

OPERACIONALIZAÇÃO DE PRINCÍPIOS DE SUSTENTABILIDADE NAS PRÁTICAS DE PROJECTO

ANA LARA COSTA TEIXEIRA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor Hipólito José Campos de Sousa

JULHO DE 2010

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2009/2010

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2009/2010 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2010.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

À minha Mãe

Não tenhamos pressa, mas não percamos tempo.

José Saramago

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram para a realização deste trabalho e que me motivaram no decorrer do mesmo.

Ao Professor Doutor Hipólito José Campos de Sousa, pela orientação, disponibilidade, simpatia e ajuda prestada na escolha da metodologia a seguir, bem como a confiança que demonstrou no meu trabalho.

À minha família agradeço todo o incentivo e apoio.

Por fim, agradeço aos meus amigos, Tiago Duarte, Tiago Coimbra, Hélder Martins, Nuno Antunes, Inês Madureira, Augusto Faria, Pedro Ferreira e Miguel Pires pelas opiniões, companheirismo e boa disposição nas noites de trabalho.

RESUMO

Há cerca de 30 anos atrás, para a sociedade em geral, o Ambiente representava uma fonte de recursos que importava assegurar. No entanto, a multiplicação de problemas ambientais, contribuiu para a consciência da necessidade de um desenvolvimento sustentável, também aplicado à construção. Com efeito os fortes impactes provocados pela construção, designadamente nos aspectos económico e social, mas sobretudo no ambiental obrigam a que se passe rapidamente da retórica à concretização. Apesar de estarem em voga as questões ligadas às energias renováveis, reutilização da água, eficiência energética, uso de materiais ecologicamente certificados, entre outras, é necessário que comecem a evidenciar-se as vantagens reais.

Neste trabalho para além do enquadramento do tema da sustentabilidade na construção, numa perspectiva nacional e internacional, analisam-se sistemas de avaliação da sustentabilidade de edifícios mais conhecidos, fazendo-se uma comparação entre os mesmos.

Em termos de concretização fez-se uma análise de um caso de estudo, procurando analisar um projecto na perspectiva da sustentabilidade das soluções, embora a profundidade tenha estado limitada devido ao pouco tempo disponível para análise.

A conclusão desta tese é que actualmente é essencial o desenvolvimento de programas que avaliem de forma quantitativa a sustentabilidade na construção, segundo as suas vertentes. A partir dessa quantificação é necessária uma análise comparativa com outras soluções, clarificando assim as técnicas desenvolvidas para obtenção do equilíbrio económico e ambiental que a Construção Sustentável procura e conferindo uma maior aplicabilidade aos sistemas de avaliação da sustentabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Edifícios, Sustentabilidade, Construção Sustentável, Avaliação da Sustentabilidade, Comparabilidade, Indicadores da Sustentabilidade.

ABSTRACT

Over the last thirty years, the Environment was considered a source of resources that was important to maintain. However, several events, such as environmental problems related to construction works and their effects, contributed to society's awareness of these issues. Consequently, the concept of Sustainable Development emerges with the main goal of proving that the daily needs can be ensure by means of special techniques and sustainable construction methods that minimize environmental impact.

In terms of an environmental approach, the strong economic and social impact due to the construction sector requires the need of a more developed line of thought concerning sustainability. In this context, the ability to understand the key aspects of sustainability is essential to support the assessment, planning and development of the Built Environment. Issues related to renewable energies, implementation of innovative systems of water reuse, energy efficiency, use of environmentally certified materials and policies to promote sustainability are vehemently discussed. However, one needs measurable evidences of the real advantages these solutions can introduce.

Therefore, this work provides information about policies on the theme of sustainability in construction and their latest developments nationally and internationally speaking. To assess possible environmental impacts, few methodologies of evaluating buildings' sustainability were analysed, as well as some comparative studies were conducted between them.

In order to get a better idea of the importance of comparing and realising analysis regarding sustainability in construction, a case study was introduced in this thesis. One performed a critical analysis of the implemented systems in the building aiming for a better and more sustainable performance. Unfortunately, the study of the project was not adequately detailed due to the delay in receiving some of its parts.

Finally, the conclusion of this thesis is that it is essential to develop programs that can quantitatively assess sustainability in construction, according to its various components. This quantification shall enable comparative analyses with other solutions, clarifying the techniques developed to obtain an economic and environmental balance in sustainable construction and giving greater applicability to the methods applied in sustainability's evaluation.

KEYWORDS: Buildings, Sustainability, Sustainable Construction, Sustainability Assessment, Comparability, Sustainability Indicators.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO GERAL	1
1.2. OBJECTIVOS.....	2
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	3
2. SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO	5
2.1. CONCEITO DO '0'	5
2.2. ENERGIA E EDIFÍCIOS	6
2.2.1. CONSUMO DE ENERGIA	6
2.2.2. EFICIÊNCIA DE ENERGÉTICA	7
2.2.3. EDIFÍCIOS PRODUTORES DE ENERGIA E EDIFICAR PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	11
2.3. CONSUMO DA ÁGUA	14
2.4. CONSUMO DE MATERIAIS	15
2.5. RESÍDUOS	16
2.6. PROBLEMAS AMBIENTAIS	18
2.6.1. EUTROFIZAÇÃO	18
2.6.1.1. Fenomenologia.....	18
2.6.1.2. Causas e Efeitos da Eutrofização	19
2.6.2. ACIDIFICAÇÃO.....	20
2.6.3. POLUIÇÃO DO AR.....	21
2.6.4. AQUECIMENTO GLOBAL.....	22
3. AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO	25
3.1. GENERALIDADES	25
3.2. TIPOS DE INICIATIVAS QUE FOMENTAM A SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO	27

3.2.1. INICIATIVAS GLOBAIS	27
3.2.2. LEGISLAÇÃO EUROPEIA	29
3.2.3. NORMALIZAÇÃO EUROPEIA/INTERNACIONAL	30
3.2.4. INICIATIVAS NACIONAIS.....	32
3.3. FERRAMENTAS E SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DE EDIFÍCIOS	33
3.3.1. SISTEMA LIDERA.....	33
3.3.2. SISTEMA LEED	36
3.3.3. SISTEMA BREEAM.....	40
3.3.4. SISTEMA HQE	43
3.4. REGULAMENTAÇÃO	48
3.4.1. NORMA ISO 26000.....	48
3.4.2. NORMA EN 14040:2008.....	50
3.4.3. NORMA ISO 14041:1998 (E)	53
3.4.4. NORMA ISO 14043:2000 (E)	53
3.4.5. NORMA CEN/TC 350/WG1 N 033.....	54
4. COMPARABILIDADE E ABORDAGEM SUSTENTÁVEL ÀS FASES DO CICLO DE VIDA DAS CONSTRUÇÕES	57
4.1. COMPARABILIDADE DOS DIVERSOS MÉTODOS.....	57
4.2. ABORDAGEM SUSTENTÁVEL ÀS FASES DO CICLO DE VIDA DAS CONSTRUÇÕES.....	60
4.2.1. FASE DE PROJECTO	62
4.2.2. FASE DE CONSTRUÇÃO	63
4.2.3. FASE DE OPERAÇÃO	64
4.2.4. FASE DE DEMOLIÇÃO	65
4.3. INTEGRAÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE SELECIONADOS ANTERIORMENTE NAS FASES DO CICLO DE VIDA DOS EDIFÍCIOS.....	65
4.4. ANÁLISE DESCRITIVA DE SUSTENTABILIDADE DA ESCOLA SECUNDÁRIA DE VILA VERDE	67
4.4.1. LOCALIZAÇÃO	67
4.4.2. DESCRIÇÃO GERAL DO PROGRAMA.....	69
4.4.3. ANÁLISE DESCRITIVA DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE SELECIONADOS NO CASO EM ESTUDO	78
4.4.3.1. Gestão de Resíduos.....	78
4.4.3.2. Eficiência na Utilização da Água	79
4.4.3.3. Reutilização e Contaminação dos solos e Pegada do edifício	80

