^{PT}-H

Concluída a classificação das categorias do edifício em estudo, procedeu-se à agregação dos valores das categorias, de modo a determinar a classe das três dimensões que constituem o processo de avaliação do SBTool^{PT}-H, (SBTool^{PT}-H, 2009). Desta forma, as três dimensões, Ambiental, Social e Económica, apresentam a seguinte classificação, (ver Anexo D):

- D1 - Ambiental - após a ponderação de valores de acordo com a metodologia da ferramenta de avaliação da sustentabilidade esta dimensão apresenta o valor de 0,63 o que corresponde a uma classe de desempenho B.
- D2 - Social - de acordo com o resultado obtido de 0,90, resultante da ponderação dos valores das categorias que constituem esta dimensão, a mesma é classificada como classe de desempenho A.
- D3 - Económica - efectuada a ponderação referente a dimensão em epigrafe o valor obtido é de 0,03, correspondendo a uma classe de desempenho D.

Após a classificação do nível de desempenho da sustentabilidade de cada dimensão, referente ao edifício em estudo, estão reunidas as condições para a atribuição do nível de sustentabilidade do edifício. De acordo com a classificação dos parâmetros, categorias e dimensões, o nível de sustentabilidade do edifício obedece a uma ponderação dos resultados das dimensões segundo o seu peso.

Após ponderação e agregação dos valores das dimensões foi obtido um valor final do nível de sustentabilidade de 0,53, o que corresponde segundo a escala de classificação do SBTool^{PT}-H a uma Classe de desempenho B.



Figura 3.26 - Classificação do nível de sustentabilidade do edifício em estudo, segundo SBTool^{PT}-H

3.5. Conclusões

A avaliação da sustentabilidade do edifício em estudo recorrendo ao SBTool^{PT}-H, permitiu aferir um nível de sustentabilidade da classe de desempenho B.

Contudo este nível de sustentabilidade obtido para o edifício apresenta alguns pontos fracos de desempenho para alguns dos parâmetros analisados na metodologia. Pois veja-se que devido ao peso atribuído a cada um dos parâmetros analisados, segundo a metodologia SBTool^{PT}-H, a obtenção de um nível de desempenho global aceitável para o edifício foi determinada apesar de dentro das três dimensões, Ambiental, Social e Económica, existirem parâmetros classificados com a classe mais prejudicial, a classe de desempenho E.

Do estudo efectuado recorrendo ao SBTool^{PT}-H é possível concluir que:

Em termos Globais:

- O edifício analisado apresenta um nível de sustentabilidade classe B. Face aos pontos negativos analisados, esta classificação é considerada como boa uma vez que são poucas as medidas sustentáveis referentes à dimensão Ambiental e Económica.
- Em relação às dimensões de sustentabilidade avaliadas, o edifício obtém nível B na dimensão Ambiental, nível A na dimensão Social e nível D na dimensão Económica.
- O custo do ciclo de vida do edifício em estudo ronda os 10,31€/m².ano (consumo energético, água e taxa de tratamento de resíduos), conforme o resultado obtido no parâmetro P25, o que representa um valor elevado muito próximo da prática convencional.
- Com a finalidade de melhorar a classe de desempenho do edifício em termos de sustentabilidade, com menores gastos e menos prejudicial para o ambiente, serão apresentadas propostas de melhoria. As propostas de melhoria vão incidir essencialmente nos parâmetros inerentes à dimensão ambiental e da dimensão económica, já que em termos sociais o edifício apresenta uma classe de desempenho A.

Dimensão Ambiental:

- A dimensão Ambiental está inteiramente ligada à filosofia da concepção do edifício, avaliando o conjunto, nomeadamente os cuidados a ter aquando a construção, nos consumos que possui durante a sua vida útil, tendo em vista a protecção do meio ambiente.
- Para a dimensão Ambiental o edifício apresenta elevados níveis de desempenho da sustentabilidade no que respeita às categorias C1 - Alterações climáticas e qualidade do ar exterior e C3 - Eficiência energética. Com menores desempenhos para as categorias C2 - Uso do solo e Biodiversidade, C4 - Materiais e resíduos sólidos e C5 - Água. Portanto concretizando, o edifício apresenta elevado desempenho no que diz respeito à contabilização dos impactes ambientais associados ao ciclo de vida e

utilização de fontes renováveis para produção de águas quentes sanitárias. Apresentando menor desempenho ambiental devido a não se considerar a aplicação plantas autóctones, fomentar o efeito de ilha de calor, não ter existido no passado outra construção no terreno a utilizado, não considerar a reutilização e a utilização de materiais reciclados e por fim apresentar elevados consumos de água por utilizador do edifício e não contabilizar a reutilização da água potável.

- Na análise com vista a ser um edifício mais sustentável os parâmetros considerados como muito ou moderadamente gravosos serão corrigidos, eles são os parâmetros P3 a P6, P9 a P11, P13 a P15.

Dimensão Social:

- Nesta dimensão, os factores localização e espaço envolvente do edifício são fundamentais para a classificação atribuída. Refira-se que a maioria dos parâmetros que a constituem apresenta níveis de classificação de desempenho de excelência. Apenas o parâmetro P23, referente à disponibilidade do manual de utilizador, são aferidos com um nível de desempenho de classe E na medida em que o projecto respeita não contempla um Manual de Utilizador do Edifício.

Dimensão Económica:

- A dimensão Económica apresenta um nível de desempenho convencional, classe D. Nesta dimensão é analisada com especial atenção: o consumo de energia proveniente de fontes não renováveis para o aquecimento e para o arrefecimento; o consumo de energia proveniente de fontes não renováveis para o aquecimento de águas quentes sanitárias; o consumo de água potável e por fim a emissão de águas residuais e de resíduos sólidos. Os parâmetros associados a esta dimensão são apenas dois, P24 - Custos de investimento inicial e P25 - Custos de utilização, e apresentam valores tais que o nível de classificação a eles atribuído corresponde a classe de desempenho E e C, respectivamente. De salientar que a classe de desempenho obtida para o parâmetro P24 é devida à dimensão e às características que o edifício de habitação apresenta, portanto um valor de investimento inicial acima da média da construção corrente.
- Pelo exposto será dada uma especial atenção a esta dimensão, visto que os valores apresentados são gravosos no aspecto económico e sustentável.

Desempenho Térmico

Conforme a análise dinâmica do conforto térmico efectuada pelo Design Builder, verifica-se a mesma situação detectada pelo SBTool^{PT}-H, isto é, elevados gastos associados à sua utilização. O edifício em análise apresenta consumos energéticos na ordem dos 1950 kWh/ano para o Inverno e 5450 kWh/ano para o Verão com sistemas de climatização, de modo a manter a temperatura interior no intervalo de conforto definido.

- Do ponto de vista económico o edifício apresenta com os sistemas de climatização gastos na ordem do 157,30 € em gás natural, para aquecimento no Inverno, e 757,55 € em electricidade, para arrefecimento no Verão, de modo a manter a temperatura interior no intervalo de conforto definido.
- Em suma verifica-se que o edifício apresenta elevados gastos com sistemas de climatização, cerca de 914.85 €/ano, comportando-se melhor no Inverno do que no Verão. Os gastos no verão são superiores aos do inverno cerca de cinco vezes, o que leva a tomar medidas de melhoria do desempenho energético na estação do Verão. Estas medidas passam por evitar os ganhos térmicos, como o exemplo, a aplicação de vidros com menor condutibilidade térmica e emissividade.

4- Propostas de melhoria

Neste Capítulo 4 apresentam-se propostas para a melhoria da classificação do nível de sustentabilidade do edifício de habitação em estudo. As propostas apresentadas de melhoria regem-se pela alteração e eliminação de materiais, criação de espaços verdes e aplicação de equipamentos que utilizem fontes de energia renovável, mantendo-se assim o aspecto arquitectónico inicial. Para esta solução, obtida para o edifício com um melhor nível de desempenho, será efectuada a análise da eficiência térmica, recorrendo ao software Design builder de modo a averiguar o conforto térmico diário e os gastos energéticos anuais que a solução proposta apresenta.

A análise das propostas de melhorias a implementar no edifício em estudo vai desenvolver-se em três fases, correspondendo a cada uma das dimensões constituintes do SBTool^{PT}-H.

4.1. Dimensão ambiental

Procedeu-se à análise dos quinze parâmetros que constituem a dimensão em epígrafe.

- **Parâmetro P1 - Valor agregado das categorias de impacte ambiental de ciclo de vida de área útil de pavimento e por ano**

O parâmetro em análise obteve uma classificação classe de desempenho A com um valor ponderado de 0,748. Apesar desta classificação considerada como a segunda melhor na escala do SBTool^{PT}-H, podem ser feitas melhorias significativas. Este parâmetro P1 é influenciado pelas alterações que se possam tomar nos parâmetros posteriores. Pois, algumas medidas de melhoria a implementar nos parâmetros precedentes contemplam a alteração ou utilização de alguns materiais de construção.

As medidas propostas de melhoria para o parâmetro P1, são as seguintes:

Eliminação do deck:

No espaço exterior do piso -1, junto da piscina, foi eliminado o pavimento projectado em deck e colocado relva, tornando este espaço como um espaço verde. Esta medida elimina os impactes associados à produção, manutenção e substituição do deck, melhora os parâmetros relacionados com a avaliação dos espaços verdes. Por sua vez esta medida diminuirá o custo inicial do edifício pelo facto de se eliminar um material na construção.

Medida de melhoria	Quantificação das categorias de impacte ambiental eliminada por m ²						Valor Poupado (€)
	GWP (kgCO ₂)	ODP (kgCFC-11)	AP (kgSO ₂)	POCP (kgC ₂ H ₄)	EP (kgPO ₄)	FFDP (kgPO ₄)	
Eliminação do Pavimento em Deck	-1,20E+00	1,28E-08	8,05E-04	7,29E-05	1,29E-04	1,98E+00	2204,40

Tabela 4.1 - Impactes ambientais e poupança com a eliminação do deck

Introdução da cobertura ajardinada:

Na cobertura foi eliminada a pedra rolada considerada como acabamento pelo projectista, sendo aplicada uma cobertura ajardinada. Esta solução elimina os impactes ambientais associados à pedra rolada e introduz outros impactos associados aos materiais a aplicar na execução da cobertura. A consideração da cobertura ajardinada obriga à colocação de uma manta drenante em PVC e a outra camada de manta geotêxtil, para além do que estava previsto na solução do projectista. Face ao exposto e ao analisado no cálculo deste parâmetro, presente no Anexo D, esta medida é mais gravosa a nível sustentável na avaliação deste parâmetro, contudo foi considerada porque melhora em muito outros parâmetros a analisar posteriormente os espaços verdes e o efeito de ilha de calor.

A solução de cobertura ajardinada que aqui se apresenta teve como base a solução fornecida pela empresa NEOTURF. Na Figura 4.1 é apresentado um pormenor da cobertura ajardinada, em que é possível aferir os materiais a aplicar na execução deste tipo de coberturas. O orçamento para a aplicação da cobertura ajardinada, também apresentado pela empresa NEOTURF, é de 75 €/m², perfazendo um total de 12525 € para o edifício em estudo.

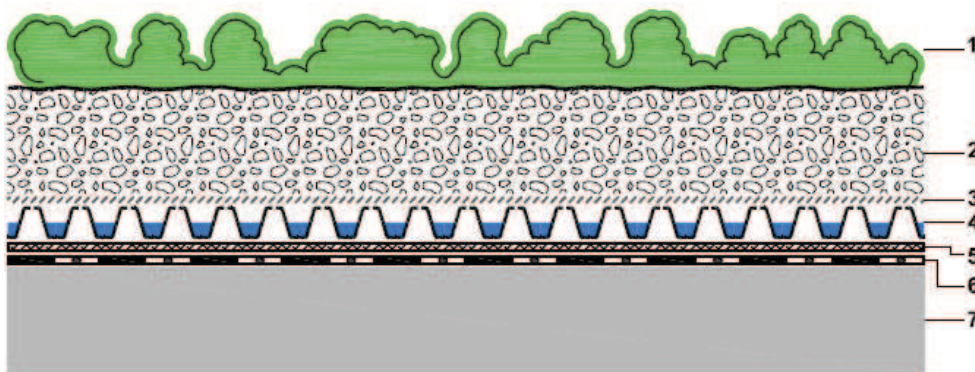


Figura 4.1 - Pormenor construtivo da cobertura ajardinada, NEOTURF

LEGENDA:

- 1- Instalação de Sedum;
- 2- Substrato técnico para Sedum, Zincoterra Sedum, Zinco;
- 3- Filtro sistema SF;
- 4- Elementos de drenagem, *Floradrain FD-25E*;

- 5- Manta de protecção e absorção, SSM 45;
- 6- Impermeabilização anti raiz;
- 7- Camada de Forma.

Medida de melhoria	Quantificação das categorias de impacte ambiental por m ²						Valor (€)
	GWP (kgCO ₂)	ODP (kgCFC-11)	AP (kgSO ₂)	POCP (kgC ₂ H ₄)	EP (kgPO ₄)	FFDP (kgPO ₄)	
Solução com pedra rolada.	2,00E+01	3,75E-08	1,98E-01	7,47E-03	1,83E-02	2,33E+02	2173,08
Solução com cobertura ajardinada	4,14E+01	9,32E-09	3,97E-01	1,52E-02	3,68E-02	4,97E+02	13540,00

Tabela 4.2 - Impactes ambientais e custos cobertura projectada e cobertura ajardinada

Substituição dos estores em alumínio por estores em PVC:

De acordo com a lista dos materiais LCA fornecida pela iiSBE e presente no Anexo C, o alumínio apresenta emissões mais prejudiciais para o ambiente que o PVC. A alteração que aqui se considera, apresenta uma maior valia em termos económicos face ao preço de mercado aferido, conforme se observa no orçamento presente no Anexo B.

Substituição da manta geotêxtil:

A manta de geotêxtil utilizada no edifício é substituída por outra da marca TERBOND. Esta alteração foi efectuada em virtude da marca em questão apresentar uma manta geotêxtil constituída por poliéster reciclado. De acordo com a DAP presente no Anexo C, este geotêxtil possui na sua constituição 79% de poliéster reciclado. Este facto diminui as emissões de gases poluentes para o ambiente, diminui também o consumo energético na sua produção. Face a esta alteração, os valores dos impactes ambientais referente a este material baixaram muito, apresentando um grande contributo para a melhoria do parâmetro P1. No aspecto económico não foi possível aferir valores para o geotêxtil desta marca, considerando-se que não houve alteração no valor de custo deste material.

Medida de melhoria	Quantificação das categorias de impacte ambiental por m ² .					
	GWP (kgCO ₂)	ODP (kgCFC-11)	AP (kgSO ₂)	POCP (kgC ₂ H ₄)	EP (kgPO ₄)	FFDP (kgPO ₄)
Geotextil projectado	1,97E+01	3,24E-09	1,96E-01	7,42E-03	1,80E-02	2,25E+02
Geotextil TERBOND	1,65E-01	9,00E-09	3,93E-04	1,60E-04	1,10E-04	2,56E+01

Tabela 4.3 - Impactes ambientais geotêxtil projectado e geotêxtil TERBOND

Substituição das betonilhas T61 e C31 da Amorim:

As betonilhas T61 e C31 da Amorim são substituídas por uma betonilha de argila expandida. Esta alteração tem como principal fundamento a diferença significativa de impactos ambientais entre os dois produtos. Este ponto pode ser aferido no Anexo D no cálculo do parâmetro P1 e pelas emissões de gases para atmosfera através das DAP e LCA dos materiais em análise, apresentadas no Anexo C.

Face ao exposto esta alteração implica uma significativa melhoria do parâmetro P1. A nível económico existe uma menor valia, a contabilização desta alteração será apresentada na discussão dos resultados presentes no Capítulo 5.

Medida de melhoria	Quantificação das categorias de impacto ambiental por m ²						Valor (€)
	GWP (kgCO ₂)	ODP (kgCFC-11)	AP (kgSO ₂)	POCP (kgC ₂ H ₄)	EP (kgPO ₄)	FFDP (kgPO ₄)	
Betonilha T61	7,00E-03	3,70E-04	5,50E-03	2,10E-03	1,20E-03	4,70E-03	4547,01
Betonilha C31	-2,70E-03	2,50E-04	2,50E-03	1,40E-03	6,20E-04	1,60E-03	1762,67
Betonilha de argila expandida	4,29E-01	3,74E-08	2,75E-03	1,14E-04	1,62E-04	4,64E+00	3882,88

Tabela 4.4 - Impactes ambientais e custos Betonilha T61, C31 e com argila expandida

Substituição do isolamento térmico roofmate SL-40:

Substituição do isolamento térmico roofmate SL-40, por isolamento térmico *GREYCYCLE KEY BOARDS*. Este isolamento é 100% reciclado o que melhora muito este parâmetro, como se pode verificar no cálculo apresentado no Anexo D, baseado na DAP e LCA presentes no Anexo C. A nível térmico os dois isolamentos apresentam valores iguais, não havendo portanto alteração neste domínio.

Em termos económicos existe uma maior valia a ter em atenção, pois este isolamento 100% reciclado apresenta valores superiores na ordem de 1€/m². Esta alteração será analisada no Capítulo 5 aquando a discussão dos resultados e a análise custo/benefícios.

Medida de melhoria	Quantificação das categorias de impacte ambiental por m ²						Valor (€)
	GWP (kgCO ₂)	ODP (kgCFC-11)	AP (kgSO ₂)	POCP (kgC ₂ H ₄)	EP (kgPO ₄)	FFDP (kgPO ₄)	
Roofmate SL-40	4,14E+00	1,1E-07	1,49E-02	6,75E-03	1,24E-03	1,05E+02	1002,96
GREYCICLE Key Boards	1,48E+00	0,00	1,20E-03	1,40E-02	1,60E-02	2,19E+01	1170,12

Tabela 4.5 - Impactes ambientais e custos do isolamento Roofmate SL-40 e do Greycycle Key Boards

Todas as medidas propostas neste parâmetro P1 como alterações a efectuar no edifício foram contempladas na folha de cálculo do SBTool^{PT}-H, presente no Anexo D. Desta forma, este parâmetro apresenta um valor normalizado de 1,07, passando de uma classe de desempenho A para A⁺.

P1	Valor ponderado	Classe de desempenho
Edifício original	0,75	A
Edifício sustentável	1,07	A ⁺

Tabela 4.6 - Classificação da sustentabilidade parâmetro P1, (Edifício original e sustentável)

- **Parâmetro P2 - Percentagem utilizada do índice de utilização líquido disponível**

Atendendo ao parâmetro em epígrafe não foi realizada qualquer medida de melhoria do nível de desempenho da sustentabilidade, pois este parâmetro já apresenta o valor muito próximo do valor máximo admitido pela ferramenta de avaliação da sustentabilidade (SBTool^{PT}-H), apresentando um valor normalizado de 1,18, possuindo assim uma classe desempenho A⁺.

- **Parâmetro P3 - Índice de impermeabilização**

O presente parâmetro apresenta uma classificação de desempenho de classe D no edifício de habitação. Este parâmetro avalia a área de impermeabilização imposta pela construção em função da área da parcela de terreno. Deste modo as medidas apresentadas com o objectivo de melhorar o nível de sustentabilidade do parâmetro em epígrafe, regem-se pela criação de áreas ajardinadas permeáveis.

Algumas das medidas aqui necessárias a implementar para a melhoria do desempenho da sustentabilidade já foram analisadas nos parâmetros anteriores, pois veja-se que:

A implementação de uma cobertura ajardinada permite a contabilização da sua área em cerca de 50% para a avaliação do presente parâmetro, (SBTool^{PT}-H, 2009). A substituição do

pavimento em deck, junto da piscina no piso -1, por uma zona ajardinada, vai permitir que este espaço se torne num espaço permeável.

Ainda no piso -1, a substituição do pavimento cerâmico considerado no espaço exterior junto do acesso à garagem, por um espaço ajardinado destinado a plantas autóctones, ver Figura 4.2, permite aumentar a área permeável e a área destinada a espaços verdes e plantas autóctones.

Do ponto de vista económico esta medida contribui com uma diminuição do valor de 369€.

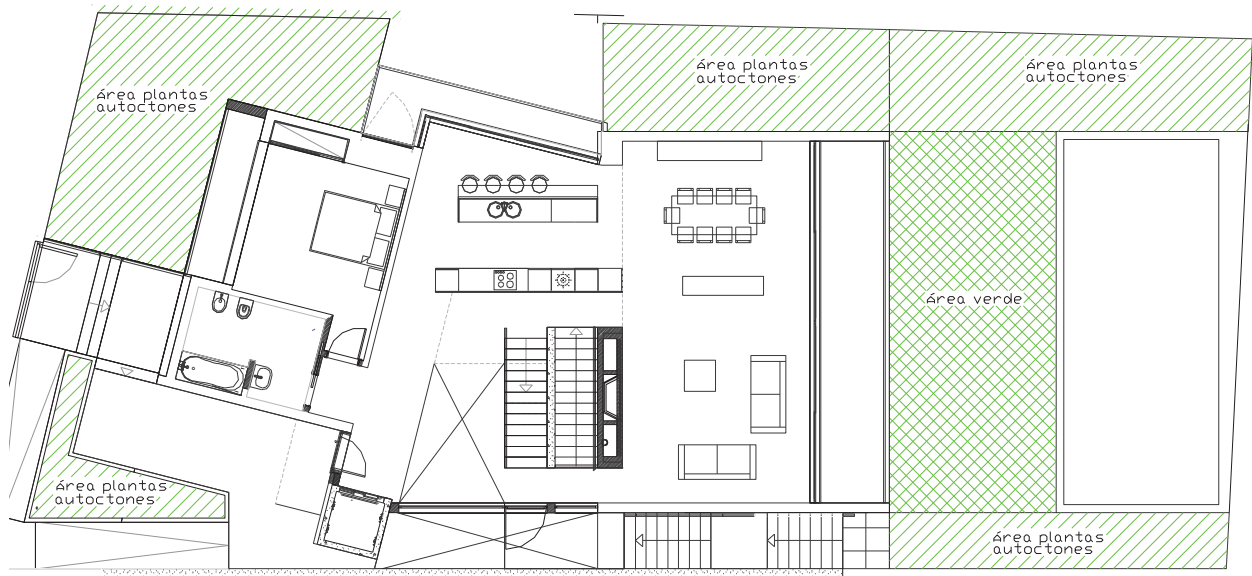


Figura 4.2 - Planta de localização de área verde a implementar

Através da implementação das medidas correctivas o parâmetro em análise apresenta um valor normalizado de 0,56, o que lhe atribui uma classe desempenho B. Portanto passa de uma classe de desempenho D para uma de B.