4.4.3.4. Políticas Ambientais	81
4.4.3.5. Emissões atmosféricas e Minimização dos riscos climáticos	81
4.4.3.6. Energia	82
4.4.3.7. Uso de materiais de baixo impacte ambiental	82
4.4.3.8. Iluminação e conforto visual	83
4.4.3.9. Conforto térmico	83
4.4.3.10. Conforto acústico	83
4.4.3.11. Satisfação dos ocupantes	84
4.4.3.12. Qualidade do ar interior e Ventilação	84
4.4.3.13. Acessibilidade e Mobilidade	85
4.4.3.14. Estratégia para baixar o custo ciclo de vida.....	87
4.4.4. CONCLUSÕES	89
5. CONCLUSÕES	93
5.1. OBSERVAÇÕES FINAIS	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1. – Procura de equilíbrio no consumo de recursos naturais.....	1
Fig. 1.2. – Pilares da Construção Sustentável	2
Fig. 2.1. – Conceito ‘0’	5
Fig. 2.2. – Consumo de energia eléctrica em Portugal	6
Fig. 2.3.– Estratégia para reduzir os consumos de energia e diminuir o uso de fontes de energia não renováveis.	7
Fig. 2.4. – Certificação energética e Ar interior dos edifícios.....	7
Fig. 2.5. – Papel dos cidadãos na utilização mais eficiente da energia.....	8
Fig. 2.6. – Conselhos de eficiência	8
Fig. 2.7. – Edifícios bioclimáticos	8
Fig. 2.8. – Eficiência energética de edifícios de vários tipos	9
Fig. 2.9. – Tipos de sistemas para protecção de janelas.....	9
Fig. 2.10. – Eficiência luminosa de diversos tipos de lâmpadas.....	10
Fig. 2.11. – Janela Eco-Eficiente, desenvolvida no âmbito do projecto FCT - ADI - Programa IDEIA (2004-2007)	10
Fig. 2.12. – Fontes de energia renováveis.....	11
Fig. 2.13. – Painéis fotovoltaicos.....	12
Fig. 2.14. – Painéis Solares	12
Fig. 2.15. – Energia eólica em edifícios.	13
Fig. 2.16. – Logótipo da BUILD UP	13
Fig. 2.17. – Exemplo de uma factura de electricidade de 2010 em Portugal.	14
Fig. 2.18. – Cinco R’s para uma optimização da eficiência hídrica dos edifícios	14
Fig. 2.19. – Contribuição dos diversos materiais para a energia total incorporada num edifício	15
Fig. 2.20. – Custos económicos associados ao ciclo de vida dos materiais	16
Fig. 2.21. – Necessidade de mudar a atitude de passividade ambiental.....	17
Fig. 2.22. – Resíduos provenientes da construção.....	17
Fig. 2.23. – Tipos de Estados Tróficos de um lago.....	18
Fig. 2.24. – Causas da Eutrofização nos lagos	19
Fig. 2.25. – Efeitos da Eutrofização nos lagos.....	19
Fig. 2.26. – Efeitos da Eutrofização.	20
Fig. 2.27. – "Florescimento" das algas.....	20
Fig. 2.28. – Fenómeno da Acidificação.....	21

Fig. 2.29. – “Smog” em Santiago do Chile	22
Fig. 2.30. – Tipos de Poluentes Atmosféricos	22
Fig. 2.31. – Impactes Potenciais do Aquecimento Global	23
Fig. 2.32. – Derretimento dos Glaciares no Alaska	23
Fig. 3.1. – Confusão mundial no mercado de sistemas de avaliação	25
Fig. 3.2. – Indicadores definidos por diferentes organizações	26
Fig. 3.3. – Iniciativa Global SB Alliance	27
Fig. 3.4. – Iniciativa Global UNEP (United Nations Environment Programme)	27
Fig. 3.5. – Iniciativa Global PSM (Project Sustainability Management)	28
Fig. 3.6. – Directiva EPBD (Energy Performance of Buildings Directive)	29
Fig. 3.7. – Directiva Energias Renováveis	29
Fig. 3.8. – Directiva CPR (Construction Products Regulation)	30
Fig. 3.9. – Norma ISO/TC59/SC17	30
Fig. 3.10. – Norma ISO 15392:2008	31
Fig. 3.11. – Norma ISO 26000	31
Fig. 3.12. – Norma CEN / TC 350 Sustentabilidade das obras de construção	31
Fig. 3.13. – Iniciativa “Grenelle de l’Environnement”	32
Fig. 3.14. – Ferramentas e sistemas de avaliação de empreendimentos	33
Fig. 3.15. – Classes que avaliam a sustentabilidade de um empreendimento	34
Fig. 3.16. – Vertentes e respectivas áreas ambientais de Intervenção consideradas pelo sistema LiderA, em edifícios de habitação	34
Fig. 3.17. – Ponderação (em %) para as 22 áreas do Sistema LiderA (V2.01)	36
Fig. 3.18. - Áreas gerais apresentadas pelo LEED	37
Fig. 3.19. – Ponderação das áreas gerais apresentadas pelo LEED	37
Fig. 3.20. – Diferentes tipos de certificação do LEED	38
Fig. 3.21. – Diferentes versões do LEED, que actuam nas fases de projecto, construção e operação do empreendimento	39
Fig. 3.22. – Logótipo de BREEAM	40
Fig. 3.23. – Categorias consideradas pelo BREEAM	41
Fig. 3.24. - Ponderação das Categorias no EcoHomes	41
Fig. 3.25. – Divisão de catorze questões ambientais em quatro áreas de intervenção	45
Fig. 3.26. – Perfil ambiental segundo as 14 questões ambientais consideradas pelo HQE	45
Fig. 3.27. – Certificado do HQE	46

Fig. 3.28. - Temas ambientais que agrupam domínios técnicos, considerados pelo CERQUAL, no caso da habitação	47
Fig. 3.29. – Temas de intervenção considerados pelo CERQUAL	48
Fig. 3.30. – Aspectos de Responsabilidade Social	49
Fig. 3.31. – Fases de uma ACV	51
Fig. 3.32. – Exemplo de um sistema de produto para a ACV	51
Fig. 3.33. – Elementos da fase AICV	52
Fig. 3.34. – Procedimentos simplificados do ICV.....	53
Fig. 3.35. – Relação dos elementos dentro da fase de interpretação com as outras fases da ACV	54
Fig. 3.36. – Sistema do edifício	55
Fig. 4.1. – ‘Sintonia’ entre os Factores de Sustentabilidade na construção	57
Fig. 4.2. – Ciclo de Vida dos Edifícios.....	60
Fig. 4.3. – Custos ao longo do ciclo de vida dos edifícios	61
Fig. 4.4. – Situação Ideal para uma construção sustentável na perspectiva dos resíduos	61
Fig. 4.5. – Fase de projecto.....	62
Fig. 4.6. – Cúpula em betão leve pozolânico do Panteão de Roma.....	63
Fig. 4.7. – Panteão de Roma	63
Fig. 4.8. – Reciclagem, recolha, transporte, e valorização de Resíduos.....	64
Fig. 4.9. – Principais questões dentro do ciclo de vida dos edifícios.....	65
Fig. 4.10. – Localização da escola	67
Fig. 4.11. – Edifício com salas de aulas.....	68
Fig. 4.12. – Acesso à escola, portaria e parque exterior	68
Fig. 4.13. – Salão de jogos a recuperar	68
Fig. 4.14. – Planta da construção existente	69
Fig. 4.15. – Planta com a construção nova e a existente a remodelar	70
Fig. 4.16. – Planta Geral do projecto	71
Fig. 4.17. – Maquete do projecto em estudo.....	72
Fig. 4.18. – Vertentes de sustentabilidade a analisar	73
Fig. 4.19. – Mapas climáticos.....	74
Fig. 4.20. – Fachada a Sul do corpo 3	75
Fig. 4.21. – Fachada a Este do corpo 3	76
Fig. 4.22. – Análise do aspecto da Durabilidade (Facilidade de Manutenção e Reparação) na fase de operação.....	77
Fig. 4.23. – Análise de alguns aspectos que visam a sustentabilidade na fase de operação.....	78

Fig. 4.24 - Contentores com capacidade de 2.5 m ³ do modelo CYCLEA da OTTO para papel/cartão	79
Fig. 4.25. – Poço de água nas imediações do pavilhão desportivo	80
Fig. 4.26. – Localização da Escola Secundária de Vila Verde.....	80
Fig. 4.27. – Espaços verdes do empreendimento.	81
Fig. 4.28. – Laje flutuante.	83
Fig. 4.29. – Painel sanduíche utilizado no pavilhão desportivo.	84
Fig. 4.30. – Rampa de acesso automóvel à escola (R.01).	85
Fig. 4.31. – Rampa de acesso pedonal ao corpo 3 (R.04).....	86
Fig. 4.32. – Casas de banho (incluindo para deficientes) no corpo 5 da escola.	86
Fig. 4.33. – Único elevador existente na escola, situado no corpo 2.	87

ÍNDICE DE QUADROS (OU TABELAS)

Quadro 3.1. – Critérios e Ponderações (%) do LiderA.....	35
Quadro 3.2. – Categorias e subcategorias do EcoHomes.....	42
Quadro 3.3. – Categorias e subcategorias do EcoHomes.....	43
Quadro 3.4. – Fases do ciclo de vida.....	55
Quadro 4.1 – Comparação dos diferentes métodos, segundo a vertente relacionada com o Ambiente	58
Quadro 4.2 – Comparação dos diferentes métodos, segundo a vertente Social.	59
Quadro 4.3 – Comparação dos diferentes métodos, segundo a vertente Económica.	59
Quadro 4.4 – Integração dos indicadores de sustentabilidade nas fases do Ciclo de Vida dos Edifícios.	66
Quadro 4.5 – Dados climáticos de referência de Inverno e de Verão para o Concelho de Vila Verde.	74
Quadro 4.6. – Orçamento previsto para este projecto de Reconstrução, Ampliação e Alteração das Instalações existentes.	88
Quadro 4.7. – Análise crítica dos indicadores de sustentabilidade segundo a vertente ambiental.....	89
Quadro 4.8. – Análise crítica dos indicadores de sustentabilidade segundo a vertente ambiental.....	90
Quadro 4.9. – Análise crítica dos indicadores de sustentabilidade segundo a vertente social.....	90
Quadro 4.10. – Análise crítica dos indicadores de sustentabilidade segundo a vertente económica... ..	90

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

ACV – Análise de ciclo de vida

AICV - Avaliação do impacte de ciclo de vida

CEN – Comité Europeu para a Normalização

CFC – Clorofluorcarbonetos

HCFC - HidroCloroFluoroCarbonos

CIB – Conselho Internacional da Construção

CO₂ – Dióxido de carbono

COV – Compostos orgânicos voláteis

EPD – Declaração ambiental de produto

ICV – Inventário de ciclo de vida

ISO – Organização Internacional para a Normalização

CCV – Custo de ciclo de vida

NO_x – Óxidos de azoto

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização dos Edifícios

SO_x – Óxidos de enxofre

SO₂ – Dióxido de enxofre

SCE – Sistema de Certificação Energética e Qualidade do Ar Interior de Edifícios

UE – União Europeia

CIBSE – Chartered Institution of Building Services Engineers

PVC – Cloreto de Polivinilo

RCD – Resíduos de Construção e Demolição

m² – Metro quadrado

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO GERAL

A construção tem acompanhado o crescimento populacional e o desenvolvimento humano e social, dando um importante contributo para o aumento da qualidade de vida da população. Para isso necessita de uma crescente mobilização de recursos, levando à intervenção física nos locais, com reflexos sobre os materiais, energia, água e solo. Deste facto resultam impactes no ambiente natural e no construído. Acresce o facto de na actualidade as obras e designadamente, os edifícios serem mais complexos e duma forma geral com uma maior preocupação com a estética.

No entanto, as obras apresentam debilidades como avarias, diminuição do ciclo de vida útil das construções e custos de exploração e conservação muito elevados. Estas debilidades são causadas, muitas vezes, por problemas de concepção, pela não compatibilização dos sistemas construtivos convencionais e pela utilização de mão-de-obra não qualificada.

É urgente uma atitude de mudança e uma procura de equilíbrio, entre a necessidade de produtos de construção e o consumo de recursos naturais (matérias-primas extraídas da Terra) que esta provoca.