P3	Valor ponderado	Classe de desempenho
Edifício original	0,05	D
Edifício sustentável	0,56	B

Tabela 4.7 - Classificação da sustentabilidade parâmetro P3, (Edifício original e sustentável)

- **Parâmetro P4 - Percentagem da área de intervenção previamente contaminada ou edificada**

Como já referido no Capítulo 3, não existe nenhuma medida viável que potencialize a melhoria deste parâmetro.

Pelo exposto a classe de desempenho deste parâmetro vai-se manter. Na avaliação do nível de sustentabilidade do edifício sem medidas de melhorias apresenta uma classe de desempenho D.

- **Parâmetro P5 -Percentagem de áreas verdes ocupadas por plantas autóctones**

O parâmetro P5 avalia os espaços verdes da parcela de construção destinados a plantas autóctones. A plantação destas espécies são consideradas como uma maior valia para manter a flora local. Estas espécies desenvolvem-se no clima da zona de construção carecendo de menores cuidados de manutenção.

Como medidas propostas para a melhoria deste parâmetro apresentam-se:

De acordo com a legislação legal em vigor o Decreto-Lei 565/99 (DL 565, 1999), lista a flora autóctone portuguesa, devendo ser consideradas as seguintes plantas a cultivar: *Podocarpus Totara*; *Araucaria Heterophylla*; *Calocedrus decurrens*; *Chamaecyparys obtusa*; *Cupressus Arizona greene*; *Albizzia julibrissin durraz*; *Rosmrinus offilinalis*; *Olea europasa L.*; *Lavandula Sp*; *Ilex Aquifolium*; *Laurus mobilis*; *Arbustus unedo*. As presentes espécies seleccionadas satisfazem o critério de dimensão adequado para o tipo de edificação projectado. O cultivo destas espécies deve de ser efectuada após a realização de um projecto de arranjos exteriores realizado por um profissional competente, não colocando em causa o projecto de arquitectura nem as potencialidades do edifício.

Foi considerado colocar em parte da cobertura (55 m²), plantas autóctones, nomeadamente rosmaninho, tratasse de uma planta com raízes pequenas o que não prejudica a cobertura do edifício.

Foi considerada o cultivo de espécies autóctones nas áreas do projecto de arquitectura designadas como espaços verdes. Assim, na parte da frente do edifício, as áreas de espaços verdes, definidas nos pisos 0 e -1, com as seguintes áreas 7,44 m² e 33,65 m² são consideradas como áreas a plantar espécies autóctones, ver Figura 4.2. A zona envolvente da piscina com uma área de 95 m² foi dividida, foi considerado 50 m² para plantas autóctones e o restante para arrelvamento. A área onde se retirou o chão cerâmico no exterior (pisso-1), ver Figura 4.2, passa a ser considerada área verde com plantas autóctones (20,1 m²). Deste modo a área destinada a plantas autóctones apresenta um total de 166 m², ficando a área destinada a outras plantas de 177 m².

Pelo exposto o parâmetro em análise apresenta um valor normalizado de 1,06. De acordo com a escala de classificação do SBTTool^{PT}-H é classificado como classe de desempenho A⁺.

Do ponto de vista económico as medidas apresentadas não carecem de maior ou menor valias para o custo inicial.

P5	Valor ponderado	Classe de desempenho
Edifício original	-0,20	E
Edifício sustentável	1,06	A ⁺

Tabela 4.8 - Classificação da sustentabilidade parâmetro P5, (Edifício original e sustentável)

- **Parâmetro P6 - Percentagem da área em planta com reflectância igual ou superior a 60%**

O parâmetro em análise avalia a potencialidade da diminuição do efeito de ilha de calor. Face à reflectância que os materiais potencializam, permitindo a maior ou menor acumulação de energia, os mais gravosos são que apresentam cores escuras.

Como medidas de melhoramento do nível de sustentabilidade deste parâmetro apresentam-se as seguintes:

Escolher pavimentos exteriores de cores com reflectância superior a 60%. Com as medidas implementadas nos parâmetros anteriores, o aumento dos espaços verdes e implementação de cobertura ajardinada valorizou-se este parâmetro.

De acordo com as medidas de melhoria apresentadas e os cálculos efectuados, presentes no Anexo D, o parâmetro em análise apresenta um valor ponderado de 1,13, o que corresponde a uma classe de desempenho A⁺, segundo a escala de classificação do SBTool^{PT}-H.

P6	Valor ponderado	Classe de desempenho
Edifício original	-0,20	E
Edifício sustentável	1,13	A ⁺

Tabela 4.9 - Classificação da sustentabilidade parâmetro P6, (Edifício original e sustentável)

- **Parâmetro P7 - Consumo de energia primária não renovável na fase de utilização**

O parâmetro em epígrafe avalia a energia consumida para o aquecimento da temperatura no interior do edifício e das águas quentes sanitárias. Deste modo a análise da sustentabilidade do presente parâmetro é feita sobre o projecto de comportamento térmico do edifício em estudo. Face ao exposto as medidas consideradas como melhorias são as seguintes:

- Substituição dos vãos envidraçados previstos nos projectos das especialidades por vãos envidraçados da marca DELEME, modelo T70SC. Os vãos envidraçados propostos apresentam um coeficiente de condutibilidade térmica muito inferior aos considerados

no projecto de comportamento térmico do edifício original, o que por consequente diminui as perdas de energia. A ficha técnica dos vãos envidraçados T70SC pode ser analisada no Anexo B.

- Aplicação de uma caldeira a PELLETS da marca MLE, modelo LP14. A aplicação desta caldeira que usa uma matéria-prima renovável como combustível para o aquecimento, tem um impacto significativo no que respeita ao consumo energético destinado a aquecimento do ambiente. A implementação deste sistema não é só uma maior valia para o parâmetro em análise mas também para o custo de utilização do edifício, uma vez que utiliza energias alternativas e mais baratas que as provenientes de fontes não renováveis. A ficha técnica da caldeira mencionada pode ser analisada no Anexo B.
- Aplicação de sistema de painéis fotovoltaicos na cobertura para a produção de energia eléctrica proveniente de fontes renováveis. Com a aplicação deste sistema de energia directamente ligado à rede pública, consegue-se melhorar o comportamento energético do edifício pelo facto de estar a produzir energia a partir de uma fonte limpa. Face ao exposto e segundo o Decreto-Lei 80/2006, (RCCTE, 2006), a utilização destes sistemas são considerados no projecto de comportamento térmico como EREN (Energia proveniente de fontes Renováveis).

A implementação destas medidas de melhoria implica um custo de 22946 €, no investimento inicial do edifício, portanto incremento de cerca de 10%.

Com as medidas implementadas, foi realizado novo projecto de comportamento térmico presente no Anexo A. Com o novo projecto de comportamento térmico foi analisado novamente este parâmetro P7, apresentando um valor normalizado de 1,17, o que corresponde a uma classe de desempenho A⁺ de acordo com a escala de classificação do SBTool^{PT}-H, ver Tabela 4.10. Nic - Necessidades de aquecimento, Nvc - Necessidades de arrefecimento, Nac - Necessidades de aquecimento de águas sanitárias e Ntc - Necessidades de energia primária.

Estas medidas são consideradas como maiores valias no custo inicial do edifício. Este ponto merece especial atenção mais à frente no Capítulo 5.

P7	Necessidades energéticas				Classificação da sustentabilidade	
	Nic (kWh/m ² ano)	Nvc (kWh/m ² ano)	Nac (kWh/m ² ano)	Ntc (Kep/m ² ano)	Valor ponderado	Classe
Edifício original	46,02	1,05	9,32	1,15	0,95	A
Edifício sustentável	31,82	1,39	2,79	0,48	1,17	A ⁺

Tabela 4.10 - Necessidades energéticas e classificação da sustentabilidade P7, (Edifício original e sustentável)

- **Parâmetro P8 - Quantidade de energia que é produzida no edifício através de fontes renováveis**

Este parâmetro avalia a produção de energias limpas no edifício, de modo a combater a maior utilização de energias não renováveis.

Como medidas para a melhoria do presente parâmetro incluem-se as apresentadas no parâmetro anterior, parâmetro P7:

- Aplicação de painéis fotovoltaicos;
- Aplicação de caldeira a pellets.

De acordo com o projecto de comportamento térmico presente no Anexo A, a consideração destas duas medidas determina o valor da contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis (EREN) de 1500 kWh/ano. Estas medidas melhoram o edifício no aspecto térmico, de acordo com os resultados verificados na Tabela 4.10.

Referente ao desempenho do nível de sustentabilidade do edifício neste parâmetro, este mantém-se na medida em que o edifício avaliado sem propostas de melhoria apresentar um valor normalizado de 1,20 o que corresponde ao valor máximo admitido no intervalo de avaliação do SBTool^{PT}-H. Assim o edifício apresenta a classe de desempenho A⁺.

- **Parâmetro P9 - Percentagem em custo de materiais reutilizados**

O parâmetro analisa a reutilização de materiais provindos de outros edifícios, evitando assim mais gastos energéticos e emissões de gases poluentes aquando a produção dos materiais de construção.

Na análise ao presente parâmetro não foram contabilizadas medidas de melhoria de modo a valorizar o nível de sustentabilidade, pelo facto de não haver qualquer referência a materiais que possam ser reutilizados.

Deste modo o parâmetro mantém a sua classificação com um valor normalizado de 0,0 correspondente a uma classe de desempenho D, segundo a escala de classificação do SBTool^{PT}-H.

- **Parâmetro P10 - Percentagem em peso do conteúdo reciclado do edifício**

Este parâmetro analisa o conteúdo reciclado incorporado nos materiais que constituem o edifício em estudo. Notar que o processo de reciclagem necessita de menos energia para a produção de materiais, tendo também como maior vantagem a diminuição da extracção de matéria-prima.

Com as medidas apresentadas no parâmetro P1, em especial a substituição do roofmate pelo isolamento da GREYCICLE modelo Key Boards, não existe melhoria deste parâmetro. Este

facto deve-se à massa deste material ser muito menor que a massa dos restantes materiais constituintes do edifício.

Analisando a DAP deste isolamento, presente no Anexo C, verifica-se que o mesmo é constituído por 100% material reciclado. Face a esta situação e de acordo com o cálculo efectuado, presente no Anexo D, verifica-se que para a área de 167,16 m² correspondente à cobertura do edifício, o peso de material utilizado corresponde a 167 Kg. Este cálculo baseou-se na área da superfície vezes a espessura do isolamento de 0,04 m, vezes a densidade do isolamento que é de 25 Kg/m³.

Com estes valores o parâmetro em análise apresenta um valor normalizado de 0,00, o que corresponde a uma classe de desempenho D, de acordo com a escala de classificação do SBTool^{PT}-H.

P10	Valor ponderado	Classe de desempenho
Edifício original	0,00	D
Edifício sustentável	0,00	D

Tabela 4.11 - Classificação da sustentabilidade parâmetro P10, (Edifício original e sustentável)

- **Parâmetro P11 - Percentagem em custo de produtos de base orgânica que são certificados**

O parâmetro P11 analisa a utilização de materiais certificados com rótulos ecológicos. Na análise efectuada ao mercado, no que respeita a materiais substitutos dos materiais previstos no projecto de arquitectura presente no Anexo A, não foram encontrados materiais classificados com rótulos ecológicos que apresentem as mesmas características sem alterar as linhas de projecto.

Face ao exposto este parâmetro não foi alvo de medidas de melhoria mantendo o valor normalizado de 0,0, classificado como classe de desempenho D.

- **Parâmetro P12 - Percentagem em massa de materiais substitutos do cimento no betão**

O parâmetro em epígrafe analisa a percentagem de materiais substitutos do cimento no fabrico de betão. O cimento utilizado como ligante dos agregados constituintes do betão, é um material que necessita de muita energia na sua produção e emite elevadas quantidades de gases poluidores para a atmosfera. Face à elevada pegada ecológica que este material apresenta, procura-se usar a maior quantidade de outros tipos de ligantes menos poluidores, por exemplo as cinzas volantes.

De acordo com a central de betão contactada (UNIBETÃO) e o estudo de composição do betão presente no Anexo B, o valor máximo de cinzas volantes a utilizar é de 6,2%. Deste modo não são apresentadas medidas de melhoria para este parâmetro. De acordo com o exposto, este parâmetro mantém o valor normalizado de 1,16, correspondendo à classe de desempenho A⁺ segundo a escala de classificação do SBTool^{PT}-H.

- **Parâmetro P13 - Potencial das condições do edifício para a promoção da separação de resíduos sólidos**

O parâmetro P13 avalia a potencialidade e a promoção da separação de resíduos sólidos, deste modo os utentes do edifício são sensibilizados para a importância da reciclagem dos resíduos sólidos.

De acordo com as especificações do edifício as medidas de melhoria regem-se por:

- Introduzir contentores de separação das diversas categorias de resíduos (plástico, cartão, metal e orgânico) com volumes superiores a 15 Litros;
- Introduzir um oleão;
- Introduzir um pilhão;
- Os contentores têm de garantir um valor mínimo de 18 Litros por habitante.

Nos espaços exteriores que rodeiam o terreno do edifício, não é possível considerar propostas de melhoria, mantendo-se assim as verificadas no local e contabilizadas na análise do edifício sem medidas de melhoria do nível de sustentabilidade, apresentada no Capítulo 3.

Através da implementação das medidas referidas, o parâmetro apresenta como valor normalizado de 1,0, o que corresponde a uma classe de desempenho A, de acordo com a escala de classificação do SBTool^{PT}-H.

P13	Valor ponderado	Classe de desempenho
Edifício original	0,00	D
Edifício sustentável	1,00	A

Tabela 4.12 - Classificação da sustentabilidade parâmetro P13, (Edifício original e sustentável)

- **Parâmetro P14 - Volume anual de água consumido per capita no interior do edifício**

A água é um bem essencial à vida que tem tendência a ser um meio de subsistência cada vez mais escasso. Face a esta problemática é da responsabilidade de todos os seres vivos fazer uso deste bem de forma consciente.

O parâmetro P14 analisa a potencialidade do edifício e dos equipamentos que o constituem de forma a reduzir os gastos de consumo de água. Desta forma as medidas de melhorias propostas são as seguintes:

- Aplicar autoclismos de descarga dupla (4/2 Litros);
- Aplicar torneiras com arejador;
- Aplicar chuveiros de baixo fluxo (<4,5 Litros);
- Aplicar máquinas de lavar loiça e roupa de baixo consumo.

Através das medidas referenciadas, o consumo de água no edifício baixa significativamente, o que por consequente aumenta o nível de sustentabilidade do mesmo, atingindo o valor normalizado de 1,12 correspondente à classe de desempenho A⁺, de acordo com a escala de classificação do SBTool^{PT}-H.

P14	Volume anual de água consumido per capita (m ³ /hab.ano)	Valor ponderado	Classe de desempenho
Edifício original	40,33	0,75	A
Edifício sustentável	19,45	1,07	A ⁺

Tabela 4.13 - Consumo de água per capita e classificação da sustentabilidade parâmetro P14, (Edifício original e sustentável)

• **Parâmetro P15 - Percentagem de redução do consumo de água potável**

A análise efectuada neste parâmetro rege-se à avaliação dos dispositivos instalados que permitam a redução do consumo de água potável. Como se sabe, nas soluções convencionais, a água potável é utilizada em descargas de retretes, rega, lavagem de carros, entre outros. A aplicação de sistemas de armazenamento de águas pluviais utilizadas para estes fins reduz o consumo de água potável. Como medida de melhoria a implementar no edifício considera-se a aplicação de um sistema de captação de águas pluviais.

O estudo que aqui se apresenta teve a colaboração das empresas GRAF e ECODEPUR. O estudo de viabilidade foi elaborado com base no orçamento da empresa GRAF pelo facto de ser um orçamento mais completo e apresentar um menor valor na ordem dos 4800 €. Este orçamento está presente no Anexo B.

Descrição	Valores
Previsão de Uso	5 Pessoas
Consumo de água prevista	90 Litros
Consumo diário por pessoa previsto	18 Litros
Escassez adoptada	40 Dias
Necessidade para satisfazer a escassez	3600 Litros
Depósito	1 Depósito de 4800 Litros

Tabela 4.14 - Dados de cálculo para o dimensionamento do sistema de armazenamento de águas pluviais

Nota: Foi considerado um consumo de 18 litros por pessoa com base no cálculo do parâmetro P14, referente à água para descargas de bacias de retrete.

De acordo com o Decreto regulamentar N° 23/95 (DR 23, 1995), temos:

- Região da Zona A;
- Considerando-se uma duração de precipitação igual a 5 minutos para um período de retorno de 5 anos, estimando-se para a intensidade média de precipitação, o valor de 1,75 l/min.m². (região A);
- $Q = C \times I \times A$.

Sendo:

- Q - Caudal de cálculo da secção em estudo (l/min);
- C - Coeficiente de escoamento =0,40;
- I = 1,75 l/min.m² (Intensidade de precipitação);
- A -Área drenada pela secção em estudo (m²).

Para superfícies de terreno compacto devido à cobertura ajardinada, considera-se C=0,40.

Adoptando uma área de cobertura de 150 m², obtemos um Q= 105 l/min. A área de cobertura é inferior à área de projecto face à aplicação dos painéis fotovoltaicos na cobertura, deste modo reduziu-se a área de captação das águas pluviais.

Com estes dados e assumindo-se que se consegue armazenar cerca de 80% de água da chuva, os restantes 20% ficam retidos no solo pelas plantas, calcula-se o Caudal efectivo:

- $Q_{ef}=0,8 \times 105=84$ l/min.

Logo o depósito levaria o seguinte tempo para encher:

- $T=C/Q_{ef}$

Sendo:

- T - Tempo em minutos;
- C - Quantidade do depósito;
- Q_{ef} - Caudal efectivo.

Logo:

- $T=4800/84 =58$ minutos

Deste modo pode-se verificar que a captação de águas provenientes da chuva são de extrema rapidez, colmatando a necessidade para 40 dias.

Com base em valores da Camara municipal de Pombal:

- TAP =0,56 €/m³ (Valor do m³ de água potável);
- TAR=0,32 €/m³ (Valor do m³ de água residual);
- TRS=0,32 €/m³ (Valor cobrado pelo encaminhamento de resíduos sólidos por m³ de água consumida).

Logo com a implementação deste sistema a funcionar todo o ano, consegue-se no edifício uma poupança de 32,85 m³/ano de água. Esta água será utilizada nas descargas de bacias de retrete, de acordo com o Parâmetro P15 apresentado no Anexo D

Conforme o estipulado e utilizando esta tecnologia para bacias de retrete, consegue-se uma poupança de:

- $P=(TAR+TAP+TRS)*32.85 =39,42$ €/ano

Aferido o valor de poupança verifica-se a viabilidade de aplicação do sistema, calculando o tempo de retorno:

- $R=Ci/P$

Sendo:

- R - Período de retorno (anos);
- Ci - Custo de investimento (euros);
- P - Poupança anual (euros/ano).

Logo:

- $R= 6455/39,42 =163$ anos

De acordo com os valores obtidos, a instalação do sistema de armazenamento das águas pluviais não é rentável, deste modo não se considera a sua aplicação. Face a esta situação o

nível de sustentabilidade deste parâmetro mantem-se igual, apresentando um valor normalizado de 0,0 correspondente a uma classe de desempenho D, de acordo com a escala de classificação SBTool^{PT}-H.

De realçar que os resultados obtidos têm em consideração o custo actual do m³ de água potável em Pombal, no entanto se admitirmos a previsão de um aumento exponencial do preço do m³ de água potável a curto prazo, os resultados apresentados podem sofrer alterações significativas.

4.2. Dimensão Social

Nesta dimensão analisaram-se os oito parâmetros que constituem.

- **Parâmetro P16 - Potencial de Ventilação Natural**

O parâmetro P16 analisa a ventilação natural do edifício, evitando o ar contaminado e garantindo a renovação de ar nos espaços.

De acordo com a análise deste parâmetro no Capítulo 3, o edifício apresenta um valor normalizado de 1,20, o que corresponde ao valor máximo do intervalo de valores admitidos na metodologia de avaliação do SBTool^{PT}-H. Deste modo o parâmetro é classificado como classe de desempenho A⁺. Pelo exposto não foram consideradas medidas de melhoria para este parâmetro.

- **Parâmetro P17 - Percentagem em peso de materiais de acabamento com baixo conteúdo de COV**

A saúde e bem-estar dos ocupantes do edifício é um bem a preservar a todo o custo, deste modo o parâmetro em epígrafe avalia a percentagem em peso de materiais com baixo conteúdo COV.

Nas alterações propostas como melhoria ao edifício não houve alteração nos materiais de acabamento. De acordo com a análise efectua a este parâmetro no Capítulo 3, os materiais presentes no projecto de arquitectura apresentam baixa emissividade de COV. Pelo exposto não foram consideradas medidas de melhoria a este nível, o que por consequente este parâmetro mantem o valor normalizado de 1,11 que corresponde a uma classe de desempenho A⁺, de acordo com a escala de classificação do SBTool^{PT}-H.

- **Parâmetro P18 - Nível de conforto térmico médio anual**

O presente parâmetro não foi alvo de análise pelo facto de o edifício em estudo possuir sistema de climatização de arrefecimento. De acordo com o guia de avaliação do SBTool^{PT}-H (SBTool^{PT}-H, 2009), é dispensada a análise do parâmetro em epígrafe quando existe sistema de arrefecimento do ambiente no edifício.

- **Parâmetro P19 - Média do Factor de Luz do Dia Médio**

O parâmetro P19 avalia o conforto visual. Este parâmetro analisa a iluminação natural no edifício e a sua obstrução devido à existência de outros edifícios vizinhos. Na análise efectua a este parâmetro no capítulo 3, o valor normalizado alcançado foi de 1,20, na medida em que este edifício não possui edifícios vizinhos. O valor determinado corresponde ao valor máximo do intervalo admitido pela ferramenta de avaliação da sustentabilidade. Face a esta situação não foram propostas medidas de melhoria, apresentando este parâmetro uma classe A⁺ de acordo com a escala de classificação do SBTool^{PT}-H.

- **Parâmetro P20 - Nível médio de isolamento acústico**

O parâmetro P20 avalia o conforto acústico. Com as alterações apresentadas no parâmetro P1, a nível da eliminação da betonilha T61 e C31 da Amorim o conforto acústico não é afectado. Foi efectuado um novo projecto de condicionamento acústico, apresentado no Anexo A.

Na análise da sustentabilidade efectuada segundo o SBTool^{PT}-H, o parâmetro Índice de isolamento a sons de condução aérea ($D_{2m,nT,w}$) do elemento de separação mais desfavorável entre o exterior e quartos ou zonas de estar dos fogos, não sofre qualquer alteração mantendo o valor de 37,9 dB.

Após a determinação dos níveis de conforto acústico ao nível de cada requisito (Pi), calcula-se o Nível Médio de Conforto Acústico (PCA), o qual se obtém o valor de 0,82, o que segundo a escala de classificação SBTool^{PT}-H corresponde ao parâmetro P20 - Nível médio de isolamento acústico, a uma classe de desempenho A.

Pelo apresentado verifica-se que o nível de sustentabilidade do parâmetro em análise não sofreu qualquer alteração.

P20	Valor ponderado	Classe de desempenho
Edifício original	0,0	D
Edifício sustentável	0,0	D

Tabela 4.15 - Classificação da sustentabilidade parâmetro P20, (Edifício original e sustentável)

- **Parâmetro P21 - Índice de acessibilidade a transportes**

O parâmetro P21 analisa a acessibilidades a transportes públicos, de modo a promover a utilização destes nas deslocações quotidianas. Face a este ser um factor de carácter externo à construção do edifício, não foram sugeridas medidas de melhoria. A única opção de melhoria seria mudar a localização do edifício. De acordo com o apresentado, este parâmetro mantém o nível de sustentabilidade apresentando um valor normalizado de 0,70, o que corresponde a uma classe de desempenho A, de acordo com a escala de classificação do SBTool^{PT}-H.

- **Parâmetro P22 - Índice de acessibilidade a amenidades**

De acordo com o apresentado no parâmetro anterior, o parâmetro P22 também depende de factores externos para a sua avaliação. Este parâmetro avalia o índice de acessibilidades a amenidades de modo a promover as deslocações não recorrendo a meios poluidores. Face ao exposto não são apresentadas medidas de melhoria, sendo que a única medida no presente seria mudar a localização do edifício. Contudo é de realçar que ao longo do tempo com a abertura ou fecho de amenidades o valor deste parâmetro pode variar.

Deste modo o parâmetro mantém o nível de sustentabilidade, apresentando um valor normalizado de 1,13 correspondente a uma classe de desempenho A⁺, de acordo com a escala de classificação do SBTool^{PT}-H.

- **Parâmetro P23 - Disponibilidade e conteúdo do Manual do Utilizador do Edifício**

O parâmetro em análise avalia o conteúdo do manual do utilizador, de forma a informar os utilizadores do edifício do funcionamento dos dispositivos existentes, dos períodos de manutenção a ter em conta para os diferentes elementos do edifício, informações que conduzam à poupança de energia e de água, e à separação de resíduos sólidos. Desta forma apresenta-se como medida de melhoria para este parâmetro a elaboração do manual de utilizador cumprindo os seguintes pontos da Tabela 4.16:

Conteúdo do Manual	Descrição
1	Breve introdução e descrição da obra
2	Ficha técnica do edifício
3	Comunicação das medidas adoptadas:
3.1	Em projecto foram de forma a melhorar a sustentabilidade do edifício e suas fundamentações, tais como: <ul style="list-style-type: none"> • Objectivos de aplicação, (Ambientais, Económicos e restrições existentes). • Introdução de tecnologias activas, como domótica, sistemas de captação de água, painéis fotovoltaicos etc.; • Para o correcto funcionamento das tecnologias activas, inclusive a manutenção; • Consideração de sistemas (solar para aquecimento de águas, recuperação de calor, fotovoltaicos, ventilação natural); • Descrição dos materiais certificados e caixilharias utilizadas.
4	Energia

Conteúdo do Manual	Descrição
4.1	<ul style="list-style-type: none"> • Manual de operação dos equipamentos fixos do edifício; • Plano de manutenção dos equipamentos; • Manual dos fabricantes; • Instruções de funcionamento para cada tipo de equipamento de modo a torná-lo mais eficiente; • Explicação sobre os sistemas de produção de energia a partir das fontes renováveis instaladas; • Informação relacionada com o sistema europeu de rotulagem energética dos electrodomésticos; • Conteúdos de carácter geral relacionados com a eficiência energética e suas vantagens em termos económicos, nomeadamente acções a tomar no quotidiano que contribuam para uma melhor eficiência energética.
5	Água
5.1	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilização dos utilizadores para a poupança de água; • Detalhes com a utilização dos dispositivos instalados que permitam um menor consumo de água; • Informações relacionadas com o uso eficiente da água nos espaços exteriores; • Informações sobre a utilização e manutenção dos sistemas instalados que permitam a reutilização de água não potável.
6	Resíduos e reciclagem
6.1	<ul style="list-style-type: none"> • Informação de carácter geral sobre os resíduos que podem ser reciclados; • Informação sobre os locais previstos no edifício para a deposição e separação de resíduos; • Informação sobre a recolha porta-a-porta; • Informação e localização de locais para a compostagem de resíduos orgânicos; • Informações sobre o que fazer com resíduos não abrangidos pela recolha indiferenciada e selectiva.
7	Manutenção e utilização sustentável

Conteúdo do Manual	Descrição
7.1	<ul style="list-style-type: none"> • Informações sobre medidas de carácter geral a serem adoptadas nas operações de manutenção e remodelação que contribuam para a sustentabilidade do edifício.
8	Transportes Públicos
8.1	<ul style="list-style-type: none"> • Detalhes e locais de transportes públicos; • Mapa de redes de ciclovias; • Informações sobre parqueamentos juntos a paragens de transportes públicos; • Informações como chegar às principais amenidades utilizando transportes públicos ou bicicleta.
9	Amenidades locais
9.1	<ul style="list-style-type: none"> • Localização das principais amenidades; • Localização de locais de interesse cultural, natural e paisagístico.
10	Padrões de consumo
10.1	<ul style="list-style-type: none"> • Informação de carácter geral sobre a aquisição de bens e serviços mais sustentáveis.
11	Informações de Emergência
11.1	<ul style="list-style-type: none"> • Localização e número de telefone de: Centro de saúde, Hospital com urgências 24h, hospital pediatria com urgências 24h, PSP, GNR, Bombeiros.

Tabela 4.16 - Conteúdo do manual de utilizador

Face ao facto de não existir ficha técnica do edifício, devido à construção ainda não se ter iniciado e de acordo com o ponto 2 do guia de avaliação do SBTool^{PT-H}, (SBTool^{PT-H}, 2009), procedeu-se à apresentação de uma lista com os tópicos para o desenvolvimento do manual do utilizador. Este deve ser acompanhado de um termo onde o projectista e dono de obra se comprometem a entregar posteriormente uma cópia do manual do utilizador ao promotor ou ao locatário.

Através da implementação desta medida de melhoria o parâmetro adquire um nível de sustentabilidade com um valor normalizado de 1,20, correspondente ao valor máximo do intervalo admitido pelo SBTool^{PT-H}, correspondendo a classe de desempenho A⁺.

P23	Valor ponderado	Classe de desempenho
Edifício original	-0,20	E
Edifício sustentável	1,20	A ⁺

Tabela 4.17 - Classificação da sustentabilidade parâmetro P23, (Edifício original e sustentável)

4.3. Dimensão Económica

Procedeu-se à análise dos dois parâmetros que constituem a dimensão em estudo.

- **Parâmetro P24 - Valor do custo do investimento inicial por m² de área útil**

O parâmetro P24 é o primeiro parâmetro que dá ênfase à vertente económica. Este parâmetro analisa o custo de investimento inicial por m² de área útil. Deste modo é analisado o custo por m² do edifício em estudo face à prática do mercado na zona de implantação do edifício.

Conforme analisado no Capítulo 3, os valores de mercado correspondentes à prática convencional e à melhor prática mantêm-se. Estes valores foram aferidos recorrendo às imobiliárias Remax e ERA da zona de Pombal.

O valor de investimento inicial vai sofrer alteração devido às propostas de melhoria que correspondem a maior e a menor valias para o projecto inicial.

De acordo com o referido foi contactada uma empresa de construção em nome individual, Vitorino Fernandes Martinho, a fim de entregarem dois orçamentos, um para a solução inicial e outro para a solução onde são apresentadas propostas de melhorias. Estes orçamentos podem ser consultados no Anexo B. Ao valor do orçamento apresentado para o edifício, acrescenta-se o valor do terreno, que corresponde a 80 €/m². Este valor foi aferido através do contacto das imobiliárias Remax e Era.

Com os dados apresentados foi calculado o valor do custo do investimento inicial por m² (PCI), a solução mais sustentável determina um valor superior, em 119 €/m², portanto um acréscimo em cerca de 14% face ao valor obtido para a solução convencional, ver Tabela 4.18. O cálculo do valor normalizado de acordo com a metodologia de avaliação do SBTool^{PT}-H, ver Anexo D, é de -0,20. Correspondendo a uma classe de desempenho E. Este resultado deve-se ao elevado custo de investimento inicial, o qual toma estas proporções pelas características do edifício, nomeadamente a área bruta de construção e a qualidade dos materiais a aplicar e ao investimento nas medidas de melhoria da sustentabilidade mencionadas nos parâmetros anteriores.

P24	Investimento inicial (€)	Custo do investimento inicial por m ² (€/m ²)	Valor ponderado	Classe de desempenho
Edifício original	208.801,80	851,38	-0,20	E
Edifício sustentável	238.087,00	970,79	-0,20	E

Tabela 4.18 - Investimento inicial e classificação da sustentabilidade parâmetro P24, (Edifício original e sustentável)

- **Parâmetro P25 - Valor actual dos custos de utilização por m² de área útil**

O presente parâmetro avalia o valor de utilização por m² de área útil do edifício em estudo. Através dos valores apresentados é possível contabilizar os gastos energéticos, com consumo de água e com resíduos da solução em estudo. Este parâmetro é alvo de alterações significativas devido às melhorias efectuadas nos parâmetros anterior.

Deste modo o custo de utilização do edifício com as melhorias propostas foi alterado diminuindo os gastos com energia, água e resíduos.

As melhorias propostas a realçar são:

- Aplicação de painéis fotovoltaicos;
- Aplicação de vãos envidraçados com melhor condutibilidade térmica;
- Aplicação de caldeira a pellets, para aquecimento ambiente.

Para a análise deste parâmetro foram reunidos os seguintes dados:

- TEE - Custo de 1 kWh de electricidade em tarifa doméstica simples com IVA incluído (€/kWh) é igual a 0,139 €/kWh;
- TGPL - Custo de 1 kg de gás propano com IVA incluído é igual a 1,50 €/Kg;
- TAP - Tarifa de água potável do sistema público de abastecimento de água é igual a 0,56 €/m³;
- TAR - Custo anual correspondente à drenagem das águas residuais é igual a 0,32 €/m³;
- TRS - Custo anual correspondente à recolha de resíduos sólidos urbanos é igual a 0,32 €/m³;
- TEEP -Custo de 1 kWh de energia produzida por pellets com IVA incluído é igual a 0,051 €/kWh;
- Taxa Euribor a 12 meses que é igual a 1,23% (taxa de referencia a 15/06/2012).

Os dados apresentados foram retirados da Galp energia, EDP (Energias de Portugal), Camara Municipal de Pombal e INE (Instituto Nacional de Estatística).

Outros dados necessários ao cálculo do parâmetro em epígrafe estão expostos no Anexo A contemplados nos projectos das especialidades.

O cálculo deste parâmetro é apresentado no Anexo D da presente trabalho.

De modo a aferir o resultado do presente parâmetro foram analisados os seguintes pontos:

Quantificação dos benchmarks para o valor actual dos custos de utilização:

- Determinar o Custo Anual do Consumo Energético correspondente à melhor prática (CEMP). Este valor foi calculado segundo a metodologia SBTool^{PT}-H apresentada no Anexo D, obtendo o Valor de 1,45 €/m².ano.
- Determinar o Custo Anual do Consumo de Água Potável e da Produção de Águas Residuais e de Resíduos Sólidos Urbanos correspondente à melhor prática (CAMP). Este valor foi calculado segundo a metodologia SBTool^{PT}-H apresentada no Anexo D, obtendo o Valor de 0,36 €/m².ano. Esta alteração deve-se em especial à alteração de melhoria apresentada no parâmetro P14.
- Determinar o Valor Actual dos Custos de Utilização correspondentes à melhor prática (PCU*). Este valor foi calculado segundo a metodologia SBTool^{PT}-H apresentada no Anexo D, obtendo o Valor de 1,47 €/m².

Quantificação do valor actual dos custos de utilização correspondentes à prática convencional:

- Determinar o Custo Anual do Consumo Energético correspondente à prática convencional (CEPC). Este valor foi calculado segundo a metodologia SBTool^{PT}-H apresentada no Anexo D, obtendo o Valor de 5,82 €/m².ano.
- Determinar o Custo Anual do Consumo de Água Potável e da Produção de Águas Residuais e de Resíduos Sólidos Urbanos correspondente à prática convencional (CAPC). Este valor foi calculado segundo a metodologia SBTool^{PT}-H apresentada no Anexo D, obtendo o Valor de 10,76 €/m².ano.
- Determinar o Valor Actual dos Custos de Utilização correspondentes à prática convencional (PCU). Este valor foi calculado segundo a metodologia SBTool^{PT}-H apresentada no Anexo D, obtendo o Valor de 13,48 €/m².

Quantificação do valor actual dos custos de utilização correspondentes à solução em estudo:

- Determinar o Custo Anual do Consumo Energético correspondente à solução em estudo (CESE). Este valor foi calculado segundo a metodologia SBTool^{PT}-H apresentada no Anexo D, obtendo o Valor de 0,93 €/m².ano. Para o cálculo deste factor foi considerado para o aquecimento do ambiente a caldeira a pellets com eficiência de 0,6 e como apoio ao arrefecimento a bomba de calor com eficiência de 3. A grande alteração deste valor deve-se à melhoria do edifício no que respeita ao seu comportamento térmico e à aplicação da caldeira a pellets que apresenta valores de produção de energia calorífica muito menores que a electricidade.

- Determinar o Custo Anual do Consumo de Água Potável e da Produção de Águas Residuais e de Resíduos Sólidos Urbanos correspondente à solução em estudo (CASE). Este valor foi calculado segundo a metodologia SBTool^{PT}-H apresentada no Anexo D, obtendo o valor de 4,76 €/m².ano. A grande diferença apresentada neste valor deve-se às melhorias apresentadas no parâmetro P14, tendo sido dado grande ênfase à redução do consumo de água potável.
- Determinar o Valor Actual dos Custos de Utilização correspondentes à solução em estudo (PCU). Este valor foi calculado segundo a metodologia SBTool^{PT}-H apresentada no Anexo D, obtendo o Valor de 4,62 €/m². De acordo com o exposto este valor baixou significativamente reduzindo os custos de utilização do edifício em estudo.

Apresentados os resultados para a melhor prática, prática convencional e a solução de estudo, através da metodologia SBTool^{PT}-H, procede-se à normalização a qual obtém o valor de 0,74, segundo a escala de classificação SBTool^{PT}-H corresponde a uma classe de desempenho A.

P25	Custo do consumo energético (€/m ² .ano)	Custo do Consumo de Água Potável +da Produção de Águas Residuais + Resíduos Sólidos Urbanos (€/m ² .ano)	Custos de Utilização (€/m ²)	Valor ponderado	Classe de desempenho
Edifício original	2,82	9,87	10,31	-0,26	C
Edifício sustentável	0,93	4,76	4,62	0,74	A

Tabela 4.19 - Custos de utilização e classificação da sustentabilidade parâmetro P25, (Edifício original e sustentável)

Através desta avaliação pode-se verificar que as medidas de melhorias propostas para o edifício ser mais sustentável causam reduções significativas no que respeita aos valores de utilização do edifício. No que respeita aos custos do consumo de energia, verifica-se uma diminuição de três vezes menos, quanto aos custos com o consumo de água potável, águas residuais e resíduos sólidos urbano, diminuem para metade. Quanto aos custos com a utilização, diminuem para menos de metade do valor obtido para a solução inicial. Estes resultados serão novamente analisados no Capítulo 5, de modo a aferir a viabilidade em termos de custos de investimentos/benefícios.

Estão assim apresentados os resultados de todos os parâmetros avaliados segundo o SBTool^{PT}-H. De acordo com esta ferramenta de avaliação da sustentabilidade estão reunidas as condições de modo a proceder à agregação de resultados para classificação das nove categorias.

Na Figura 4.3 é apresentado um gráfico resumo dos valores de cada parâmetro segundo o SBTool^{PT}-H, para o edifício em estudo:

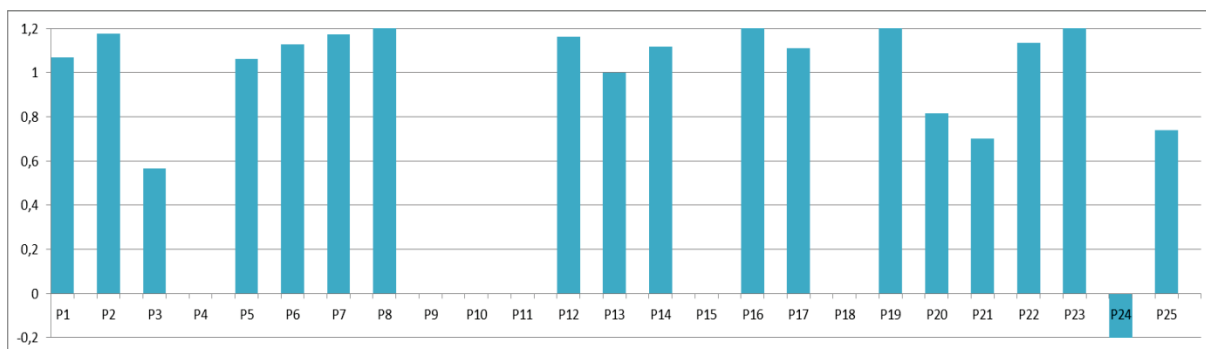


Figura 4.3 - Valores normalizados do desempenho sustentável dos parâmetros do edifício em estudo

No Anexo D é apresentado as folhas de cálculo referentes à agregação das nove categorias e das três dimensões do SBToolPT-H. Após esta agregação realiza-se a quantificação do nível de sustentabilidade do edifício.

A classificação atribuída a cada categoria foi a seguinte:

- C1 - Alterações climáticas e qualidade do ar exterior - o valor ponderado para esta categoria segundo a metodologia SBTool^{PT}-H é igual a 1,07, segundo a escala de classificação corresponde a uma classe de desempenho A⁺.
- C2 - Uso do solo e biodiversidade - após a ponderação de valores de acordo com a metodologia da ferramenta de avaliação da sustentabilidade, esta categoria apresenta um valor igual a 1,03, o que segundo a escala de classificação do SBTool^{PT}-H corresponde a uma classe de desempenho A⁺.
- C3 - Energia - através da ponderação de acordo com a metodologia do SBTool^{PT}-H esta categoria alcançou o valor de 1,19, o que segundo a escala de classificação desta metodologia corresponde a uma classe de desempenho A⁺.
- C4 - Materiais e Resíduos Sólidos - de acordo com o resultado obtido da ponderação dos valores dos parâmetros desta categoria, apresentados no Anexo D o valor alcançado é de 0,25, o que corresponde a uma classe de desempenho C, de acordo com a metodologia de classificação do SBTool^{PT}-H.
- C5 - Água - o valor ponderado para esta categoria segundo a metodologia SBTool^{PT}-H é igual a 0,71, segundo a escala de classificação corresponde a uma classe de desempenho A.
- C6 - Conforto e Saúde dos Utilizadores - através da ponderação de acordo com a metodologia do SBTool^{PT}-H esta categoria alcançou o valor de 1,08, o que segundo a escala de classificação desta metodologia corresponde a uma classe de desempenho A⁺.
- C7 - Acessibilidade - após a ponderação de valores de acordo com a metodologia da ferramenta de avaliação da sustentabilidade, esta categoria apresenta um valor igual a 0,90, o que segundo a escala de classificação do SBTool^{PT}-H corresponde a uma classe de desempenho A.
- C8 - Sensibilização e educação para a sustentabilidade - de acordo com o resultado obtido da ponderação dos valores dos parâmetros desta categoria, apresentados no

Anexo D o valor alcançado é de 1,20, o que corresponde a uma classe de desempenho A⁺ de acordo com a metodologia de classificação do SBTool^{PT-H}.

- C9 - Custos de ciclo de vida - o valor ponderado para esta categoria segundo a metodologia SBTool^{PT-H} é igual a 0,27, segundo a escala de classificação corresponde a uma classe de desempenho C.

Estão assim aferidas as classificações do nível de sustentabilidade atribuído a cada uma das nove categorias que contemplam a metodologia de avaliação da sustentabilidade utilizada.

Realça-se a melhoria de todas as categorias com excepção das categorias C6 e C7, referente a conforto e saúde dos utilizadores e acessibilidades. No que respeita à categoria C7 esta refere-se a um factor externo à construção do edifício mantendo o valor ponderado e a classificação de A. A categoria C6, referente ao conforto e saúde dos utilizadores, o valor ponderado mantém-se nos 1,08 com a classificação de A⁺.