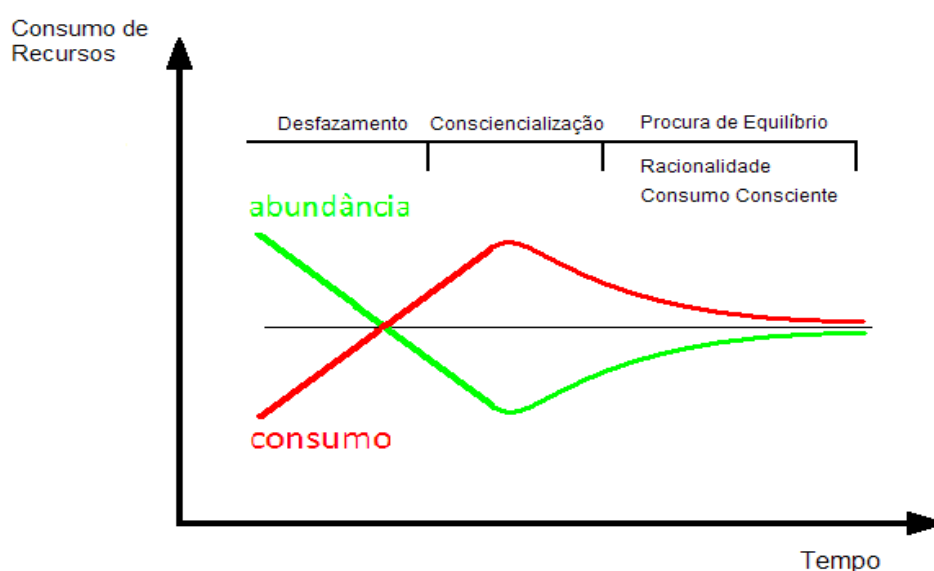


Fig.1.1. – Procura de equilíbrio no consumo de recursos naturais [43].

Surge, então, o conceito de Desenvolvimento Sustentável que procura garantir as necessidades quotidianas, designadamente no sector da construção de uma forma praticável, através de técnicas e métodos de construção sustentável que minimizam o impacte ambiental. Entre os trabalhos de construção destacam-se os edifícios e dentre estes os de habitação que representam um peso significativo no orçamento familiar. Cerca de 90% do tempo da população é passado no interior dos edifícios. Este facto, requer a definição de um conjunto de prioridades que contribuem para que a construção de edifícios seja sustentável, figura 1.2.



Fig.1.2. – Pilares da Construção Sustentável [44].

O desenvolvimento deve ser orientado por três diferentes vectores: o social, o económico e o ambiental. Quando se fala em desenvolvimento sustentável as palavras-chave são integração e coordenação, isto é, o ambiente deve ser visto como um sector que não pode ser abordado senão de uma forma integrada e coordenada com os restantes sectores. Pode-se falar em progresso quando o ambiente ocupar um lugar nas decisões para o desenvolvimento.

1.2. OBJECTIVOS

O objectivo geral desta dissertação consiste na tentativa de discutir a operacionalização concreta de abordagens sustentáveis na construção, ou seja, dito de outra maneira, começar a associar a este tema práticas mensuráveis, para que as referências a este aspecto apresentem maior aplicabilidade e credibilidade.

O alcance destes objectivos gerais é feito pelo estudo de conceitos associados aos princípios da construção sustentável. Neste contexto, a capacidade de compreender os aspectos fundamentais da Sustentabilidade é fundamental no que diz respeito ao apoio à avaliação, planeamento e desenvolvimento do Ambiente Construído. Para tal, pretende-se apresentar os requisitos funcionais e técnicos (conforto e qualidade) e impactes ambientais, económicos e sociais no ciclo de vida dos edifícios.

Os objectivos deste trabalho abrangem, também o estudo dos sistemas conhecidos de apoio ao reconhecimento da construção sustentável, identificando os principais indicadores de sustentabilidade.

Torna-se assim fulcral o estudo da aplicabilidade e comparabilidade de alguns sistemas de avaliação da sustentabilidade já existentes. Pretende-se, também, uma análise segundo um ponto de vista normativo do conceito de construção sustentável.

Por último, é feita uma aplicação dos principais indicadores a um projecto real de reconstrução, ampliação e alteração de uma escola, para obter uma noção da importância da necessidade de comparabilidade e da análise da sustentabilidade na construção. O estudo dos indicadores de sustentabilidade aplicados a este projecto é qualitativo e não muito aprofundado, por motivos de atraso na recepção do mesmo.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

O Capítulo 1 é constituído pelo enquadramento do trabalho e dos objectivos que se pretendem alcançar, assim como pela própria metodologia e estruturação da dissertação.

O Capítulo 2 foca a questões dos impactes ambientais que os consumos de energia, de recursos, de materiais e da água têm, tanto no ambiente, como na sociedade em geral e na construção em particular. Propõe soluções para melhorar o desempenho térmico dos edifícios, assim como para aumentar a eficiência no consumo da água, de materiais e diminuir a produção de resíduos.

O Capítulo 3 aborda os diversos sistemas de avaliação do desempenho ambiental de edifícios mais conhecidos, assim como de apoio à implementação de práticas e soluções mais sustentáveis. Estas medidas têm vindo a ser progressivamente adoptadas em diversos países. Salienta a profusão de sistemas de avaliação existente a nível mundial e a sua dificuldade de comparação. Apresentam-se os sistemas de avaliação da sustentabilidade na construção mais conhecidos como o Português (LiderA), o sistema de Certificação Ambiental Britânico (BREEAM), o Americano (LEED) e o Francês (HQE). Neste capítulo, são caracterizadas também algumas iniciativas globais, nacionais e alguma normalização que fomenta a sustentabilidade na construção.

No Capítulo 4 é feito um estudo centrado na comparabilidade dos diferentes sistemas de avaliação estudados no capítulo anterior. É feita também uma integração consciente dos indicadores de sustentabilidade nas diversas fases do ciclo de vida dos edifícios, abordando aspectos como a durabilidade dos materiais nos edifícios. O capítulo pretende seguir a linha das preocupações de sustentabilidade, fomentando uma abordagem mais concreta, através da comparação entre os sistemas de avaliação mais conhecidos, expondo também informação relativamente às áreas de actuação dominantes, nas quais os agentes presentes no sector da construção poderão actuar de forma a produzir efeitos com maior escala e sucesso. Por fim, apresenta-se uma análise descritiva de sustentabilidade, aplicada ao projecto de reconstrução, ampliação e alteração de uma escola, dos indicadores de sustentabilidade seleccionados numa primeira fase.

No Capítulo 5 são expostas as considerações e observações finais.

2

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO

2.1 CONCEITO DO '0'

Actualmente a sustentabilidade em geral na construção é em particular cada vez mais valorizada. Os conceitos vão evoluindo e aperfeiçoando-se como o conceito '0' que se apresenta na figura 2.1. Em termos energéticos este conceito defende que os edifícios devem apresentar uma gestão eficiente e que o uso da energia deve ser sem impactos climáticos e sem degradação dos combustíveis. O conceito '0' promove o uso de fontes renováveis, a manutenção de edifícios, o saneamento ecológico, edifícios produtivos (em vez de ambientes consumistas construídos) e '0' poluição ambiental [1].