Na Tabela 4.20 são apresentadas de forma resumida a classificação referente a cada classe:

	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	C 7	C 8	C 9
A ⁺	●	●	●			●		●	
A					●		●		
B									
C				●					●
D									
E									

Tabela 4.20 - Nível de desempenho da sustentabilidade do edifício para as diferentes categorias SBTool^{PT-H}

Concluída a classificação das categorias do edifício em estudo, procede-se à agregação de valores de modo a determinar a classe das três dimensões que constituem o processo de avaliação do SBTool^{PT-H}.

De acordo com o guia de avaliação V2009/2 do SBTool^{PT-H} (SBTool^{PT-H}, 2009), procedeu-se à classificação do nível de desempenho da sustentabilidade atendendo à dimensão Ambiental, Social e Económica (ver Anexo D). As três dimensões apresentam a seguinte classificação:

- D1 - Ambiental - após a ponderação de valores de acordo com a metodologia da ferramenta de avaliação da sustentabilidade esta dimensão apresenta o valor de 0,90 o que corresponde a uma classe de desempenho A.
- D2 - Social - de acordo com o resultado obtido de 1,04, resultante da ponderação dos valores das categorias que constituem esta dimensão, a mesma é classificada como classe de desempenho A⁺.
- D3 - Económica - efectuada a ponderação referente a dimensão em epigrafe o valor obtido é de 0,27, correspondendo a uma classe de desempenho C.

Após a classificação do nível de desempenho da sustentabilidade de cada dimensão, referente ao edifício em estudo, estão reunidas as condições para a atribuição do nível de sustentabilidade do edifício. De acordo com a classificação dos parâmetros, categorias e dimensões.

Após ponderação dos valores das dimensões foi obtido um valor ponderado final de 0,75, o que corresponde segundo a escala de classificação do SBTool^{PT}-H a uma classe de desempenho A. Não foi atingido o nível de desempenho sustentável classe A⁺ pelos seguintes motivos:

- Valor inicial de investimento muito elevado. O edifício analisado apresenta elevadas áreas de compartimentos, sendo considerado como de luxo. Deste modo o valor da construção e dos materiais utilizados apresentam valores elevados sendo prejudicial para a dimensão económica.
- Inexistência de reutilização de materiais provindos de outros edifícios.
- Percentagem em peso do conteúdo reciclado do edifício muito baixo.
- A localização do edifício face a amenidades e a transportes públicos não apresenta um nível de sustentabilidade de classe A⁺.

Deste modo está avaliado o nível de sustentabilidade do edifício em estudo. A sua classificação como classe A é uma classificação de excelência. Com esta alteração da classificação do nível de sustentabilidade do edifício em estudo com melhorias, o valor ponderado sofreu uma grande alteração passando de 0,53 para 0,75, o qual se reflecte no valor do custo de utilização do edifício, nos valores de emissões e consumos referentes ao ambiente e no conforto térmico. As alterações propostas vão ser analisadas no Capítulo 5 de modo a verificar a viabilidade custo de implementação/benefício.



Figura 4.4 - Classificação do nível de sustentabilidade do edifício em estudo, segundo SBTool^{PT}-H

4.4. Necessidades energéticas (Design Builder)

Apresentadas as propostas para as medidas de melhoria a efectuar ao edifício do ponto de vista da sustentabilidade, procede-se à análise dinâmica do conforto térmico do edifício. À semelhança da análise efectuada no Capítulo 3.3, foram escolhidos três compartimentos do edifício, sala, quarto e casa de banho, portanto os mesmos, de modo a verificar as alterações concedidas pelas propostas de melhorias.

Das propostas de melhorias apresentadas neste Capítulo, as que estão directamente ligadas a alterações do conforto térmico e de consumos energéticos no edifício são: a alteração dos vãos envidraçados, a colocação de cobertura ajardinada e a alteração do sistema de aquecimento passando de gás natural para aquecimento em caldeira recorrendo a pellets. No que respeita a dados e características do edifício inseridos no software Design Builder, foram admitidos os mencionados no Capítulo 3.3.

Expostas as alterações procedeu-se à análise dos resultados obtidos nos compartimentos do edifício.

4.4.1 SALA

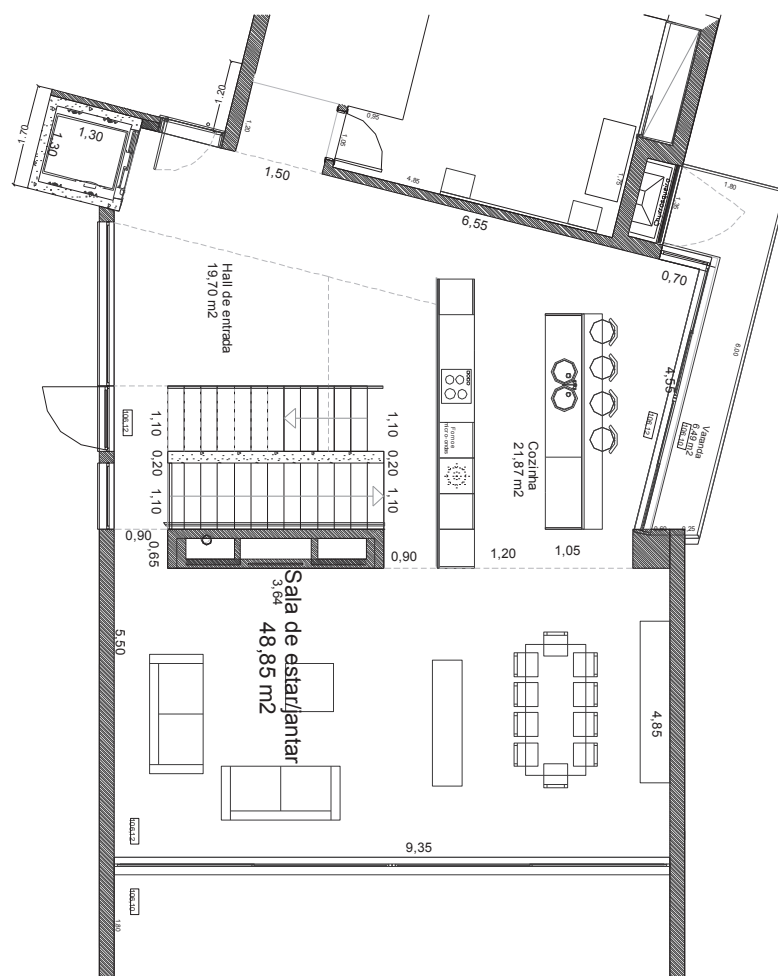


Figura 4.5 - Planta da sala de estar

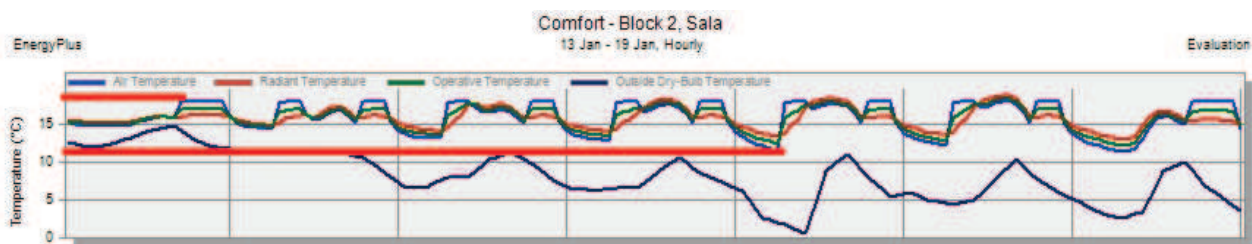


Figura 4.6 - Evolução das temperaturas na semana de dimensionamento no Inverno - Sala

Na Figura 4.6 é representada, para a sala, a evolução das temperaturas interiores, radiantes, operativas e exteriores na semana de dimensionamento referente ao Inverno. A temperatura radiante e a temperatura operativa correspondem as temperaturas anteriormente definidas no Capítulo 3.

Através da análise à Figura 4.6, podemos constatar que para a sala o intervalo das temperaturas interiores situa-se entre os 13°C e os 19°C. Estes dois picos ocorrem em simultâneo com os picos máximos e mínimos da temperatura exterior.

A alteração dos vãos envidraçados para vidros com condutibilidade térmica menor e baixa emissividade solar, alterou significativamente as temperaturas interiores da sala, apresentando uma temperatura média nos 17°C.

No que respeita à amplitude das temperaturas que se obtém na sala, é menor. Veja-se que a temperatura mínima do ar interior, mantém-se nos 13°C, o qual ocorre no dia 17 de Janeiro, onde a temperatura exterior ronda os 0°C. Neste aspecto a alteração efectuada à envolvente não apresentou qualquer melhoria. A temperatura máxima atingida no interior deste compartimento é de 19°C. Aqui é notório uma melhoria, pois veja-se que a temperatura do ar interior máxima atingida sem a aplicação destes vãos envidraçados rondava os 21°C, com a aplicação dos novos vãos envidraçados a temperatura é reduzida em 2°C passando para os 19°C. Em suma a aplicação de vãos envidraçados com baixa condutibilidade térmica e baixa emissividade, contribuem para reduzir o intervalo de temperaturas interiores verificadas nesta semana, baixando a amplitude térmica da sala.

Analisada a semana de dimensionamento referente ao Inverno, a Figura 4.7 apresenta o comportamento térmico da sala na semana típica de Inverno.

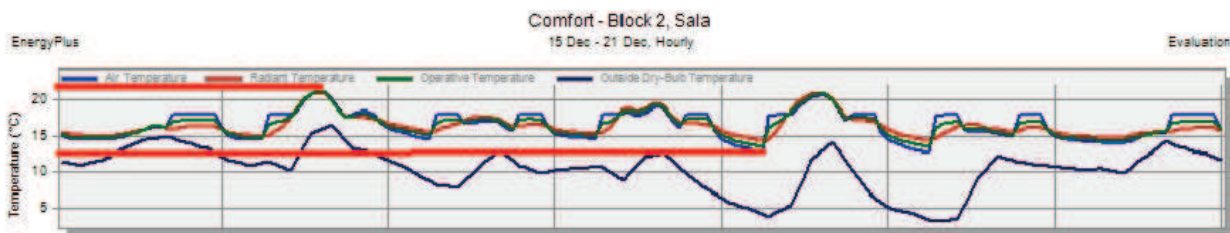


Figura 4.7 - Evolução das temperaturas na semana típica no Inverno - Sala

Na semana típica de Inverno em análise, o comportamento térmico do compartimento em epígrafe, comporta-se em termos de variações de temperaturas do mesmo modo que a semana de dimensionamento. Contudo é visível que as temperaturas interiores nesta semana apresentam picos de outra ordem de grandeza regendo-se entre os 14°C e os 21°C. Esta situação deve-se ao facto das temperaturas exteriores para esta semana apresentarem valores mais elevados que as temperaturas exteriores da semana de dimensionamento, na ordem dos 4°C.

Através dos resultados apresentados na Figura 4.7, o conforto térmico deste compartimento melhorou significativamente, pois os valores das temperaturas interiores encontram-se acima dos 18°C na maioria das horas do dia.

Com a aplicação de vãos envidraçados de baixa condutibilidade térmica e emissividade, as temperaturas interiores da sala aproximaram-se do patamar de conforto definido (18 aos 21°C). De acordo com a Figura 4.7, a temperatura mínima do ar interior continua nos 14°C, a temperatura máxima do ar interior, passa dos 22°C para os 21°C. De realçar que, no que respeita à temperatura radiante, esta diferença de 1°C ocorre em toda a semana.

Analisada a variação das temperaturas durante o Inverno, na Figura 4.8 procede-se à análise das perdas de energia pelos diversos materiais constituintes da envolvente exterior.

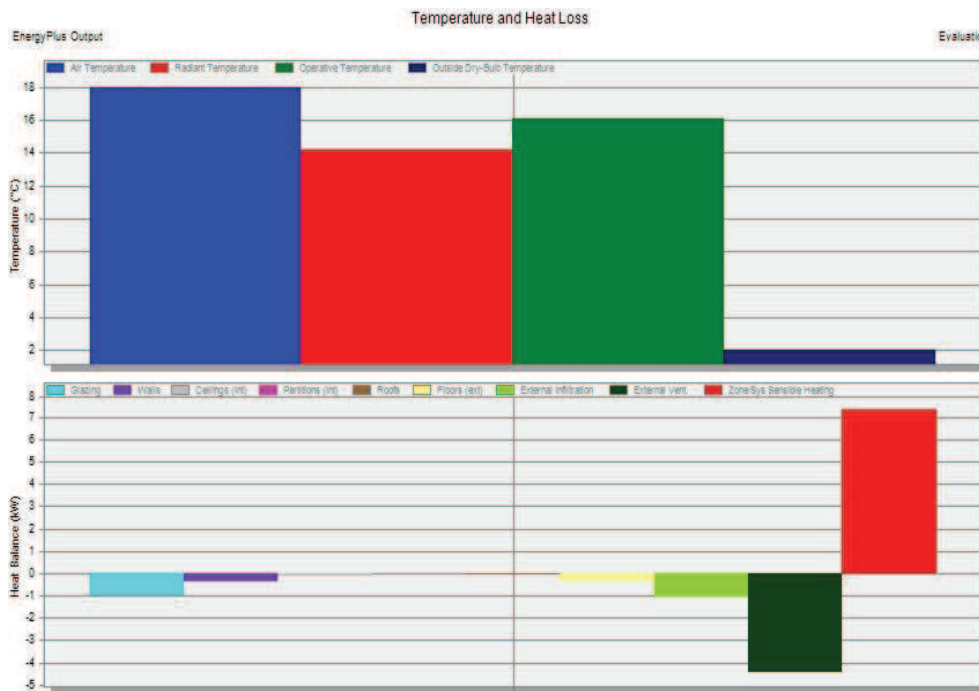


Figura 4.8 - Temperaturas interiores e perdas de energia pela envolvente exterior - Sala

Legenda Figura 4.8:

Gráfico referente às temperaturas: A azul temperatura do ar interior, a vermelho temperatura radiante, a verde temperatura operativa, a azul escuro temperatura exterior.

Gráfico das perdas de energia: Azul claro - vidros, a roxo - paredes, amarelo - pavimento, verde claro - infiltração externa de ar, a verde escuro - ventilação exterior e a vermelho - necessidade energética fornecida pelo sistema de climatização.

No que respeita às perdas de energia pela envolvente exterior, estas continuam a ser mais relevantes pelos vãos envidraçados (-0,9 kW), baixando numa décima, pela infiltração externa de ar (-1 kW) e pela ventilação exterior (-4,2 kW). Atendendo à totalidade das perdas de energia é necessário fornecer 7,3 kW para o sistema de aquecimento de modo a atingir as temperaturas admitidas no intervalo de conforto (18 aos 21°C).

Pelo apresentando conclui-se que a alteração dos vãos envidraçados provocou uma diminuição de uma décima as perdas de energia neste compartimento, pois para a solução anterior, as perdas pelos vãos envidraçados era de -1,0 kW.

Concluída a análise térmica referente ao Inverno para o compartimento em epígrafe, procede-se à análise para a estação do Verão

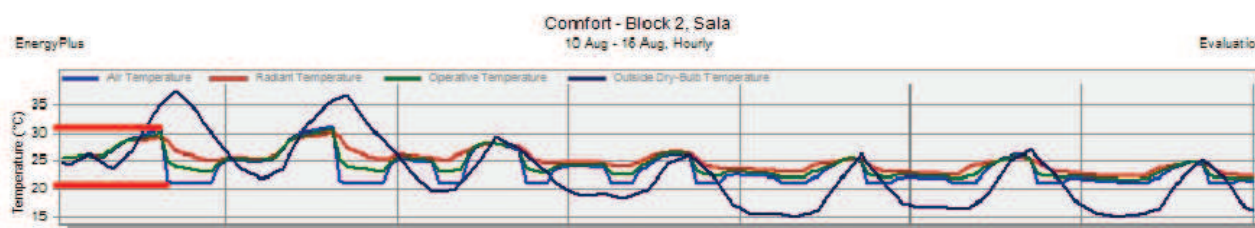


Figura 4.9 - Evolução das temperaturas na semana de dimensionamento Verão - Sala

Na Figura 4.9 em análise verifica-se que a temperatura máxima do ar exterior ocorre por volta das 16:00H.

No que se refere às temperaturas interiores do edifício existe uma variação entre os 21°C e os 31°C.

Através da análise à Figura 4.9, verifica-se também para esta estação do ano uma redução da temperatura radiante na ordem de 1°C, face à análise efectuada no Capítulo 3.3. Estas variações devem-se à alteração dos vãos envidraçados exteriores, apresentando uma condutibilidade térmica e emissividade mais baixa.

De acordo ao que acontece na estação de Inverno existe uma baixa de temperatura interior máxima a rondar os 2°C, melhorando o comportamento térmico da sala. Contudo apesar desta alteração de temperaturas interiores, continua a verificar-se a necessidade de equipamentos de arrefecimento de modo a manter a temperatura próxima da temperatura de conforto admitida (18 aos 21°C).

Analizada a semana de dimensionamento referente ao Verão, procede-se à análise da semana típica de Verão apresentada na Figura 4.10.

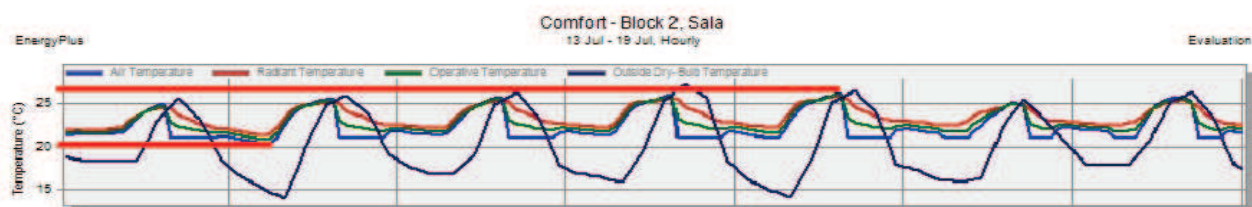


Figura 4.10 - Evolução das temperaturas na semana típica Verão - Sala

Na Figura 4.10 é referenciada a variação de temperaturas interiores referentes à semana típica de Verão. Em comparação com a semana de dimensionamento as temperaturas do ar exterior são mais baixas. Por este facto a variação das temperaturas apresenta um intervalo compreendido entre os 21°C e os 26°C.

No que respeita à temperatura do ar interior, a alteração dos vãos envidraçados fez com que os picos máximos de temperatura radiante e operativa baixem em média 1°C. De acordo com a análise efectuada no Capítulo 3.3 verifica-se que a temperatura radiante e a temperatura operativa nesta época do ano são superiores à temperatura do ar interior na ordem de grandeza de 2°C. Com a alteração dos vãos envidraçados estas duas temperaturas aproximam-se da temperatura do ar interior. Este fenómeno é explicado pela baixa emissividade dos vãos envidraçados.

Deste modo pode-se concluir que os ganhos térmicos concedidos por este material da envolvente exterior vão baixar.

Exposta a variação de temperaturas para esta época do ano, procede-se à análise dos ganhos energéticos do edifício, apresentados na Figura 4.11.

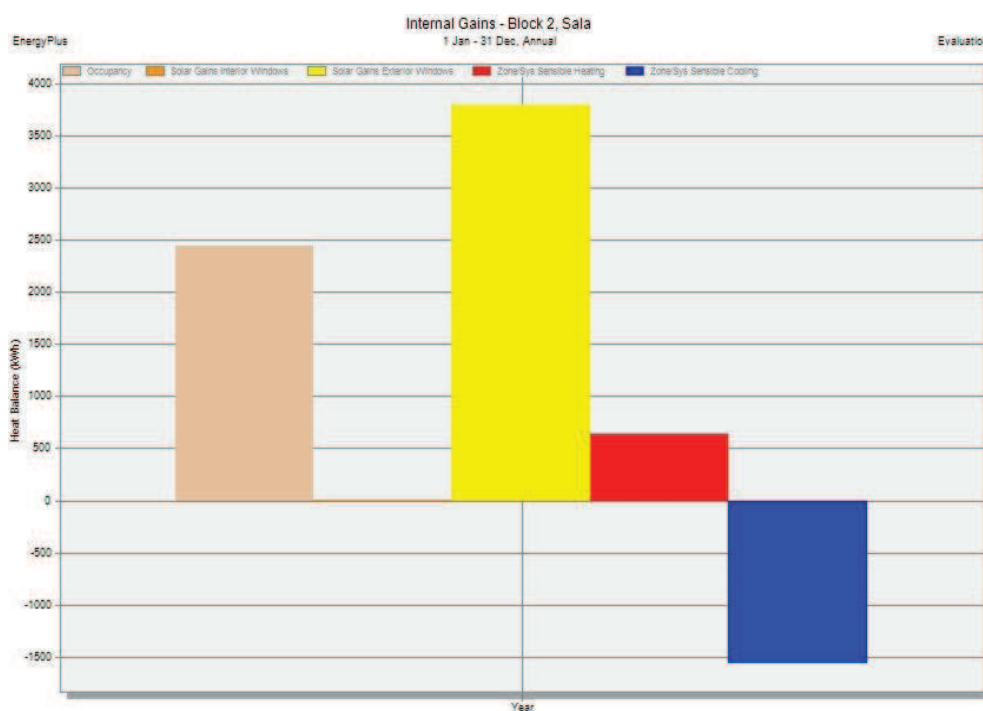


Figura 4.11 - Ganhos internos de energia e necessidades energéticas durante o ano - Sala

Legenda Figura 4.11:

Castanho - ganhos pela ocupação;

Amarelo - ganhos solares pelos vãos envidraçados;

Vermelho - necessidades de aquecimento;

Azul - necessidades de arrefecimento.

A Figura 4.11 representa para a sala os ganhos internos de energia e a energia necessária para os sistemas de aquecimento e arrefecimento durante o ano. De acordo com o exposto verifica-se que os maiores ganhos de energia da sala continuam a ser os ganhos solares pelos vãos envidraçados. Contudo face às alterações da envolvente mencionadas verifica-se um decréscimo significativo dos ganhos solares pelos vãos envidraçados, passando de 6300 kWh/ano para 3750 kWh/ano.

No que respeita a ganhos energéticos pela ocupação, estes também sofrem um decréscimo passando de 2700 kWh/ano para 2450 kWh/ano.

Estas duas reduções são explicadas pela alteração dos vãos envidraçados exteriores, se por um lado a aplicação destes vãos reduz os ganhos energéticos devido à radiação solar, baixando também a temperatura operacional.

Argumentados os ganhos de energia durante, verifica-se pela Figura 4.11, que o fornecimento de energia ao sistema de aquecimento aumenta de 350 kWh/ano para 600 kWh/ano. Do lado oposto face à diminuição dos ganhos energéticos, existe uma diminuição do fornecimento de energia ao sistema de arrefecimento baixando de 2200 kWh/ano para 1600 kWh/ano, cerca de 30%, ver Tabela 4.21.

Divisão: Sala (90,42 m ²)	Necessidades de energia kWh/ano		Ganhos de energia kWh/ano	Perdas de energia kW
	Inverno	Verão		
Edifício - Classe - B	350	2200	9000	6,2
Edifício - Classe - A	600	1600	6200	6,1

Tabela 4.21 - Resumo energético na Sala para as duas soluções

Analisadas as duas estações do ano mais críticas pode-se concluir:

- A aplicação de vãos exteriores de baixa condutibilidade térmica e emissividade, reduz significativamente os ganhos energéticos da sala referentes à radiação solar e à ocupação, ver Tabela 4.21.

- A temperatura radiante e a temperatura operativa baixam em média 1°C ao longo do ano.
- Se existe uma diminuição dos ganhos energéticos, terá de haver uma compensação do sistema de aquecimento no Inverno, aumentando o consumo energético deste equipamento.
- Por outro lado ao diminuir os ganhos energéticos na sala, será necessário uma menor interação do sistema de arrefecimento no Verão, baixando os gastos deste sistema.
- Em suma com esta alteração consegue-se que a sala apresente um comportamento térmico mais equilibrado durante o ano.

4.4.2 QUARTO

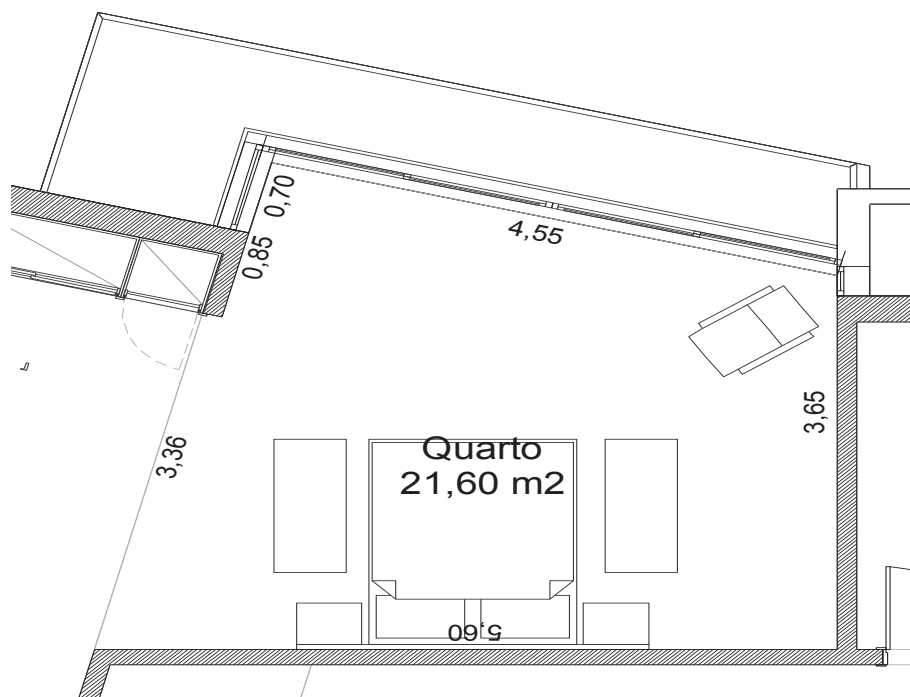


Figura 4.12 - Planta do Quarto

De seguida procede-se à análise das temperaturas interiores e exteriores para o compartimento quarto, existente no 1º piso da habitação, ver Figura 4.12.

A Figura 4.13 apresenta as variações das temperaturas referentes à semana de dimensionamento no Inverno.

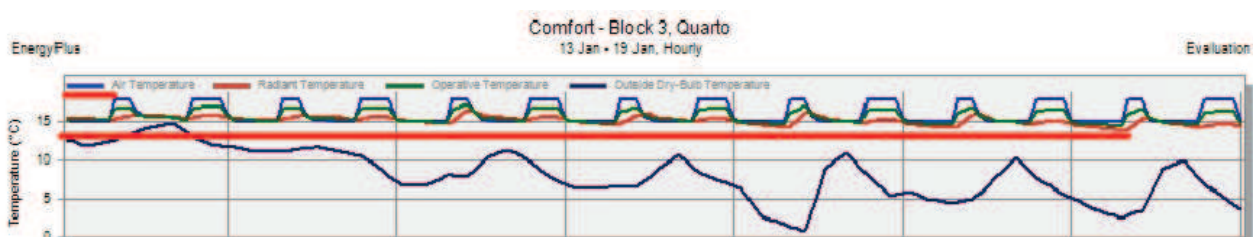


Figura 4.13 - Evolução das temperaturas na semana de dimensionamento no Inverno - Quarto

Conforme analisado para a sala, podemos constatar que neste compartimento, o intervalo das temperaturas interiores situa-se entre os 15°C e os 18°C. Estes dois picos ocorrem em simultâneo com os picos máximos e mínimos da temperatura exterior, contudo apresenta variações de temperaturas menores.

Este fenómeno é explicado pelas elevadas áreas de vãos envidraçados que constituem a envolvente exterior do quarto e repensáveis pelas maiores perdas de energia. No que respeita às temperaturas do ar interior, radiante e operativa, estas são sempre superiores à temperatura do ar exterior, contudo apenas em poucas horas do dia atingem a temperatura referenciada de conforto, 18°C. Esta ocorrência dá-se entre as 8:00h e as 11:00h, pelo facto da orientação deste quarto ser a nascente, fazendo com que a radiação solar incida sobre a sua envolvente exterior neste período de tempo. Com esta situação, os ganhos solares são conseguidos neste intervalo de tempo, diminuindo ao longo do dia, tendo consequência uma diminuição das temperaturas interiores no compartimento.

Em comparação com a análise efectuada no Capítulo 3.3, as alterações referenciadas, nomeadamente os vãos envidraçados e a cobertura, melhoraram o comportamento térmico do quarto. Antes da implementação das medidas de melhoria o comportamento térmico do quarto apresentava elevadas variações de temperatura ao longo do dia, atingindo valores abaixo dos 15°C. Após a implementação das soluções de melhoria o quarto apresenta uma menor amplitude térmica. Com estas melhorias consegue-se uma redução no consumo energético dos sistemas de climatização.

De acordo com o que acontece com a sala, a temperatura radiante baixou 0,5°C. Este fenómeno é explicado pela baixa emissividade dos vãos envidraçados.

Concluída a análise à semana de dimensionamento no Inverno, a Figura 4.14 apresenta as variações de temperaturas interiores da semana típica de Inverno.

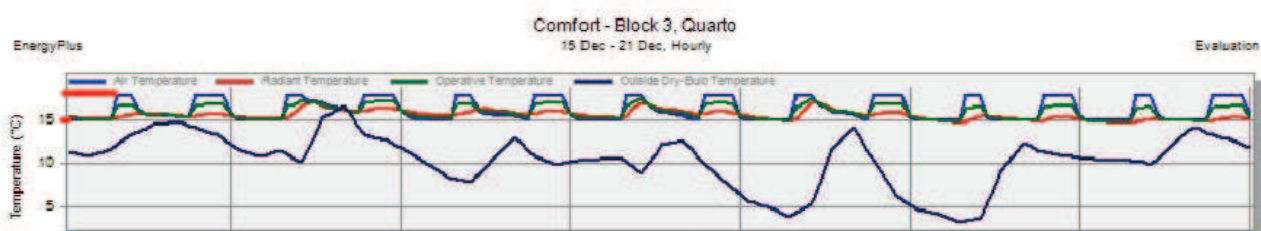


Figura 4.14 - Evolução das temperaturas na semana típica no Inverno - Quarto

Na Figura 4.14 verifica-se uma oscilação de temperaturas entres os 15°C e os 18°C, por outro lado, como verificado para a semana de dimensionamento de Inverno, verifica-se uma subida das temperaturas interiores entre as 8:00h e as 11:00h da manhã. Portanto este comportamento é justificado pela orientação da divisão e pelas áreas dos envidraçados exteriores.

De acordo com o verificado na semana de dimensionamento, a semana típica de Inverno apresenta melhorias significativas do conforto térmico. Em comparação com a análise efectuada no Capítulo 3.3, verifica-se um aumento da temperatura do ar interior mínima de 1,5°C. Este aumento traduz-se no aumento do conforto térmico diminuindo as oscilações térmicas ao longo do dia.

Conclui-se que as alterações ao edifício representam uma melhoria importante no comportamento térmico do quarto.

Analisado o comportamento térmico do quarto nas semanas de Inverno, apresenta-se na Figura 4.15 as perdas de energia que ocorrem pela envolvente exterior do compartimento durante o ano.

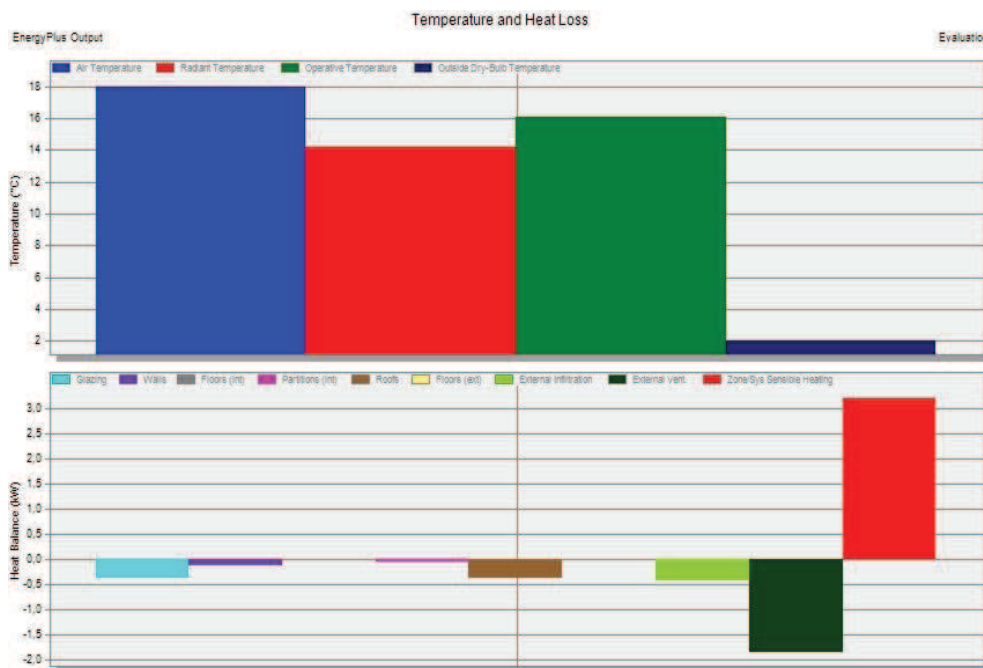


Figura 4.15 - Perdas de calor pela envolvente exterior - Quarto

Legenda Figura 4.15:

Gráfico referente às temperaturas: A azul temperatura do ar interior, a vermelho temperatura radiante, a verde temperatura operativa, a azul escuro temperatura exterior.

Gráfico das perdas de energia: Azul claro - vidros, a roxo - paredes, amarelo - pavimento, verde claro - infiltração externa de ar, a verde escuro - ventilação exterior e a vermelho - necessidade energética fornecida pelo sistema de climatização.

Da mesma forma do que acontece na sala, no quarto as maiores perdas de energia ocorrem pelos vãos envidraçados e pelas renovações do ar interior.

Em comparação com a análise efectuada no Capítulo 3.3, verifica-se uma diminuição nas perdas de energia pela envolvente exterior.

As perdas de energia concedidas pelos vãos envidraçados, verifica-se uma diminuição em 0,1 kW. Esta situação acontece de igual forma para as perdas pela cobertura do quarto.

De encontro com as melhorias apresentadas o fornecimento de energia para o sistema de aquecimento diminui para 3,1 kW.

Apresentadas as melhorias do comportamento térmico para a estação de aquecimento, conclui-se que as alterações introduzidas na envolvente exterior do edifício são importantes, baixando os gastos energéticos e a amplitude térmica do quarto.

Concluída a análise do quarto referente ao Inverno procede-se à análise referente ao Verão. Na Figura 4.16 apresenta-se a variação de temperaturas interiores e exterior referente à semana de dimensionamento nesta estação.

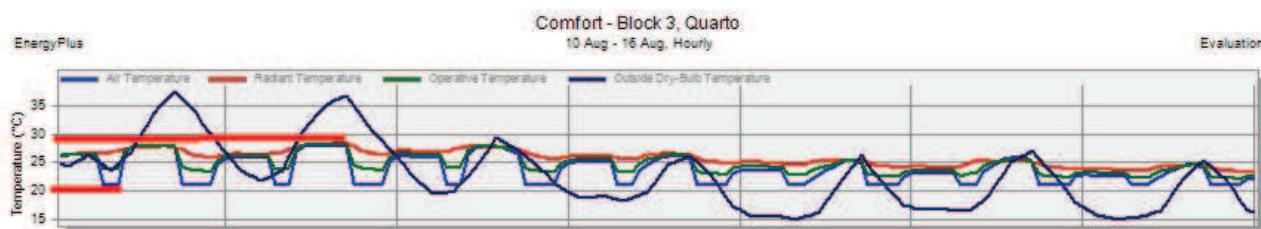


Figura 4.16 - Evolução das temperaturas na semana de dimensionamento Verão - Quarto

Conforme se pode observar pela Figura 4.14, na semana em análise, verifica-se claramente que é no verão que as soluções de melhoria propostas alteram o comportamento térmico do quarto. A temperatura máxima do ar interior registada, baixa dos 32°C para os 28°C (em comparação com os resultados do Capítulo 3.3). Em concordância a temperatura operativa e radiante também sofrem uma diminuição muito significativa.

Deste modo a amplitude térmica neste compartimento é menor, estando agora definida entre os 21°C e os 28°C.

Conforme já referenciado esta melhoria deve-se essencialmente à aplicação de vãos envidraçados de menor condutibilidade térmica e baixa emissividade, em conjunto com a aplicação de cobertura ajardinada.

Concluída a análise do quarto referente à semana de dimensionamento procede-se à da semana típica de Verão. Na Figura 4.17 apresenta-se a variação de temperaturas interiores e exterior referente à semana de típica nesta estação

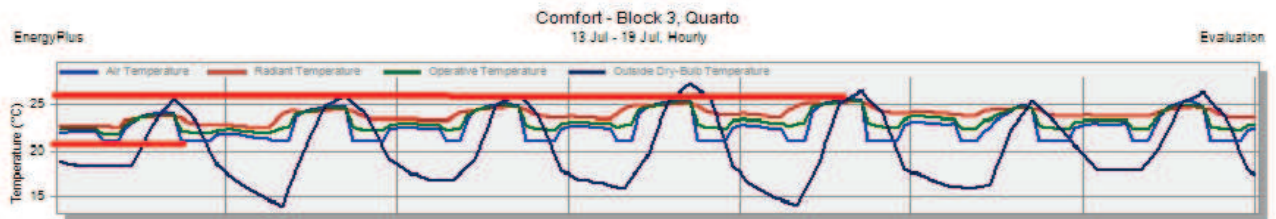


Figura 4.17 - Evolução das temperaturas na semana típica Verão - Quarto

A Figura 4.17 apresenta a evolução das temperaturas na semana típica de Verão. Como se pode observar nesta semana a amplitude de variação das temperaturas interiores é menor do que na semana de dimensionamento, estando compreendida entre os 21°C e os 26°C. Este fenómeno ocorre porque as temperaturas do ar exterior são menores do que as apresentadas na semana de dimensionamento. Como típico desta altura do ano a temperatura radiante e operativa são superiores à temperatura do ar interior.

Analisando o gráfico presente na Figura 4.17, em comparação com a análise efectuada no Capítulo 3.3, verifica-se uma diminuição significativa dos valores das temperaturas interiores do quarto. De acordo com os resultados apresentados a temperatura interior média do quarto, baixa cerca de 3°C, apresentando-se várias vezes do dia nos 21°C e atingido como pico máximo os 25°C.

Existe uma baixa de temperatura ao nível das três temperaturas interiores (do ar, radiante e operativa), constituindo uma melhoria importante no que respeita ao conforto térmico e aos gastos de energia com sistemas de climatização.

Mais uma vez verifica-se a importância das alterações da envolvente exterior, sendo consideradas como melhorias significativas nos espaços em análise.

Analisadas a estação de arrefecimento, a Figura 4.18 apresenta os ganhos energéticos e as necessidades energéticas com sistemas de climatização ao longo do ano deste compartimento.

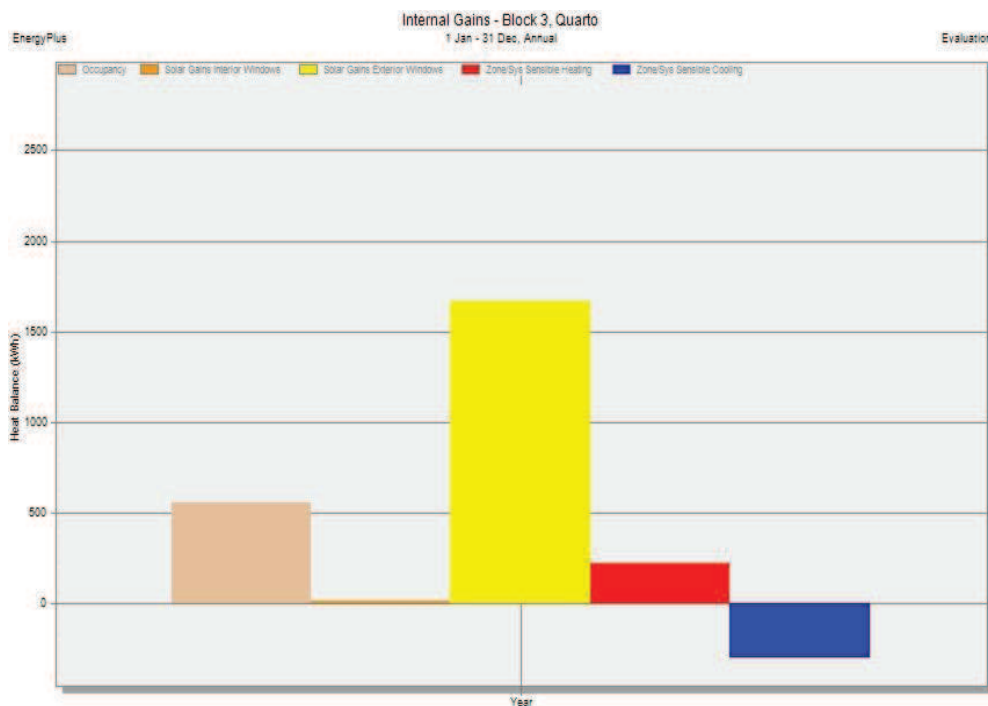


Figura 4.18 - Ganhos internos de energia e necessidades energéticas durante o ano - Quarto

Legenda Figura 4.18:

Castanho - ganhos pela ocupação;

Amarelo - ganhos solares pelos vãos envidraçados;

Vermelho - necessidades de aquecimento;

Azul - necessidades de arrefecimento.

A Figura 4.18 apresenta os ganhos energéticos e necessidades energéticas e de acordo com o referenciado durante a análise da variação das temperaturas interiores. Verifica-se que os maiores ganhos de energia do quarto continuam a ser os ganhos solares pelos vãos envidraçados. Contudo face às alterações da envolvente exterior mencionadas, verifica-se um decréscimo significativo dos ganhos energéticos solares pelos vãos envidraçados, passando de 2800 kWh/ano para 1700 kWh/ano. No que respeita a ganhos energéticos cedidos pela ocupação, estes não sofrem qualquer alteração mantendo-se nos 550 kWh/ano.

A redução dos ganhos solares através dos vãos envidraçados é explicada pela alteração dos vãos envidraçados exteriores, apresentando estes menor condutibilidade térmica e baixa emissividade.

Apresentados os ganhos energéticos interiores é necessário o fornecimento de energia para arrefecer o ambiente interno, em cerca de 350 kWh/ano. Através da Figura 4.18 também se verifica a energia despendida para aquecimento, em cerca de 300 kWh/ano.

Analisadas as temperaturas no quarto nas estações do ano mais críticas pode-se concluir que:

- A aplicação de vãos envidraçados exteriores de baixa condutibilidade térmica e emissividade reduz significativamente os ganhos energéticos do quarto.
- A temperatura radiante e a temperatura operativa baixam em média 2,0°C ao longo do ano.
- A diminuição dos ganhos energéticos irá requer uma maior necessidade de aquecimento no Inverno, aumentando os consumos energéticos com estes equipamentos.
- A alteração do tipo de vidros para os vãos exteriores vai permitir para o quarto um comportamento térmico mais equilibrado.

A Tabela 4.22 apresenta o resumo de necessidades energéticas, ganhos energéticos e perdas de energia para o Quarto.

Divisão: Quarto (21,60 m ²)	Necessidades de energia kWh/ano		Ganhos de energia kWh/ano	Perdas de energia kW
	Inverno	Verão		
Edifício original	150	450	3350	2,5
Edifício sustentável	300	350	2250	2,4

Tabela 4.22- Resumo energético Quarto para as soluções

De referir que as propostas de melhoria para o edifício apresentar uma classe de desempenho sustentável A, introduzem no quarto uma maior necessidade de energia para a estação do inverno. Este incremento, cerca de 50 kWh/ano, aumenta as necessidades de energia anuais no compartimento. No entanto, o incremento que aqui se determina é equilibrado com a diminuição que se regista por exemplo na sala, ver Tabela 4.21.