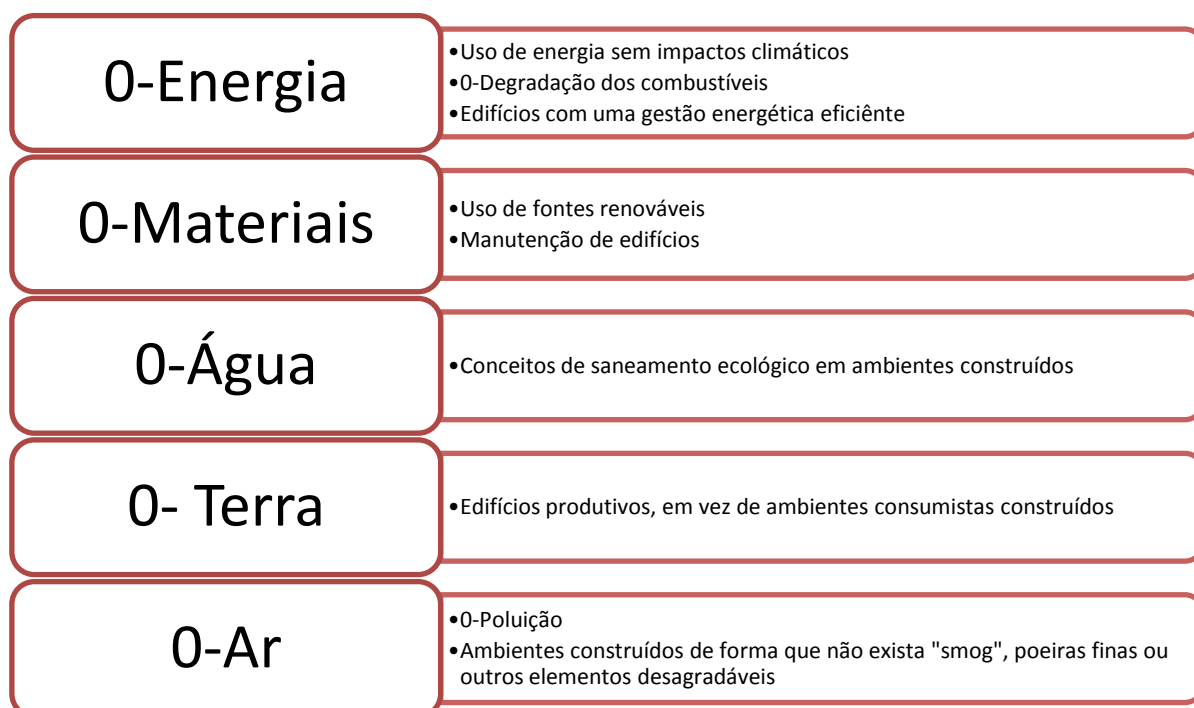


Fig. 2.1. – Conceito '0', adaptado de [1].

Geralmente, as actividades humanas requerem o consumo de materiais e energia, levando à intervenção física nos locais, com reflexos sobre os materiais, energia, água e solo. Deste facto resultam impactes no ambiente natural e no construído. O Homem tem vindo a criar ambientes construídos, como por exemplo infra-estruturas rodoviárias, de abastecimento de água, de energia, entre outras, que causam impactes ambientais durante a respectiva construção e utilização [2].

As actividades humanas, o crescimento populacional, a busca de recursos materiais, de energia e de espaço, nem sempre são globalmente analisados e os níveis de poluição associados levantam por vezes problemas críticos. Actualmente, a população ainda encontra dificuldades de acesso a alguns bens básicos e essenciais, como a água potável. Para conhecer melhor a dimensão desta pressão das actividades humanas é importante uma avaliação da energia consumida a nível de consumo de materiais, e do espaço necessário. Neste contexto, encontra-se a designada “pegada” ecológica que pretende determinar a área de terra necessária para comportar as necessidades de recursos e absorver os resíduos gerados por um indivíduo, uma comunidade, uma actividade, ou um edifício, num ano [2].

2.2. ENERGIA E EDIFÍCIOS

2.2.1. CONSUMO DE ENERGIA

A energia é um dos melhores indicadores para avaliar o impacto ambiental, uma vez que é um factor que intervém em todas as fases dum processo produtivo. Implica um elevado consumo de recursos não renováveis e emissões contaminantes, particularmente de CO₂, que contribuem para o aquecimento global [3].

Portugal importa entre 85% e 90% do total de energia que consome o que compromete o crescimento económico do país. Cerca de 27% da energia eléctrica consumida em Portugal é nos edifícios e quase metade das emissões totais de CO₂ deve-se à indústria (40%) e à utilização de energia durante a vida útil do edifício [3].

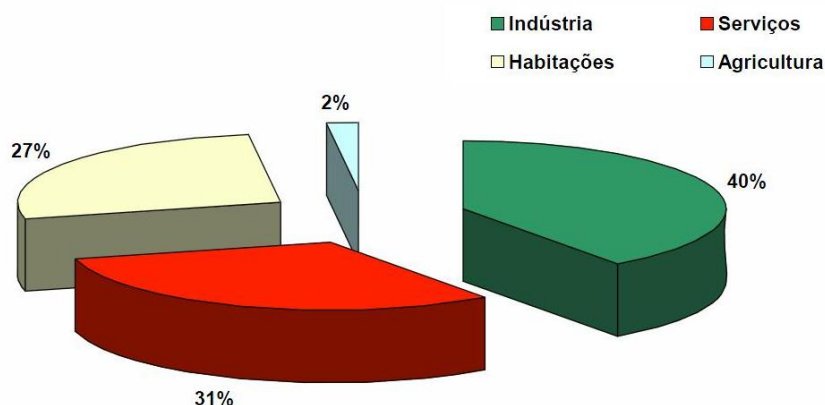


Fig. 2.2. – Consumo de energia eléctrica em Portugal [3].

No sector residencial, a qualidade dos edifícios e do conforto associado tem aumentado ao longo dos anos. As necessidades ligadas à higiene, o conforto térmico (aquecimento e arrefecimento) e, ainda, o uso de equipamentos para entretenimento e para apoio de tarefas pessoais (computadores, electrodomésticos) são comodidades que se traduziram num acréscimo de investimento e num maior consumo de energia. O consumo de energia no sector doméstico depende, principalmente, do

rendimento disponível das famílias, das características e ineficiências dos equipamentos, quer no seu consumo, quer nos hábitos de utilização dos mesmos [4].

Nos edifícios destinados a habitação, os consumos de energias distribuem-se da seguinte forma: 25% para aquecimentos e arrefecimento, 25% para iluminação e equipamentos electrodomésticos e 50% para cozinhar e águas quentes sanitárias. A gestão de energia dos edifícios, a melhoria da eficiência energética nas instalações e as energias renováveis podem reduzir os consumos e atenuar a dependência energética de fontes de energia não renováveis [4].



Fig.2.3. – Estratégia para reduzir os consumos de energia e diminuir o uso de fontes de energia não renováveis, adaptado de [4].

Desde Janeiro de 2009, que qualquer fracção destinada a habitação deve dispor dum Certificado Energético [5].

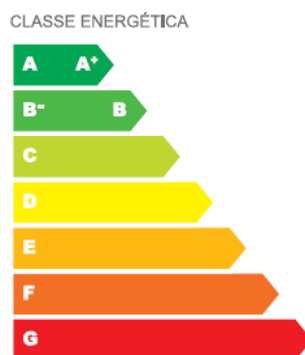


Fig.2.4. – Certificação energética e Ar interior dos edifícios [5].

2.2.2. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A nível mundial cerca de 2 mil milhões de pessoas não têm acesso à energia eléctrica e 4 mil milhões de pessoas não têm energia em condições adequadas [3].