4.4.3 CASA DE BANHO

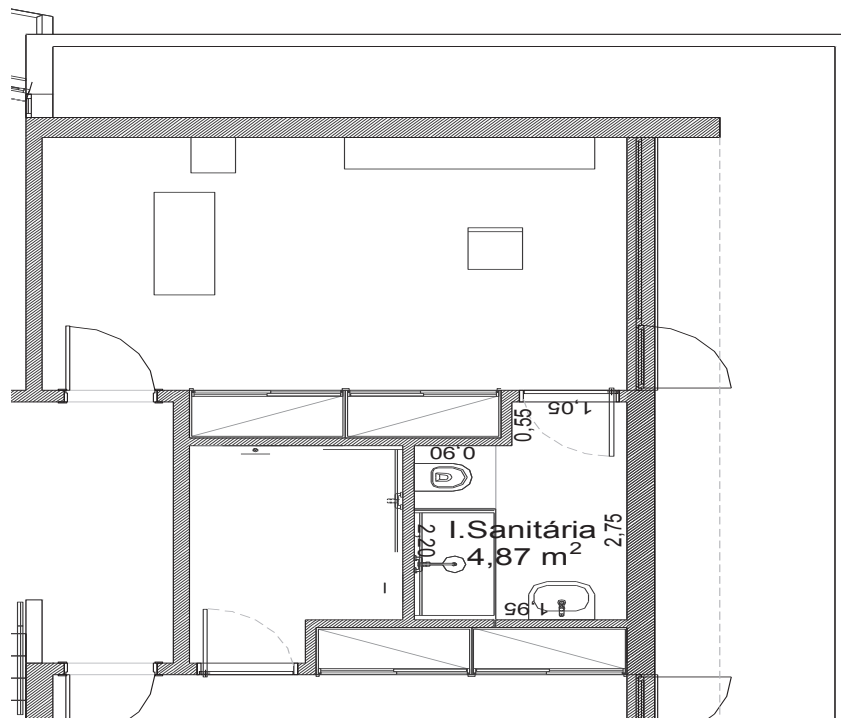


Figura 4.19 - Planta da Casa de Banho

Recorrendo à mesma estratégia efectuada nos outros compartimentos para a análise dinâmica do comportamento térmico, procedeu-se à análise da casa de banho do quarto do piso 1. Na Figura 4.20 são apresentadas as variações de temperaturas interiores e exteriores referentes à semana de dimensionamento no Inverno.

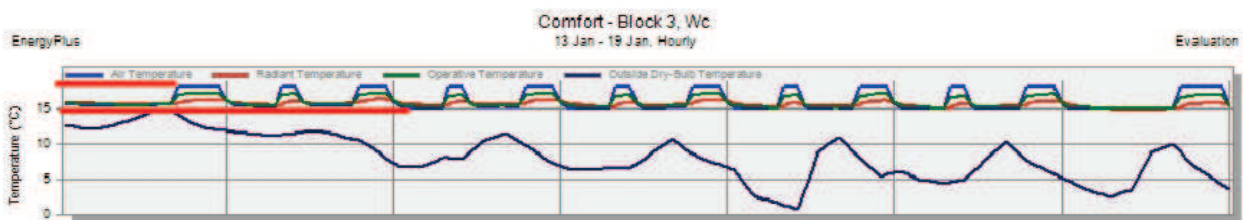


Figura 4.20 - Evolução das temperaturas na semana de dimensionamento no Inverno - WC

Ao contrário do verificado nos outros dois compartimentos, a casa de banho não apresenta no Inverno variações de temperatura com menor amplitude. Deste modo verifica-se o que ocorre o mesmo intervalo de temperaturas, entre os 15°C e os 18°C, verificado na análise efectuada no Capítulo 3.

Na Figura 4.21 é apresentada a evolução das temperaturas para a semana típica de Inverno. Nesta semana, é replicado o comportamento verificado na semana de dimensionamento. Contudo a amplitude de variação das temperaturas interiores é menor, estando compreendida entre os 16°C e os 18°C. Este fenómeno deve-se ao facto desta semana

apresentar temperaturas exteriores mais amenas, o que permite menor trocas de energia entre o interior e o exterior.

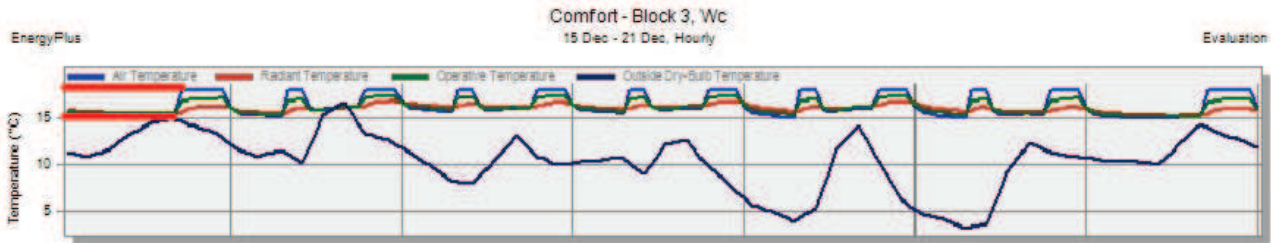


Figura 4.21- Evolução das temperaturas na semana típica no Inverno - WC

De acordo com o que acontece na semana de dimensionamento, a semana típica de Inverno também não apresenta quaisquer alterações nas temperaturas interiores para este compartimento

Analisadas as duas semanas da estação do Inverno, procede-se à análise das perdas de calor pela envolvente exterior, de acordo com o gráfico presente na Figura 4.22.



Figura 4.22 - Perdas de calor pela envolvente exterior - WC

Legenda Figura 4.22:

Gráfico referente às temperaturas: A azul temperatura do ar interior, a vermelho temperatura radiante, a verde temperatura operativa, a azul escuro temperatura exterior.

Gráfico das perdas de energia: Azul claro - vidros, a roxo - paredes, amarelo - pavimento, verde claro - infiltração externa de ar, a verde escuro - ventilação exterior e a vermelho - necessidade energética fornecida pelo sistema de climatização.

Pela análise do gráfico da Figura 4.22, referente à estação de aquecimento, verifica-se que não houve qualquer alteração de perdas de energia quando comparado com a análise efectuada no Capítulo 3.3.

Estes resultados são explicados pela inexistência de vãos envidraçados exteriores e pela reduzida área de cobertura da casa de banho. Deste modo as medidas de melhorias aplicadas ao edifício não surgiram efeitos na divisão em análise.

Na Figura 4.23 apresenta a variação de temperaturas interiores e exteriores na semana de dimensionamento do Verão

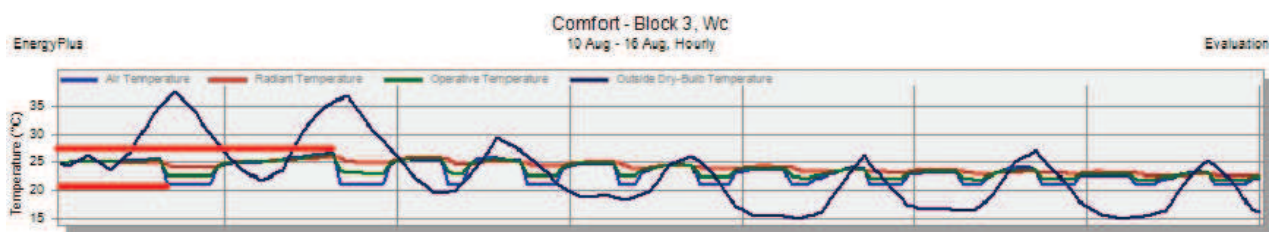


Figura 4.23 - Evolução das temperaturas na semana de dimensionamento Verão - WC

De encontro com o mencionado na análise efectuada na estação de aquecimento, o mesmo ocorre na estação de arrefecimento, não existindo alterações a nível das temperaturas internas, mantendo-se o intervalo de temperaturas entre os 21°C e os 26°C.

Deste modo conclui-se que as alterações de melhoria não causam qualquer efeito no compartimento em análise. Este facto deve-se a esta divisão não apresentar vãos envidraçados exteriores e à sua área de cobertura ser reduzida, o que faz com que a diferença de perdas de energia por esta seja diminuta.

Analisada a semana de dimensionamento do Verão, na Figura 4.24 apresentam-se as variações de temperaturas referentes à semana típica de Verão.

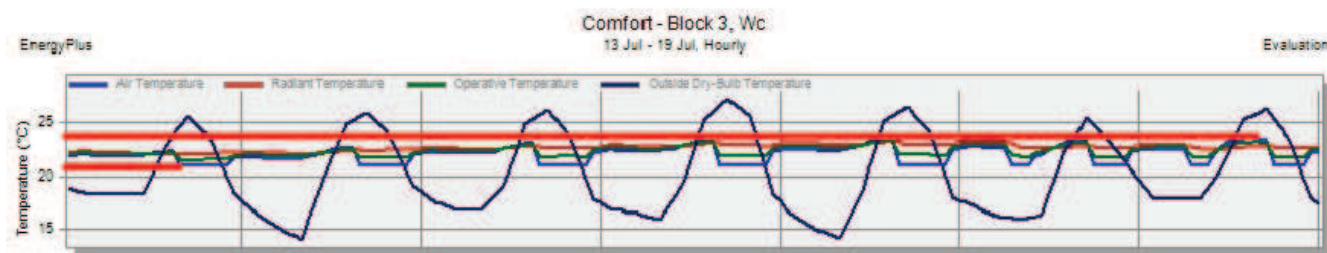


Figura 4.24 - Evolução das temperaturas na semana típica Verão - WC

De acordo com o referenciado para a semana de dimensionamento do Verão, a semana típica em análise na Figura 4.24, não apresenta quaisquer alterações de temperaturas interiores quando comparada com a análise efectuada no Capítulo 3.3.

As razões que explicam este comportamento regem-se pelas explicadas na análise da semana e dimensionamento do Verão.

Concluída a análise para as duas semanas da estação de arrefecimento, é apresentado na Figura 4.25 o gráfico referente aos ganhos internos de energia ao longo do ano.

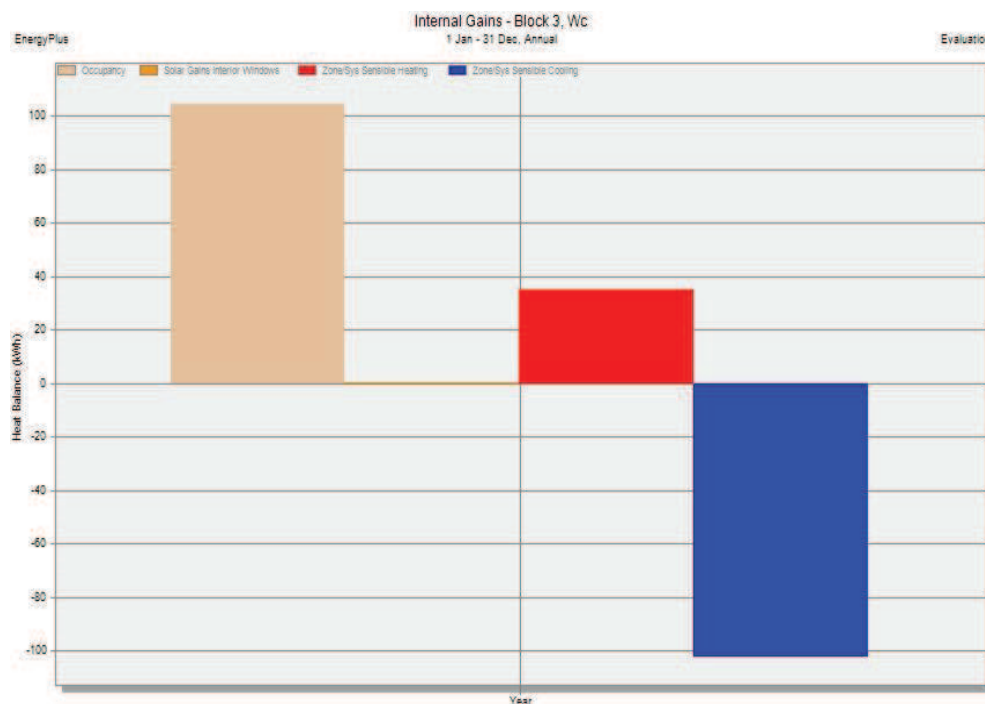


Figura 4.25 - Ganhos internos de energia e necessidades energéticas durante o ano - WC

Legenda Figura 4.25:

Castanho - ganhos pela ocupação;

Amarelo - ganhos solares pelos vãos envidraçados;

Vermelho - necessidades de aquecimento;

Azul - necessidades de arrefecimento.

Na Figura 4.25, verifica-se que não existem alterações a nível de ganhos energéticos interiores durante o ano.

Deste modo verificam-se os mesmos ganhos internos de energia referentes à ocupação mantem-se nos 120 kWh/ano. Deste modo o fornecimento de energia aos sistemas de climatização não se altera sendo de 110 kWh/ano para o sistema de arrefecimento e de 35 kWh/ano para o sistema de aquecimento.

Analisadas as duas estações do ano mais críticas pode-se concluir:

- O comportamento térmico da casa de banho não se altera com a consideração das propostas de melhoria para um edifício de habitação mais sustentável.
- O facto da casa de banho não possuir vãos envidraçados exteriores e a sua área de cobertura ser reduzida, as medidas de melhoria da envolvente exterior não causaram qualquer efeito no conforto térmico deste espaço.

A Tabela 4.23 apresenta o resumo de necessidades energéticas, ganhos energéticos e perdas de energia para a Casa de Banho.

Divisão: Casa de Banho (4,87 m ²)	Necessidades de energia KWh/ano		Ganhos de energia kWh/ano	Perdas de energia kW
	Inverno	Verão		
Edifício original e sustentável	35	110	120	0,23

Tabela 4.23 - Resumo energético Casa de Banho para as duas soluções

4.4.4 DESEMPENHO GLOBAL DO EDIFÍCIO

Concluída a análise aos três compartimentos (sala, quarto e casa de banho), pode-se referir o seguinte:

- Os vãos envidraçados são um dos principais materiais da envolvente exterior responsáveis pelo aumento ou diminuição das temperaturas interiores.
- A alteração do tipo de vidros para os vãos exteriores para vãos de menor condutibilidade térmica e emissividade, melhoram o conforto térmico dos espaços analisados, diminuindo os gastos de energia com os sistemas de climatização.
- Esta alteração apresenta resultados mais positivos no Verão do que no Inverno, pelo facto de reduzir os ganhos energéticos solares.
- A ventilação do espaço interior é responsável por elevadas perdas ou ganhos de energia (Inverno ou Verão) no edifício.
- O quarto e a sala melhoraram muito o seu comportamento térmico após a aplicação dos novos vãos envidraçados e da cobertura ajardinada, conseguindo uma amplitude térmica menor e mais próxima do intervalo de conforto definido (18 aos 21°C).
- Com as medidas de melhoria propostas a estação do ano que mais melhorou foi o Verão, baixando muito os ganhos energéticos e consumos com os sistemas de climatização.

De acordo com a análise dinâmica do comportamento térmico efectuada ao edifício em estudo, apresenta-se na Figura 4.26 os consumos de combustíveis para o sistema de aquecimento e arrefecimento.

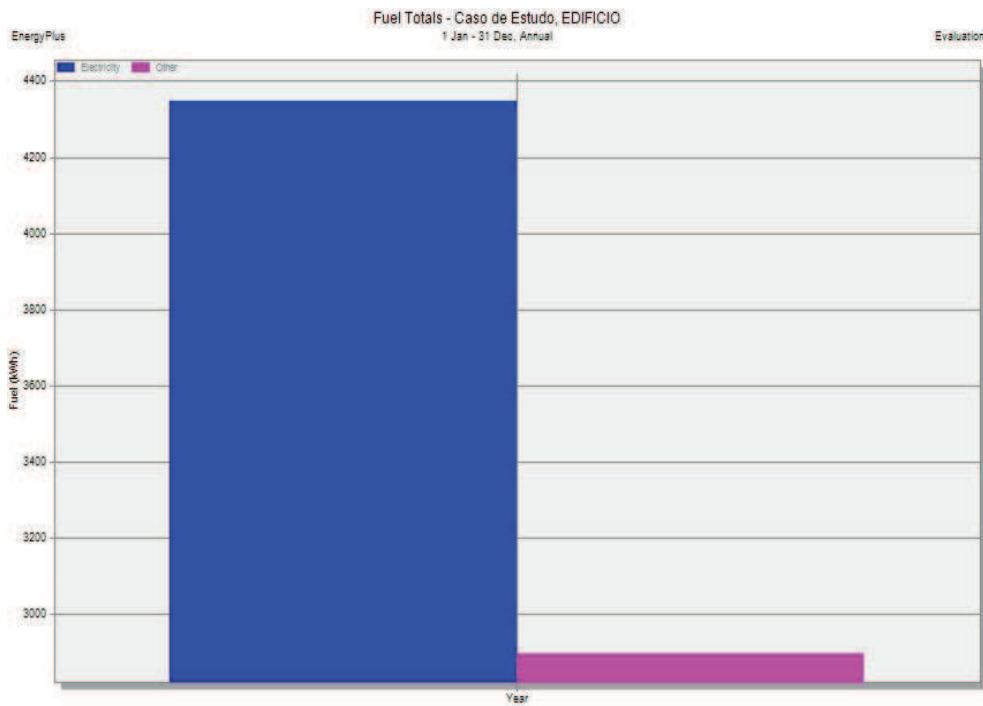


Figura 4.26 - Consumos energéticos do edifício em estudo para sistemas de climatização

Legenda Figura 4.26:

Azul - gastos de electricidade;

Lilás - gastos em biomassa;

Esta Figura 4.26, permite verificar uma enorme diminuição dos gastos de energia com sistemas de climatização. De acordo com o verificado na análise efectuada no Capítulo 3.3, o edifício apresenta um comportamento térmico melhor no Inverno do que no Verão, resultando assim uma enorme discrepância de consumo de energia entre as duas estações do ano analisadas.

Divisão	Necessidades de energia kWh/ano		Custos com a energia (€)	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Sala (90,42 m ²)	600	1600	29,39	222,4
Quarto (21,60 m ²)	300	350	14,69	48,65
Casa de Banho (4,87 m ²)	35	110	1,71	15,29
Edifício (245,25 m ²)	1800	4350	88,16	604,65

Tabela 4.24 - Resumo das necessidades energéticas e custos com a energia (Sala, Quarto, WC e Edifício)

A Tabela 4.24 apresenta o resumo das necessidades energéticas e custos com a energia, para os compartimentos analisados e o edifício de habitação com a classe de desempenho A. Conforme se pode observar, no que diz respeito ao arrefecimento do edifício é agora gasto 4350 kWh/ano em vez de 5450 kWh/ano de electricidade, de modo a manter a temperatura interior no patamar definido como conforto (18 a 21°C). As medidas propostas implicam uma redução do consumo de energia para o arrefecimento da temperatura interior de cerca de 20%

Para o aquecimento do espaço do edifício durante o Inverno, são gastos agora 1800 kWh/ano em vez dos 1950 kWh/ano verificados na análise efectuada no Capítulo 3.3. Portanto as medidas propostas implicam apenas uma redução do consumo de energia para o aquecimento de cerca de 8%. Este resultado era previsível em virtude das medidas propostas a aplicar ao edifício conduzirem a um comportamento térmico do edifício mais equilibrado ao longo do ano.

Do ponto de vista económico:

No Verão são gastos agora 604,65 € em vez dos 757,55 € em electricidade (taxa eléctrica de 0,139 €/kWh), conseguindo-se assim uma poupança na ordem dos 152,90 €/ano.

No Inverno são gastos agora 87,68 € em pellets (o poder calorífico das pellets é 4,9 kWh/Kg, deste modo são necessários 367,35 kg de pellets para gerar 1800 kWh/ano. O valor do Kg de pellets é de 0,24€) em vez dos 157,30 € de gás natural, resultando assim uma poupança de 69,62 €/ano.

Por ano, as alterações propostas permitem uma redução de cerca de 222 €/ano em custos com a energia.

4.5. Conclusões

A avaliação da sustentabilidade do edifício em estudo recorrendo ao SBTool^{PT}-H, permitiu aferir um nível de sustentabilidade da classe de desempenho A.

Deste modo podemos concluir que as alterações de melhoria propostas foram muito importantes, melhorando muito o desempenho sustentável do edifício de habitação.

Do estudo efectuada recorrendo ao SBTool^{PT}-H é possível concluir que:

Em termos Globais:

- O edifício com as propostas de melhoria apresenta um nível de sustentabilidade classe A com um valor ponderado de 0,75.
- No que diz respeito às dimensões aferidas, o edifício obtém classe A na dimensão Ambiental, classe A⁺ na dimensão Social e classe C na dimensão Económica, demonstrando uma clara melhoria ambiental, ver Tabela 4.25.

	Impactes de ciclo de vida por m ² de área útil de pavimento					
	GWP (kgCO ₂)	ODP (kgCFC-11)	AP (kgSO ₂)	POCP (kgC ₂ H ₄)	EP (kgPO ₄)	FFDP (kgPO ₄)
Edifício original	3,63E+00	1,24E-05	9,43E-03	7,32E-04	5,02E-03	2,87E+01
Edifício sustentável	3,38E+00	1,57E-07	6,34E-03	6,53E-04	4,93E-03	2,54E+01

Tabela 4.25 - Impactes do ciclo de vida por m² de área útil de pavimento, para as duas situações

- Conforme o resultado obtido no parâmetro P25, o custo do ciclo de vida do edifício com medidas de melhoria é de 4,62 €/m².ano (consumo energético, água e resíduos), o que corresponde a uma redução muito significativa dos custos de utilização do edifício, para menos de metade.
- Na classificação obtida não foi atingido o nível de desempenho da classe A⁺. Este facto deve-se à tipologia da habitação e da área dos compartimentos constituintes, sendo considerados como de luxo. Esta situação prejudica muito a dimensão Económica tanto a nível de investimento inicial como a nível de custos de utilização. Uma habitação com uma área bruta mais reduzida traria melhores resultados para a dimensão Económica e Ambiental, facilmente se atingiria o nível de classificação máximo, A⁺.