Numa óptica de eficiência energética é urgente integrar os princípios de racionalização de energia nos novos edifícios e nos que necessitam de ser reabilitados. Intervenções eficazes em edifícios podem conduzir a poupanças de 30% no consumo de energia, mantendo as mesmas condições de conforto [4].

O papel dos cidadãos é fundamental quando se trata de eficiência energética, no que respeita à selecção cuidadosa de equipamentos mais eficientes, aos comportamentos diários eco-sustentáveis e à melhoria da eficiência energética dos sistemas de aquecimento e arrefecimento dos edifícios, ver figura 2.5. [4].

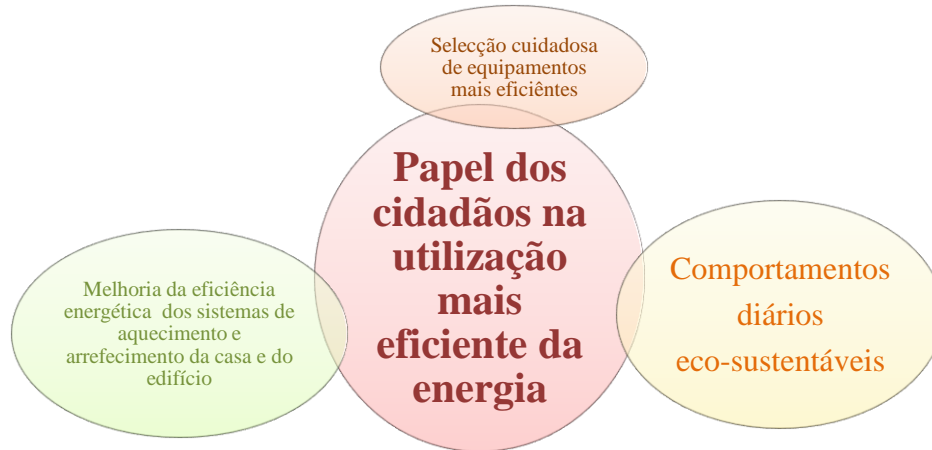


Fig.2.5. – Papel dos cidadãos na utilização mais eficiente da energia, adaptado de [4].

Os comportamentos diários eco-sustentáveis são fomentados actualmente por exemplo pela ECO-EDP como se verifica na figura 2.6.



Fig.2.6. – Conselhos de eficiência [42].

As características arquitectónicas e construtivas dos edifícios têm uma influência fulcral nas condições de conforto interior. Na fase de projecto do edifício é necessário ter em conta as condições climáticas do local onde será implantado, para garantir conforto aos seus moradores. É, portanto, importante compatibilizar a arquitectura dos edifícios com o clima do local (edifícios bioclimáticos) [13].



Fig.2.7. – Edifícios bioclimáticos [13].

As variáveis climáticas que mais influenciam os edifícios são a temperatura do ar exterior e a radiação solar. A energia solar depende da trajectória do Sol e da duração da exposição solar. É possível projectar o edifício tendo em conta estes factores para conseguir um melhor aproveitamento do mesmo.

Pela relação superfície/volume verifica-se que uma casa independente é menos eficiente do que um edifício de vários pisos. A forma do edifício tem um forte impacto na eficiência energética do edifício. Quanto maior for a superfície que envolve o volume aquecido, maior será a transferência de calor [4].

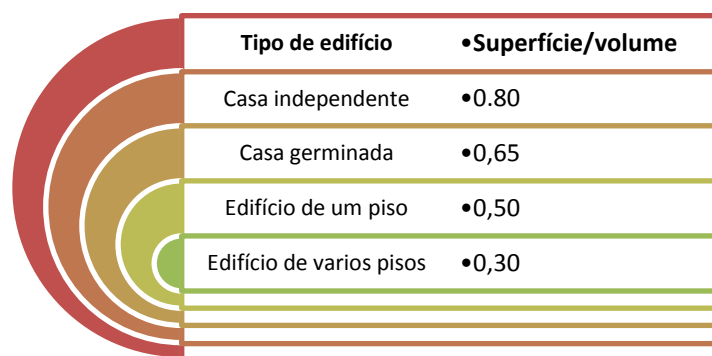


Fig.2.8. – Eficiência energética de edifícios de vários tipos, adaptado de [4].

A localização dos edifícios é também muito importante no que respeita às necessidades térmicas do espaço interior. O RCCTE (Regulamento de Características de Comportamento Térmico dos Edifícios) apresenta estratégias que melhoram o desempenho térmico dos edifícios. Dependendo do mapa climático de Inverno e de Verão da zona do edifício, é possível verificar se o edifício apresenta maior ou menor necessidade de arrefecimento ou aquecimento. A localização do edifício também está relacionada com a área de ventilação em que este se encontra, isto é, o efeito do vento também deve ser analisado [4].

As zonas com clima mediterrânico carecem de protecção solar no Verão e aquecimento no Inverno. Tradicionalmente sempre existiram sistemas simples de protecção de janelas para solucionar esta carência. As protecções fixas de janelas podem ser telheiros, varandas, palas e alpendres. Por outro lado existem protecções móveis como toldos e estores venezianos [4], ver figura 2.9.



Fig.2.9. – Tipos de sistemas para protecção de janelas, adaptado de [4].

Para aumentar a eficiência energética na iluminação dos espaços interiores deve-se, também, utilizar lâmpadas com elevada eficiência luminosa. Como se verifica na figura 2.10 as lâmpadas mais eficientes são as fluorescentes tubulares, sendo as lâmpadas incandescentes as que apresentam uma menor eficiência energética [13].



Fig.2.10. – Eficiência luminosa de diversos tipos de lâmpadas [13].

No caso das lâmpadas fluorescentes compactas estas permitem poupanças normalmente entre 8 a 12 vezes o seu custo inicial e a vida útil das mesmas é cerca de 13 vezes superior à de uma lâmpada incandescente ou de halogéneo. Outra desvantagem das lâmpadas incandescentes é que 90% da energia consumida é dissipada através de calor, originando que a superfície da lâmpada esteja muito quente e insegura ao toque [13].

Existem diversas estratégias que podem ser empregues para aumentar a eficiência térmica de um edifício e do seu equipamento. A envolvente do edifício é uma dessas estratégias, tendo em atenção o material de revestimento, janelas, portas, isolamento e coberturas [4].

As janelas devem ser montadas utilizando métodos de construção específicos, de forma a criar uma barreira de corte de calor. As janelas que possuem vidros duplos têm maior capacidade de isolamento que os vidros simples. As caixilharias das janelas, também, desempenham um papel fundamental na dissipação de calor, sendo preferível a utilização de caixilharias em madeira, PVC ou alumínio com corte térmico [4].



Fig.2.11. – Janela Eco-Eficiente, desenvolvida no âmbito do projecto FCT - ADI - Programa IDEIA (2004-2007) [13].