Dimensão Ambiental:

- A dimensão Ambiental está inteiramente ligada à filosofia da concepção do edifício, avaliando o conjunto, nomeadamente os cuidados a ter aquando a construção, nos consumos que possui durante a sua vida útil, tendo em vista a protecção do meio ambiente, a classificação obtida foi de A.
- Para a dimensão Ambiental o edifício apresenta agora elevados níveis de desempenho da sustentabilidade no que respeita às categorias C1 - Alterações climáticas e qualidade do ar exterior, C2 - Uso do solo e Biodiversidade e C3 - Eficiência energética. Com menores desempenhos para as categorias C5 - Água e C4 - Materiais e resíduos sólidos. A categoria C4 é a que apresenta menores resultados de melhoria alcançando uma classe de desempenho sustentável C. Esta situação deve-se em especial à não utilização de materiais com rótulo ecológico, à inexistência de reutilização de materiais provindos de outras obras e à baixa percentagem em peso de materiais reciclados utilizados na construção do edifício.
- Portanto concretizando, com as medidas de melhoria adoptadas o edifício apresenta um incremento no nível de desempenho em todas as categorias desta dimensão.

- A nível dos parâmetros, as medidas de melhoria propostas, causaram resultados positivos nos parâmetros P1, P3, P5, P6, P7, P13, P14, no que respeita à dimensão Ambiental.

Dimensão Social:

- No que respeita à dimensão Social, também houve uma melhoria da sua classificação, apresentando agora um nível de desempenho sustentável de classe A⁺.
- A maior alteração com as medidas de melhoria é efectuada ao nível da categoria C8 - Sensibilização e educação para a sustentabilidade, passando de uma classe de desempenho E para A⁺. Esta situação deve-se em especial à elaboração do manual de utilizador. As outras duas categorias pertencentes a esta dimensão (C6 - Conforto e saúde dos utilizadores e C7- Acessibilidades), mantêm a classificação de A⁺ e A respectivamente.

Dimensão Económica:

- Houve uma melhoria na dimensão económica, apresentando agora um desempenho sustentável de classe C. Esta melhoria deve-se aos efeitos causados pelas medidas de melhorias aplicadas ao edifício com especial efeito no parâmetro P25. Com as medidas de melhoria efectuadas os custos de utilização do edifício baixaram muito, atingindo agora o valor de 4,62 €/m².ano, ao contrário dos 10,31 €/m².ano obtidos para a primeira análise.
- Referente ao parâmetro P24 - custos de investimento inicial, não houve qualquer melhoria, aliás até piorou, uma vez que o custo de investimento inicial aumentou em cerca de 30.000 € com a consideração das medidas de melhoria propostas. Deste modo, este parâmetro mantém a classificação do nível de desempenho em classe E.
- Conforme já referido a diminuição da área bruta de construção seria a única medida de melhoria capaz de aumentar o nível de desempenho sustentável desta dimensão melhorando os dois parâmetros que a contemplam.

Desempenho Térmico

- Conforme a análise dinâmica da térmica efectuada pelo Design Builder, verifica-se uma melhoria no que respeita aos gastos energéticos e económicos, conforme foi descrita aquando a avaliação com o SBT_{ool}^{PT}-H. O edifício em análise de modo a manter a temperatura interior no intervalo de conforto definido, apresenta consumos energéticos na ordem dos 1800 kWh para o Inverno e 4350 kWh para o Verão com os sistemas de climatização. Perfazendo o total de 6150 kW/ano. A solução anterior necessitava de 7400 kW/ano, 1950 kW para o inverno e 5450 kW para o verão.
- Através destes resultados verifica-se uma clara melhoria na estação de arrefecimento face à estação de aquecimento, concluindo-se assim que as medidas de melhoria

propostas causam mais efeito no Verão do que no Inverno, determinando que a temperatura se situe no intervalo de conforto definido dos 18 aos 21°C.

- Do ponto de vista económico, de modo a manter a temperatura interior do edifício no intervalo de conforto definido, apresenta é necessário gastar 87.68 € em pellets, para aquecimento no Inverno, e 604,65 € em electricidade, para arrefecimento no Verão com sistemas de climatização.
- Em suma verifica-se que o edifício apresenta um custo de cerca de 692,33 €/ano em vez dos 914,85 €/ano apresentando uma redução significativa com os sistemas de climatização, permitindo uma poupança de cerca de 200 €/ano.
- O edifício continua a apresentar um melhor comportamento térmico no Inverno do que no Verão. Os gastos no Verão são superiores aos do Inverno cerca de sete vezes. A diferença entre os custos a ter no Inverno e no Verão aumentou, de cerca de cinco, devido ao preço do combustível utilizado no inverno, na solução com melhor desempenho sustentável, ser inferior. Portanto, o preço do kWh de pellets é muito inferior ao preço do kWh do gás natural, causando uma diminuição dos custos com o aquecimento.

5- Conclusões e Perspectivas de futuro

Após a análise efectuada nos Capítulos 3 e 4, procede-se neste Capítulo 5 à discussão de resultados obtidos de modo a verificar a viabilidade das alterações propostas da melhoria da sustentabilidade. Deste modo, na secção 5.1 será efectuada uma análise de custos/benefícios das duas soluções (edifício original, classe de desempenho B e edifício com medidas de melhoria da sustentabilidade, classe de desempenho A).

5.1. Discussão dos resultados

Com a análise efectuada nos Capítulos 3 e 4, verifica-se que a introdução das propostas de melhoria provocou um incremento significativo no nível da sustentabilidade do edifício.

As melhorias são significativas ao nível do ambiente, pois diminuem significativamente a emissão de gases poluentes para a atmosfera, o consumo da matéria-prima, o consumo energético afecto à produção dos materiais, o consumo de água aquando a utilização, valoriza os espaços verdes contribuindo para a diminuição do efeito de ilha de calor e potencializando a fotossíntese.

No aspecto social, dadas as características do edifício e sua localização, a melhoria foi clara ao nível da categoria C8, informação prestada aos utilizadores com a introdução do manual de utilizador. Este manual pretende informar os utilizadores sobre os gastos energéticos, medidas sustentáveis aplicadas no edifício, utilização eficiente de equipamentos, medidas de redução do consumo de água, planos de manutenção, transportes públicos e serviços públicos nas proximidades.

Na vertente económica, e no que respeita aos custos de utilização, a melhoria aferida é surpreendente, uma vez que os gastos com energia, água e tratamento de resíduos baixaram bastante. Tendo em conta os resultados obtidos com o SBTTool^{PT}-H, o edifício com as propostas de melhoria, apresenta gastos muito inferiores durante o seu ciclo de vida, ver Tabela 5.1. Estes gastos podem ser de extrema importância uma vez que o ciclo de vida considerado para o edifício é de 50 anos. Face a esta exposição a poupança pode rondar os 69.773,60 euros ao longo do ciclo de vida do edifício.

Edifício	Custos €/m ² . ano		Custos €/m ² (com introdução da taxa Euribor)	Custos €
	C.E.	C.Águas	Ano	Ao fim de 50 anos
Classe - B	2,82	9,87	10,31	126.426,38
Classe - A	0,93	4,76	4,62	56.652,75

Tabela 5.1 - Resumo dos custos com o edifício com as duas soluções

Na Tabela 5.2 apresenta-se uma análise comparativa das duas situações (edifício original, com classe de desempenho B e edifício com propostas de melhoria, com classe de desempenho A) tendo em conta os resultados obtidos na avaliação da sustentabilidade de acordo com a metodologia SBTool^{PT}-H.

Parâmetro	Edifício classe B		Edifício classe A	
	Classe	Valor normalizado	Classe	Valor normalizado
Parâmetro P1 - Valor agregado das categorias de impacte ambiental de ciclo de vida de área útil de pavimento e por ano	A	0,75	A ⁺	1,07
Parâmetro P2 - Percentagem utilizada do índice de utilização líquido disponível	A ⁺	1,18	A ⁺	1,18
Parâmetro P3 - Índice de impermeabilização	D	0,05	B	0,57
Parâmetro P4 - Percentagem da área de intervenção previamente contaminada ou edificada	D	0,00	D	0,00
Parâmetro P5 - Percentagem de áreas verdes ocupadas por plantas autóctones	E	-0,20	A ⁺	1,06
Parâmetro P6 - Percentagem da área em planta com reflectância igual ou superior a 60%	E	-0,20	A ⁺	1,13
Parâmetro P7 - Consumo de energia primária não renovável na fase de utilização	A	0,95	A ⁺	1,17
Parâmetro P8 - Quantidade de energia que é produzida no edifício através de fontes renováveis	A ⁺	1,20	A ⁺	1,20
Parâmetro P9 - Percentagem em custo de materiais reutilizados	D	0,00	D	0,00
Parâmetro P10 - Percentagem em peso do conteúdo reciclado do edifício	D	0,00	D	0,00
Parâmetro P11 - Percentagem em custo de produtos de base orgânica que são certificados	D	0,00	D	0,00

Edifício original			Edifício com medidas correctivas	
Parâmetro P12 - Percentagem em massa de materiais substitutos do cimento no betão	A ⁺	1,16	A ⁺	1,16
Parâmetro P13 - Potencial das condições do edifício para a promoção da separação de resíduos sólidos	D	0,00	A	1,00
Parâmetro P14 - Volume anual de água consumido per capita no interior do edifício	C	0,17	A ⁺	1,12
Parâmetro P15 - Percentagem de redução do consumo de água potável	D	0,00	D	0,00
Parâmetro P16 - Potencial de Ventilação Natural	A ⁺	1,20	A ⁺	1,20
Parâmetro P17 - Percentagem em peso de materiais de acabamento com baixo conteúdo de COV	A ⁺	1,11	A ⁺	1,11
Parâmetro P18 - Nível de conforto térmico médio anual	-----	-----	-----	-----
Parâmetro P19 - Média do Factor de Luz do Dia Médio	A ⁺	1,20	A ⁺	1,20
Parâmetro P20 - Nível médio de isolamento acústico	A	0,82	A	0,82
Parâmetro P21 - Índice de acessibilidade a transportes	A	0,70	A	0,70
Parâmetro P22 - Índice de acessibilidade a amenidades	A ⁺	1,13	A ⁺	1,13
Parâmetro P23 - Disponibilidade e conteúdo do Manual do Utilizador do Edifício	E	-0,20	A ⁺	1,20
Parâmetro P24 - Valor do custo do investimento inicial por m ² de área útil	E	-0,20	E	-0,20
Parâmetro P25 - Valor actual dos custos de utilização por m ² de área útil	C	0,26	A	0,74

Tabela 5.2 - Análise comparativa dos parâmetros SBTTool^{PT}-H do edifício

Pela análise da Tabela 5.2 conclui-se:

- O parâmetro P1 sofre uma clara melhoria, apresentando um valor normalizado de 1,07 o que lhe atribui uma classe de desempenho sustentável A⁺. Esta melhoria deve-se à

implementação das seguintes alterações: Eliminação do pavimento em deck; substituição dos estores em alumínio por estores em pvc; substituição da manta geotêxtil por geotêxtil da marca TERBOND; substituição das betonilhas T61 e C31 da Amorim, por betonilha de argila expandida; substituição do isolamento térmico roofmate SL-40, por isolamento térmico Greycycle, Key-Boards.

- O parâmetro P3 também apresenta melhorias significativas, atingindo um valor normalizado de 0,57 o que corresponde a uma classe de desempenho sustentável B. Esta melhoria de classificação deve-se à aplicação de uma cobertura ajardinada, à substituição do pavimento em deck por área de espaços verdes e à eliminação do pavimento cerâmico exterior por espaço destinado a plantas autóctones.
- O parâmetro P5 apresenta uma melhoria muito significativa, apresentando um valor normalizado de 1,06 correspondente a uma classe de desempenho da sustentabilidade A⁺. Esta deve-se ao cultivo de plantas autóctones que não estavam contabilizadas em projecto.
- O parâmetro P6 atinge o valor normalizado de 1,13, o que lhe atribui uma classe de desempenho da sustentabilidade de A⁺. Esta melhoria significativa deve-se ao aumento da área de espaços verdes, com a aplicação da cobertura ajardinada, eliminação do pavimento em deck e eliminação do pavimento exterior cerâmico. Também como medida de melhoria para este parâmetro é a alteração da cor dos pavimentos exteriores para uma cor de reflectância superior a 60%, como o caso da cor branca.
- O parâmetro P7 apresenta melhoria na sua classificação. Este parâmetro consegue o valor normalizado de 1,17 correspondente a uma classe de desempenho da sustentabilidade A⁺. Esta é concedida através da aplicação de caldeira a PELLETS, aplicação de painéis fotovoltaicos e pela substituição dos vãos envidraçados por vãos da marca DELEME modelo T70SC.
- O parâmetro P13 consegue um valor normalizado de 1,0 o que corresponde a uma classe de desempenho sustentável A. Esta melhoria deve-se à introdução de contentores de separação das diversas categorias de resíduos (plástico, cartão, metal e orgânico) com volumes superiores a 15 Litros, aplicação de óleo, pilhão. Todos estes contentores devem garantir um mínimo de 18 Litros por habitante.
- O parâmetro P14 apresenta uma melhoria significativa, o valor normalizado deste parâmetro situa-se nos 1,12 o que corresponde a uma classe de desempenho sustentável A⁺. Esta melhoria deve-se à redução do consumo de água potável com a introdução de autoclismos de descarga dupla (4/2 Litros), aplicação de torneiras com arejador, aplicação de chuveiros de baixo fluxo e aplicação de máquinas de lavar loiça e roupa de baixo consumo.
- O parâmetro P23 sofre uma melhoria de extremos, passando de uma classe de desempenho sustentável E para A⁺. Esta melhoria significativa deve-se à elaboração do manual do utilizador.

- O parâmetro P25 é alvo de uma melhoria significativa apresentando um valor normalizado de 0,74 correspondendo a uma classe de desempenho sustentável A. Esta melhoria deve-se pelas melhorias dos parâmetros P14 e P7.

Fundamentadas as melhorias da sustentabilidade, analisa-se de seguida os custos/benefícios. Para proceder a esta análise teve-se em conta os valores apresentados no parâmetro P25, referentes aos custos de utilização e no parâmetro P1, referentes a manutenções. De referir que os orçamentos estão presentes no Anexo B.

A Tabela 5.3 apresenta os dados referentes a cada uma das situações (edifício original, com classe de desempenho B e edifício com propostas de melhoria, com classe de desempenho A) referente aos valores previstos para manutenção, custos de utilização e custos de investimento inicial do ciclo de vida.

		Edifício Classe - B		Edifício Classe - A	
Tipo de gasto		Valor unitário inicial	Valor total do ciclo de vida	Valor unitário	Valor total do ciclo de vida
Manutenção		-----	-----	-----	-----
Pavimento com substituição em cada 20 anos		12.185,80 €	24.371,60 €	12.185,80 €	24.371,60 €
Pintura de paredes exteriores, interiores e pisos a cada 8 anos		3.756,00 €	22.536,00 €	3.756,00 €	22.536,00 €
Substituição de vãos envidraçados a cada 30 anos		6.811,00 €	6.811,00 €	8.757,00 €	8.757,00 €
Consumo do edifício (245,25m²)		-----	-----	-----	-----
Custos de Utilização	Consumo energético	2,82 €/m ² .ano	34.580,30 €	0,93 €/m ² .ano	11.404,10 €
	Consumo de água potável, produção de águas residuais e resíduos sólidos	9,87 €/m ² .ano	121.030,87 €	4,76 €/m ² .ano	58.369,50 €
	Com Taxa Euribor	10,31 €/m ² .ano	126.426,38 €	4,62 €/m ² .ano	56.652,75 €
Total de custo no fim do ciclo de vida (50 anos) com taxa Euribor		-----	180.145,10 €	-----	112.317,60€

Tabela 5.3 - Valores de gastos do ciclo de vida das duas soluções do caso de estudo

Através da análise da Tabela 5.3 é relevante que o edifício com Classe A apresenta custos de ciclo de vida, 1,5 vezes inferiores, aos custos do edifício de Classe B. Portanto no final da vida útil do edifício, com melhorias, obteve-se uma poupança de cerca de 67.827,50 euros.

De realçar que nesta análise ainda não está contemplada os ganhos com a venda de energia eléctrica ao sistema público, referente à produção de electricidade dos painéis fotovoltaicos. De acordo com o estudo dos painéis fotovoltaicos presente no anexo A, a produção anual de energia rege-se nos 3042 kWh/ano. Atendendo que a taxa energética no regime de bonificação é de 0,306 €/kWh nos primeiros 8 anos e de 0,165 €/kWh nos restantes 7 anos. Após os 15 anos de regime bonificado, os valores de venda e de compra são iguais, de acordo com os valores praticados actualmente, o valor a considerar é de 0,139 €/kWh. Os valores apresentados são os indicados no site da EDP.

Através do exposto conclui-se que devido à implementação de painéis fotovoltaicos obtém-se um ganho de 13.074,50 €. No cálculo deste valor foi considerado um período de 20 anos de ciclo de vida dos painéis fotovoltaicos.

De acordo com o parâmetro P24, o investimento inicial do edifício com a Classe B é de 208.801,80€ e o valor do investimento inicial do edifício com a classe A é de 238.087,00€. Face ao exposto existe um incremento no investimento inicial de 29.285,20€.

A Figura 5.1 representa o gráfico da análise económica do ciclo de vida das duas soluções do edifício em estudo (edifício original e edifício com medidas correctivas).

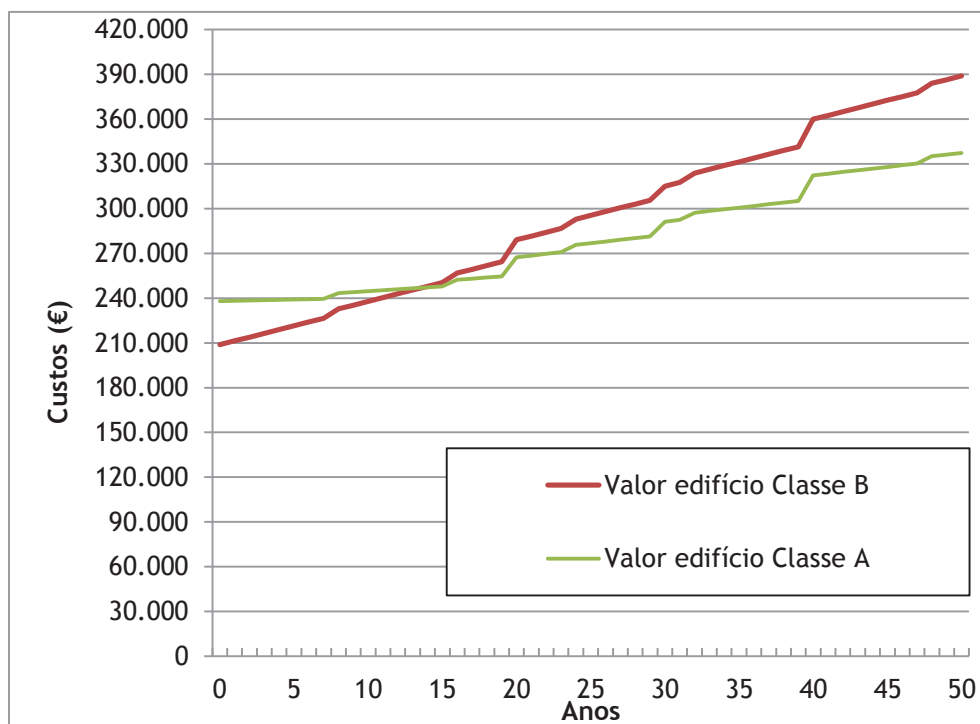


Figura 5.1 - Gráfico evolutivo do custo do ciclo de vida do Edifício Classe B e do Edifício Classe A

Pela análise do gráfico da Figura 5.1, verifica-se que o acréscimo no investimento inicial devido à aplicação das medidas de melhoria da sustentabilidade é liquidado no 13º ano do ciclo de vida do edifício. O crescimento do custo do ciclo de vida dos edifícios não é constante, este facto deve-se ao incremento de custos de manutenção expostos na Tabela 5.3. A linha que define o custo do ciclo de vida do edifício classe A, apresenta nos primeiros vinte anos do ciclo de vida do edifício um crescimento menor. Este facto deve-se à redução do valor de custos de utilização por intermédio da venda da energia eléctrica produzida pelos painéis fotovoltaicos à rede pública.

Também através da análise da Figura 5.1, verifica-se que no final do ciclo de vida o valor do investimento no edifício de classe B rege-se nos 388.946,60 € e o valor do edifício de classe A é de 337.330,08 €, existindo assim uma poupança de 51.616,82 €.

A Tabela 5.4 apresenta a comparação dos resultados obtidos da simulação dinâmica da térmica, referente a gastos energéticos, entre o edifício original e o edifício com medidas de melhoria.

Divisão	Edifício original				Edifício sustentável			
	Necessidades de energia kWh/ano		Custos com a energia (€)		Necessidades de energia kWh/ano		Custos com a energia (€)	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Sala (90,42 m ²)	350	2200	28,23	305,80	600	1600	29,39	222,4
Quarto (21,60 m ²)	150	450	12,10	62,55	300	350	14,69	48,65
Casa de Banho (4,87 m ²)	35	110	2,82	15,29	35	110	1,71	15,29
Edifício (245,25 m ²)	1950	5450	157,30	757,55	1800	4350	88,16	604,65
	7400		914,85		6150		692,81	

Tabela 5.4 - Resumo das necessidades energéticas e custos com a energia para as duas soluções do edifício

A Tabela 5.4 apresenta a comparação dos resultados obtidos da simulação dinâmica da térmica, referente a gastos energéticos, entre o edifício original e o edifício com medidas de melhoria.

Pela análise dinâmica da do comportamento térmico efectuada ao edifício em estudo, recorrendo ao Design Builder, verifica-se uma clara melhoria no que respeita ao comportamento das temperaturas interiores do edifício e uma diminuição dos gastos de energia com os sistemas de climatização de modo a manter o edifício no intervalo de conforto definido.