A Janela Eco-Eficiente ganhou o Prémio BES Inovação 2007. Este conceito de janela tem como objectivo o desenvolvimento de uma solução para os vãos envidraçados de forma a integrar e maximizar os requisitos funcionais necessários como: o comportamento térmico e acústico, a ventilação, a iluminação natural e a estética. Na prática esta janela promove a sustentabilidade no ambiente construído, garantindo o conforto térmico, acústico e visual através dos materiais, forma e estética que a constituem [13].

Relativamente às coberturas, o seu isolamento térmico é considerada uma intervenção prioritária, pois as coberturas são as superfícies onde há maior perda de calor.

O uso de envidraçados aumenta a quantidade de iluminação natural, minimizando a utilização de luz artificial o que definitivamente melhora a eficiência energética dos edifícios. No entanto, estima-se que entre 25-30% das necessidades de aquecimentos são devidas a perdas de calor com origem nos envidraçados.

Tendo em vista uma maior eficiência energética torna-se importante dispor de uma troca de ar nas condições consideradas ideais. Para existir uma optimização da ventilação natural são necessárias pelo menos duas janelas em duas fachadas opostas [4].

2.2.3. EDIFÍCIOS PRODUTORES DE ENERGIA E EDIFICAR PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Não há uma solução única para o problema da dependência energética. No entanto, há que apostar na eficiência energética e nas energias renováveis, nomeadamente a energia eólica, hidroelétrica, solar térmica, solar fotovoltaica, biocombustíveis, ondas e geotérmica [4].

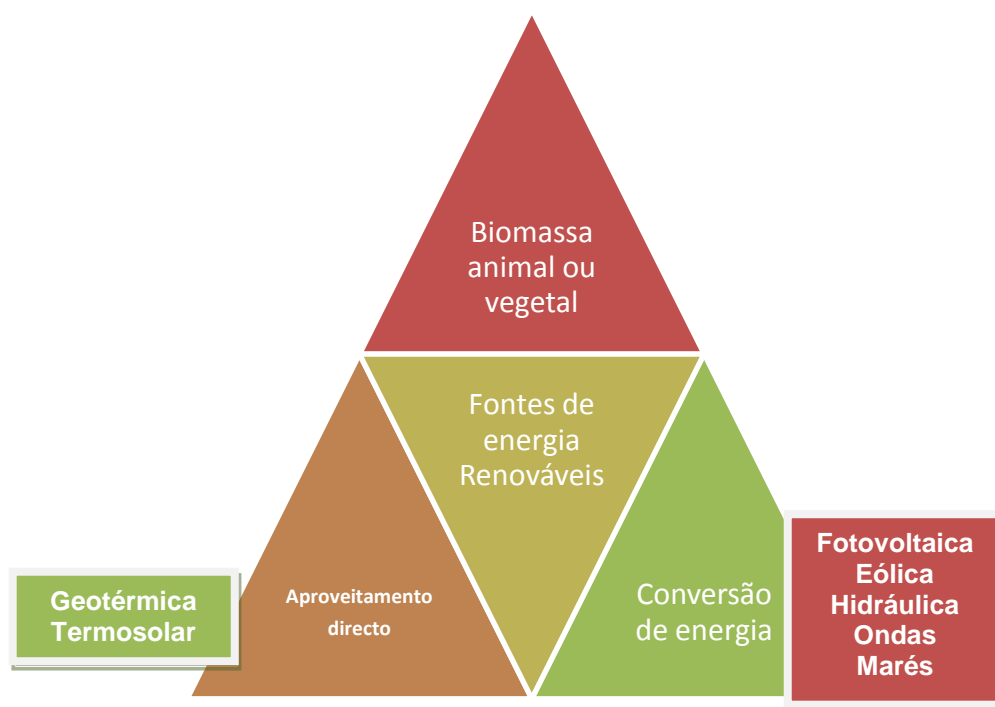


Fig.2.12. – Fontes de energia renováveis, adaptado de [4].

A energia solar fotovoltaica consiste na conversão directa da luz solar em electricidade. O desempenho energético dos painéis fotovoltaicos varia consoante a luz solar disponível e a inclinação

dos módulos, sendo a sua eficiência de conversão da ordem dos 15%. Portugal, devido às suas características climáticas possui excelentes condições para a conversão fotovoltaica, mas os custos actuais ainda são elevados [3,4].



Fig.2.13. – Painéis fotovoltaicos.

A energia solar térmica é utilizada essencialmente para o aquecimento da água e do ar. Em Portugal, desde 2006, todos os novos edifícios devem ser projectados segundo o novo RCCTE, onde se prevê a utilização de painéis solares térmicos sempre que o edifício apresentar boa exposição solar. Um sistema de energia solar pode conduzir a uma poupança de 70% dos custos de energia necessários para a produção de água quente para uso doméstico [3,4].

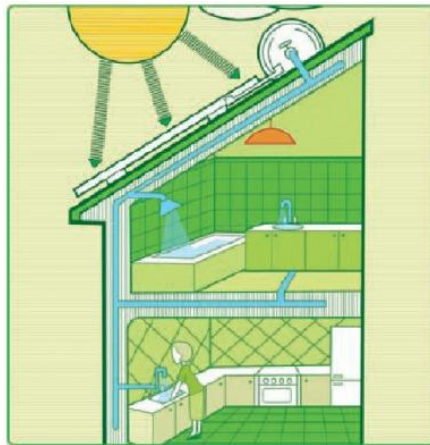


Fig.2.14. – Painéis Solares.

A energia eólica é a energia que o vento possui e que pode ser aproveitada para a produção de energia eléctrica.



Fig.2.15. – Energia eólica em edifícios.

Actualmente foi criado um portal intitulado ‘BUILD UP’ que promove a melhoria do desempenho energético dos edifícios reunindo profissionais da construção, autoridades locais e cidadãos no portal do Conselho Europeu em vigor da eficiência energética em edifícios. Apresenta dois grandes objectivos [6]:

- Transferência para o mercado de práticas de medidas de poupança de energia e promover a sua aceitação.
- Manter o mercado actualizado sobre a política energética da UE para os edifícios.



Fig.2.16. – Logótipo da BUILD UP [46].

BUILD UP é financiada no âmbito do programa Energia Inteligente – Europa, do inglês Intelligent Energy – Europe programme (2007-2013), que é gerido pela Agência Executiva para a Competitividade e Inovação ou EACI, do inglês Executive Agency for Competitiveness & Innovation, em nome da Comissão da União Europeia [6].

Cada vez mais há uma preocupação de sensibilizar a sociedade para toda esta questão das fontes de energia e das atitudes mais correctas para minimizar o consumo de energia. Na figura 2.16 é exposta uma parte de uma factura de electricidade, que há uns anos não existia, alertando a população para o assunto de eficiência energética. Nesta figura é, então, possível observar que as principais fontes de energia em Portugal são as energias Hídrica, Eólica e Gás Natural. Estão, também expostos alguns conselhos, tais como: evitar abrir desnecessariamente a porta do frigorífico; no Inverno aproveitar a radiação solar para aquecer a casa e no Verão evitar a entrada de raios solares directos.