Através da Tabela 5.4 pode-se concluir:

- As medidas de melhoria da sustentabilidade aplicadas ao edifício nomeadamente, a substituição de vãos envidraçados por vãos da marca DELEME modelo T70SC, aplicação de caldeira a pellets e a cobertura ajardinada, melhoram comportamento térmico no edifício.
- O edifício sustentável apresenta menos 1250 kWh/ano de necessidades energéticas com sistemas de climatização de modo a manter o edifício no intervalo de conforto definido dos 18 aos 21°C.
- O edifício sustentável apresenta menos 222,04 € de custos com a energia fornecida a sistemas de climatização que o edifício original.
- O edifício apresenta 2,5 vezes mais gastos no Verão do que no Inverno.
- De acordo com o verificado na análise da sustentabilidade do edifício recorrendo ao SBTTool^{PT}-H, as medidas de melhoria baixam consideravelmente o custo de utilização do edifício.

A Tabela 5.5 das temperaturas interiores dos compartimentos analisados para as duas soluções, (Edifício original e Edifício sustentável).

Divisão	Edifício original				Edifício sustentável			
	Intervalo de temperaturas semana típica (°C)		Intervalo de temperatura semana de dimensionamento (°C)		Intervalo de temperaturas semana típica (°C)		Intervalo de temperatura semana de dimensionamento (°C)	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Sala (90,42 m ²)	[14;22]	[21;27]	[13;21]	[21;33]	[14;21]	[21;26]	[13;19]	[21;31]
Quarto (21,60 m ²)	[14;18]	[21;27]	[14;18]	[21;32]	[15;18]	[21;26]	[15;18]	[21;28]
Casa de Banho (4,87 m ²)	[15;18]	[21;24]	[15;18]	[21;26]	[15;18]	[21;24]	[15;18]	[21;26]

Tabela 5.5 - Resumo das temperaturas interiores dos compartimentos das duas soluções do edifício

Pela análise à Tabela 5.5 conclui-se:

- As medidas de melhoria baixam a temperatura interior máxima em 1°C.
- As alterações de temperatura interior ocorrem com maior amplitude no Verão, deste modo verifica-se que as medidas de melhoria causam maior efeito nesta época do ano.

- A casa de banho não apresenta variações da amplitude da temperatura entre o edifício original e o edifício sustentável, por esta não possuir vãos envidraçados e devido á sua reduzida área.
- Verifica-se uma maior redução na temperatura interior no Verão no quarto do que na sala, esta situação deve-se à sala apresentar uma maior área interior e uma maior área de vãos envidraçados.

5.2. Conclusões

Decorrente da investigação desenvolvida várias conclusões foram determinadas, estas dizem essencialmente respeito:

À Análise da sustentabilidade:

- Uma visão mais cuidada da sustentabilidade dos edifícios de habitação apresenta valores menos prejudiciais para o ambiente, muito significativos, conforme a análise efectuada no Capítulo 4.
- Um edifício direccionado para a vertente sustentável carece de menos extracção de matéria-prima e produz significativamente menos gases poluentes para o meio ambiente.
- A sustentabilidade de um edifício começa na escolha do local de construção, tendo em vista o meio ambiente, a sua localização no que se refere a acessibilidades, serviços públicos e amenidades nas proximidades, projectos das diversas especialidades, até á escolha dos electrodomésticos e outros equipamentos que o constituem.
- O consumo de água e energia são substancialmente menores num edifício sustentável.
- A classificação da sustentabilidade de um edifício é uma visão futurista, na qual demonstra que pequenos cuidados e opções podem ser cruciais nos aspectos ambientais, sociais e económicos.
- São claras as melhorias a nível das três dimensões entre um edifício classificado de classe B e classe A

À Análise económica:

- Os gastos de utilização de um edifício classe de desempenho sustentável A, são muito inferiores aos gastos de utilização de um edifício classe de desempenho sustentável B.
- Um edifício com uma classificação de um grau superior na escala de classificação da sustentabilidade segundo o SBTool^{PT}-H, apresenta valores de utilização muito menores no seu ciclo de vida, como o apresentado no caso de estudo rondando os 69.773,60 €.
- Os gastos acrescidos de investimento inicial de modo a tornar o edifício mais sustentável, são rapidamente absorvidos pela diferença de valores do custo de utilização entre um edifício mais sustentável e um edifício menos sustentável.
- Um investimento na sustentabilidade é uma mais-valia para o ambiente, para a sociedade e para a economia, que rapidamente é anulado.

- A utilização de sistemas de climatização que usam fontes de energia renováveis, apresentam custos de utilização cerca de duas vezes menores.
- A aplicação de painéis fotovoltaicos apresenta resultados económicos e ambientais positivos.

À Análise do conforto Térmico:

- Algumas das medidas de sustentabilidade aplicadas melhoram o comportamento térmico do edifício.
- Um edifício sustentável de classe de desempenho sustentável A apresenta um comportamento térmico muito melhor que um edifício de classe de desempenho sustentável B, reflectindo-se também nos gastos energéticos de modo a manter o edifício no intervalo de conforto.
- Um edifício de classe de desempenho A apresenta temperaturas interiores no Verão na ordem de 2°C, inferiores a um edifício de classe de desempenho sustentável B.
- A área dos vãos envidraçados influencia o comportamento térmico do edifício, sendo por estes que o edifício apresenta mais ganhos e perdas de energia.
- As principais perdas de energia no edifício são concedidas pelos vãos envidraçados e pela renovação de ar, sendo estes os principais pontos a tratar.

Deste modo pode-se concluir que a sustentabilidade de um edifício não passa só pela preservação do meio ambiente, mas também pela valorização dos aspectos sociais e económicos. A sustentabilidade de um edifício não depende só de uma das vertentes mas sim da sintonia entre as três vertentes da sustentabilidade, a social, a ambiental e a económica.

Pela análise efectuada pode-se referir sobre a metodologia Metodologia SBTool^{PT}-H que:

- No que respeita à ferramenta de avaliação da sustentabilidade SBTool^{PT}-H, é uma clara ajuda à elaboração de projectos habitacionais mais sustentáveis. A abordagem dos vinte e cinco parâmetros abrange os pontos chave da sustentabilidade.
- Através da análise da sustentabilidade efectuada ao edifício, verifica-se que a metodologia SBTool^{PT}-H aborda todos os pontos-chave das três dimensões Ambiental, Social e Económica.
- A metodologia SBTool^{PT}-H permite verificar melhorias no aspecto ambiental, social e económico, prevendo-se durante a fase de projecto alterações ao edifício essenciais para o alcance da sustentabilidade.
- Esta metodologia também aborda o conforto térmico, dando especial atenção às necessidades energéticas do edifício e aos gastos monetários com energia de modo a manter o edifício no intervalo de conforto.
- Deste modo os resultados aferidos pelo SBTool^{PT}-H estão de acordo com a análise dinâmica do comportamento térmico efectuada pelo Design Builder, demonstrando ambas que um edifício de classe desempenho sustentável A, apresenta menores gastos

com a energia e um comportamento térmico melhor que um edifício de classe de desempenho sustentável B.

- No ponto de vista dos intervalos de classificação da sustentabilidade, estes deviam ser menores existindo uma escala de classificação de classe mais alargada. Esta afirmação justifica-se pelo facto de dois edifícios poderem ser igualmente classificados com classe A, no entanto apresentarem valores ambientais, sociais e económicos com alguma discrepância. Este ponto pode levar a que os construtores abdicuem de algumas medidas correctivas da sustentabilidade mantendo a classificação do edifício no nível de excelência, como por exemplo a aplicação de painéis fotovoltaicos, caldeiras de biomassa etc.
- A ferramenta de avaliação da sustentabilidade SBTool^{PT}-H apenas dá ênfase aos gastos de energia e água contemplados no espaço útil. Esta vertente deveria ser mais pormenorizada alargando a sua escala à envolvente do edifício, pois numa vivenda existem gastos relacionados com o exterior, no que respeita a rega e produção de águas residuais.
- Na dimensão económica a igual importância atribuída ao parâmetro P25 e P24, é um aspecto negativo uma vez que se está a igualar o investimento inicial aos custos de utilização do edifício. Deste modo o mesmo edifício situado em Lisboa ou numa aldeia no interior do edifício pode apresentar uma classe de desempenho sustentável diferente. Esta afirmação deve-se ao custo de construção e do terreno entre as duas localidades.
- A metodologia utilizada na avaliação da sustentabilidade do edifício de habitação, SBTool^{PT}-H, é uma ferramenta de fácil utilização e clarifica quais os pontos de melhoria se deve prestar especial atenção de modo a tornar o edifício sustentável e amigo do ambiente.

Através do exposto verifica-se a importância de uma visão sustentável no mundo da construção habitacional. Neste ponto de vista tanto o ambiente, a sociedade e a economia tem contribuições importantes. Se na vertente ambiental o mundo fica a ganhar com a diminuição da poluição e o respeito pela flora local, a concretização de uma política de proximidade e utilização de meios e serviços comuns é muito importante para a componente social. Por fim a componente económica, trata-se da componente que merece mais atenção por parte do consumidor é claramente uma das que mais beneficia mostrando que num mundo sustentável os gastos são muito inferiores.

Com o referido neste ponto conclui-se que a sustentabilidade deve ser exigida pela humanidade de modo a preservar o nosso mundo.

Realça-se a necessidade de se estudarem mais casos de estudos, pois o edifício estudado poderá não ser representativo da realidade Portuguesa.

5.3. Perspectivas de desenvolvimento futuro

A análise da sustentabilidade é considerada como o caminho do futuro. Até ao momento a sustentabilidade tem estado um pouco encoberta na área da construção, no que respeita a Portugal. É de fácil análise e de averiguação que as obras em Portugal apresentam grandes impactes ambientais, que muitas vezes não são apreciados no tempo exacto de intervenção. No que respeita à vertente económica, as obras apresentam elevados desvios orçamentais, não sendo referenciado durante o projecto a temática da sustentabilidade.

Este factor deve-se nos últimos anos os Portugueses terem vivido um pouco acima das suas posses recorrendo ao empréstimo. Com a actual crise europeia o termo sustentabilidade tem vindo a vingar, sendo abordado na política, no orçamento do estado e na construção.

Desta forma a mentalidade humana tem de se consciencializar que o mundo é a nossa casa e que tem reservas naturais esgotáveis. Com esta mentalidade recalcada é hora de lutar e tomar o rumo da sustentabilidade, desde as grandes obras, à simples construção de uma habitação unifamiliar.

Através do caso de estudo do presente trabalho de projecto, realça-se que muitas vezes um investimento inicial um pouco superior na ordem dos 13% é facilmente anulado quando se torna o edifício mais sustentável. Através do aumento da sustentabilidade habitacional consegue-se reduzir o consumo energético, o consumo da água e a emissão de resíduos. Deste ponto de vista as reduções referenciadas são de extrema importância quer para o meio ambiente, quer para a faceta que o mercado referencia como prioritária, a económica.

Na análise do caso de estudo apresentado verifica-se uma poupança anual na ordem dos 1395,47 €/ano entre o edifício sustentável com classe A de sustentabilidade e o edifício sem medidas de melhoria da sustentabilidade com classe B de sustentabilidade.

É de extrema importância que esta revolução se dê rapidamente face às alterações ambientais que se tem vindo a registar, à subida de preço de matéria-prima e à actual conjuntura económica e social.

No que respeita à temática do conforto térmico versus sustentabilidade, as duas vertentes interligam-se contemplando-se. Na vertente da térmica o grande passo foi dado em 2006, com a publicação em Diário da República de regulamentação que obriga as novas construções e as alterações efectuadas em edifícios existentes, a cumprirem os requisitos mínimos de conforto térmico. Com a publicação desta legislação, a obrigatoriedade da emissão de certificado energético, trouxe um cuidado acrescido na construção de edifícios onde se procura evitar as perdas de energia. Com o exposto, consegue-se um melhor nível de conforto térmico evitando ao mesmo tempo maiores gastos para o atingir. Outro ponto importante a salientar nesta legislação é o consumo energético para o aquecimento das águas quentes sanitárias, atendendo ao elevado gasto de energia para a produção de águas quentes sanitárias, a legislação obrigou a introdução de painéis solares de modo a minimizar os gastos e aproveitar uma fonte de energia inesgotável.

Deste modo verifica-se que a legislação publicada em 2006, apesar do seu principal objectivo ser o conforto térmico com menor custos, tem a sua vertente da sustentabilidade no que respeita à dimensão Ambiental e Económica. Estando Portugal a preparar nova legislação sobre o conforto térmico dos edifícios e ao mesmo tempo a incorporar o conceito de sustentabilidade, deveria ser publicada uma única legislação que contempla-se o conforto térmico dentro da sustentabilidade, uma vez que este é parte da análise de sustentabilidade habitacional conforme o verificado na utilização do SBTool^{PT}-H. Desta forma procedia-se à eliminação do certificado energético do edifício em vigor e tornando-se obrigatório o certificado de sustentabilidade.

Este conceito é fundamentado pela análise feita ao edifício de habitação presente neste trabalho de projecto. Durante a avaliação da sustentabilidade efectuada foram analisados diversos parâmetros dentro os quais está presente a análise do conforto térmico do edifício. Deste modo era simplificado o processo de certificação dando origem a único certificado de sustentabilidade, obrigando os projectistas, os construtores e o mercado da construção a olhar para a vertente da sustentabilidade habitacional como uma só e não como mais uma exigência. Com esta implementação de medidas de melhoria consegue-se dar ênfase não só à importância do conforto térmico mas também à importância das três dimensões Ambiental, Social e Económica, protegendo-se o ambiente, alcançando uma melhor relação social e económica.

Este é um objectivo que Portugal deve ter como vista de perspectivas de desenvolvimento futuro.

“NÃO BASTA SER CONSIENTE, TÊM QUE SE SER SUSTENTAVEL”

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (Agenda 21, 1999) On sustainable construction - CIB Report Publication 237. CIB, Rotterdam, 1999.
- (ANSI 140, 2001) Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
- (ANSI 140, 2004) Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
- (Baio Dias, 2011) Normalização de Métodos da Avaliação da Sustentabilidade na Construção, Centro tecnológico da cerâmica e do vidro, Coimbra. 2011
- (BRAHME *et al.*, 2009) Using existing whole building energy tools for designing net-zero energy buildings - Challenges and workarounds. Eleventh International. 2009
- (BREEAM MANUAL, 2011) Building Research Establishment Environmental Assessment Method, Technical manual SD 5073 - 2.0.2011; Disponível no site do Breeam em: http://www.breeam.org/filelibrary/Technical%20Manuals/SD5073_BREEAM_2011_New_Construction_Technical_Guide_ISSUE_2_0.pdf%20 (consultado em Setembro de 2012)
- (Cartas, 2011) Simulação dinâmica de um edifício de escritórios com os programas EnergyPlus e Trace 700, Dissertação de mestrado - Engenharia Mecânica; Maio de 2011. Instituto Superior Técnico
- (CASBEE, 2010) Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency - CASBEE for New Construction - Technical Manual. Japan, 2010. Disponível no site do CASBEE em: http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/download/CASBEE-NC_2010manual.pdf (consultado em Setembro de 2012)
- (CEEQUAL, 2012) The Civil Engineering Environmental Quality Assessment and Award Scheme - Scheme Manual for Projects Version 3.1, 2012. Disponível em: http://www.eauc.org.uk/ceequal_the_civil_engineering_environmental_qua (consultado em Setembro de 2012)
- (CIB & UNEP-IETC, 2002) Agenda 21 for sustainable construction in developing countries. CSIR building and construction Technology, Pretoria
- (Coelho, 2010) Assessment of the life cycle environmental performance of buildings: a case study, Dissertation submitted to achieve the degree of Master of Science in Civil Engineering in the expertise of Structural Mechanics; Agosto de 2010. Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade de Coimbra
- (COM264, 2001) A Sustainable Europe for a better world. A European Union Strategy for Sustainable Development. Communication from the commission Brussels. 2001
- (Design Builder) Software de simulação dinâmica da térmica, disponível em <http://www.designbuilder.co.uk/> (consultado em Outubro de 2012)
- (DesignBuilder, 2012) DesignBuilder V2.9.0.002, Manual do software disponível em: http://www.designbuildersoftware.com/docs/designbuilder/DesignBuilder_CFD_DraftManual.pdf (consultado Setembro em 2012)
- (DGNB, 2012) German Sustainable Building Council, coordenado pelo IBU-Institut Bauen Umwelt-Alemanha (DGNB) - Manual, Excellence defined Sustainable building with a Systems approach, Disponível em: <http://www.gbce.es/archivos/ckfinderfiles/Personal%20de%20GBCe/folleto%20completo.pdf> (consultado em Setembro de 2012)
- (DR 23, 1995) Decreto-Regulamentar N° 23 de 23 de Agosto de 1995 - Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, disponível em <http://dre.pt/pdf1sdip/1995/08/194b00/52845319.PDF> (consultado em Outubro de 2012)
- (EN15251, 2007) Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics, ON Österreichisches Normungsinstitut Austrian Standards Institute Heinestraße 38, 1020 Wien
- (Gervásio *et al.*, 2010) Apontamentos para as aulas de Sustentabilidade da Construção. 2010
- (Gervásio, 2010) Sustainable Design and integral life-cycle analyses of bridges, Tese de Doutoramento - Engenharia Civil. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. 2010
- (ISO_14000, 2004) Environmental management systems - Requirements with guidance for use. 2004

- (ISO_14001, 2004) Environmental labels and declarations - Type I environmental labelling - Principles and procedures. 2004
- (ISO_14001, 2004) Environmental Management Systems - Specification with Guidance for use. International Organisation of Standardisation, Geneva, Switzerland. 2004
- (LEED, 2009) Leadership in Energy & Environmental Design - LEED for New Construction and Major Renovations v.3. U.S. GREEN BUILDING COUNCIL, USA, 2009, Manual do software, Disponível em: <http://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=5546> (consultado em Setembro de 2012)
- (LiderA, 2012) Sistema de avaliação da sustentabilidade, www.lidera.info (consultado em Setembro de 2012)
- (Lopes, 2010) Reabilitação sustentável de edifícios de habitação - Dissertação de Mestrado - Engenharia Civil. 2010. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa
- (Lucas, 2011) CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL - SISTEMA DE AVALIAÇÃO E CERTIFICAÇÃO - Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa - 2011.
- (Mateus, 2004) Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção - Dissertação de Mestrado - Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho. 2004
- (Mateus, 2009) Avaliação da sustentabilidade da construção, Propostas para o desenvolvimento de edifícios mais sustentáveis - Tese de Doutoramento - Engenharia Civil. Escola de Engenharia, Universidade do Minho. 2009
- (Mateus, Bragança, 2006) Tecnologias Construtivas para a Sustentabilidade da Construção. Edições Ecopy, Porto. 2006.
- [Meadows *et al*, 1972] Meadows, D.H, Meadows, D.I, Randers, J., and Behrens III, W. 1972. The Limits to Growth. A report to the Club of Rome
- (MEISEL, 2010) LEED Material A Resource Guide to Green Building. Princeton Architectural, New York, EUA, 2010.
- (OGNI, 2012) Austrian Green Building Council (OGNI) - Das DGNB System Aufbau - Anwendung - Kriterien. Manual do Software - Disponível em: <http://www.ogni.at/de/zertifizierung/> (consultado em Setembro de 2012)
- (Pinheiro, 2006) Ambiente e construção sustentável, Instituto do Ambiente Amadora, 2006 - Instituto do Ambiente
- (RCCTE, 1990) Decreto-Lei 40/90 - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, disponível em <http://www.oasrn.org/upload/apoio/legislacao/pdf/termico4090.pdf> (consultado em Outubro de 2012)
- (RCCTE, 2006) Decreto-Lei 80/2006 - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, disponível em <http://dre.pt/pdf1s/2006/04/067A00/24682513.pdf> (consultado em Outubro de 2012)
- (REGEU, 1951) Decreto-lei 38382 de 7 de Agosto de 1951 - Regulamento Geral das Edificações Urbanas
- (RSECE, 2006) Decreto-Lei 79/2006 - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios, disponível em <http://www.dre.pt/pdf1s/2006/04/067A00/24162468.pdf> (consultado em Outubro de 2012)
- (Sage, 1998) Risk Management for Sustainable Development. IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, vol. 5, pp. 4815 - 4819. Nova York, 1998.
- (SBTool^{PT}-H, 2009) Guia de Avaliação SBTool^{PT}-H, V2009/2. IISBE Portugal, 2009
- (Silva, 2007) Metodologias de avaliação de desempenho ambiental de edifícios: Estado actual e discussão metodológica. São Paulo, 2007 - Habitação mais sustentável. Disponível em: http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/pdf/D5_metodologias_de_avaliacao.pdf (consultado em Setembro de 2012)
- (Software EnergyPlus) U.S. Department of Energy, download do software disponível em: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/> (consultado em Setembro de 2012)
- (Tavares, 2006) Metodologias de Análise do Ciclo de Vida Energético de Edificações Residenciais Brasileiras. Pós-graduação na Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.
- (TRNSYS, 2012) Transient System Simulation Tool V2.0, Apresentação do programa disponível em: www.trnsys.com
- (U.S.G.B.C, 2012) U.S. GREEN BUILDING COUNCIL. United States, 2012. Disponível em: <http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=222> (consultado em Setembro de 2012)
- (UN, 2009) United Nations: Department of Economic and Social Affairs, World Population Prospects: The 2008 Revision, Highlights. New York, 2009.

(Vovelle, 1985) História Universal, Europa Séculos XVI-XVIII, nº 6, Publicações Alfa, S.A.R.L., Lisboa. 1985.

(VTT, 2012 a) Technical Research Centre of Finland, disponível em: http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/environ/ympuok_e.html (consultado em Setembro de 2012)

(VTT, 2012 b) Technical Research Centre of Finland, disponível em: <http://www.vtt.fi/index.jsp> (consultado em Setembro de 2012)

Wikipedia: http://www.ogni.at/files/downloads/roadmap_oggni_2009.pdf (consultado a em Setembro de 2012)

(world commission, 1987) World Commission on Environment and Development (WCED), Our Common Future (New York: Oxford University Press, 1987)

ANEXOS