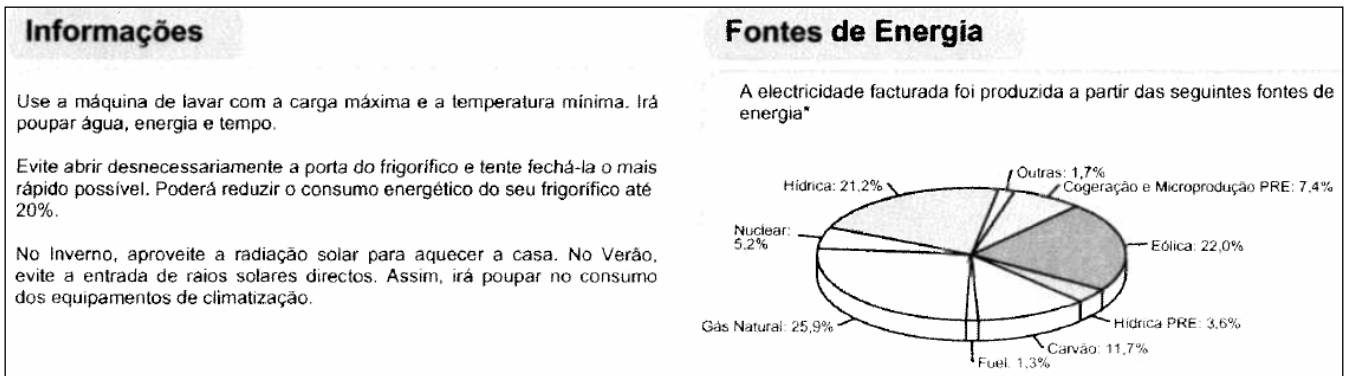


Fig.2.17. – Exemplo de uma factura de electricidade de 2010 em Portugal.

2.3. CONSUMO DA ÁGUA

Devido ao crescimento demográfico, mas principalmente devido ao desenvolvimento económico e estilo de vida da sociedade, a água potável é hoje um recurso escasso. As alterações climáticas têm agravado toda esta situação.

Actualmente, a humanidade utiliza cerca de 50% dos recursos de água doce disponíveis. Em Portugal, estima-se que as ineficiências totais de água correspondem a $3.000 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ [7].

A eficiência hídrica dos edifícios é possível usando cinco R's: reduzir os consumos, reduzir as perdas e os desperdícios, reutilizar a água, reciclar a água e recorrer a origens alternativas [7].



Fig.2.18. – Cinco R's para uma optimização da eficiência hídrica dos edifícios, adaptado de [7].

A adopção de produtos ou dispositivos eficientes, o controlo das perdas em dispositivos, a instalação de circuitos de circulação de água quente sanitária e o aproveitamento de águas pluviais, de águas freáticas, ou mesmo de águas salgadas são medidas que, sem dúvida, contribuem para a eficiência hídrica dos edifícios.

Pode-se reutilizar a água efluente dos equipamentos sanitários (chuveiros, lavatórios, bancas) através de pequenas estações de tratamento e armazenamento destas águas para posterior utilização em descargas sanitárias. A mesma situação acontece para as águas pluviais, através da implantação de um sistema de captação, transporte, armazenamento e distribuição [7, 8].

2.4. CONSUMO DE MATERIAIS

A selecção de materiais influi o desempenho do edifício ao longo do seu uso e operação e na atenuação de impactos ambientais na fase de construção. É imprescindível reduzir a quantidade de materiais necessários e atenuar a quantidade de resíduos gerados no decorrer do processo de construção. Toda esta questão passa também pela reutilização de materiais recuperados de fases de demolição [8].

Ao nível de selecção de materiais é preciso ter em conta a energia incorporada que corresponde à energia consumida durante a produção dos materiais (extração da matéria prima, transporte e processamento).

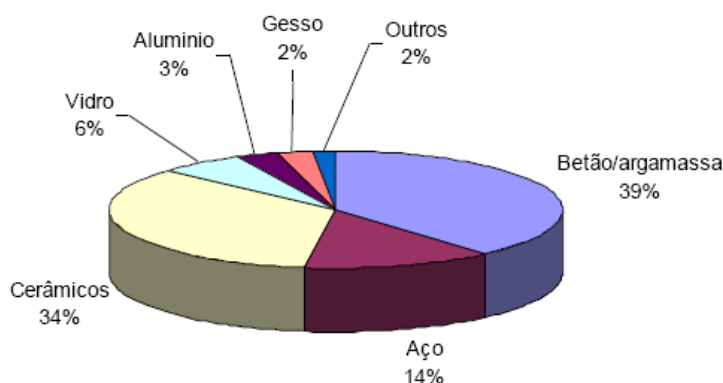


Fig.2.19. – Contribuição dos diversos materiais para a energia total incorporada num edifício [13].

Cada novo dia, produtos são introduzidos com o fim de reduzir o impacte ambiental. A preferência é dada a materiais que vêm directamente de fontes renováveis e que contenham componentes reciclados (aço, gesso, telhas), biodegradáveis e reutilizados. É vantajoso, também, utilizar materiais locais, isto é, materiais disponíveis nas proximidades, reduzindo, assim, as emissões de carbono que representa um dos maiores contribuintes para a questão do aquecimento global [8,9, 47, 48].

Deve-se optar por materiais com maior aproveitamento e maior vida útil, de fácil acesso e manutenção e excluir a utilização de espécies ameaçadas de extinção, aconselhando-se a selecção de por exemplo madeiras provenientes de fontes cultivadas, certificadas ou em condições de reutilização [8,9].

Os materiais devem ser escolhidos de forma a considerar critérios de armazenamento, características de resíduo originado e método de aplicação, dando preferência a sistemas construtivos de baixo

consumo de água e energia. A Comissão Europeia desenvolveu o Rótulo Ecológico Europeu conhecido como “Eco-Rótulo”, que auxilia todo o processo de selecção de materiais, e para que seja exequível a identificação dos produtos que exibem um melhor desempenho ambiental dentro de um determinado grupo. Este sistema tem como objectivo ajudar a reconhecer de entre todos os produtos disponíveis no mercado para uma determinada aplicação, aqueles que são menos prejudiciais para o ambiente [9].

Designa-se por “pegada” ecológica, o conceito relacionado com a mobilização da totalidade de materiais em toda a vida de um produto, centralizado numa actividade ou serviço. A “pegada” ecológica possibilita a obtenção da quantidade de matérias-primas necessárias em todo o ciclo de vida de produtos ou serviços, desde a extracção, processamento, embalagem, operação, reutilização, reciclagem, reprocessamento e destino final. É apenas aplicável a produtos finais, ou serviços e facilita a valorização das pressões impostas com a extracção de recursos e fluxos de materiais que geram resíduos e emissões para a atmosfera. A “pegada” ecológica da construção está relacionada com a quantidade total de materiais que tem de ser extraída para alcançar uma unidade de material puro [2].

Em suma, uma boa selecção de materiais deve basear-se em [13]:

- Materiais com baixa energia incorporada;
- Materiais com baixo impacto ecológico incorporado (gramas de CO₂);
- Materiais com elevado potencial de reutilização e de reciclagem;
- Materiais que não incorporem substâncias tóxicas (Amianto, CFC, HCFC, Chumbo, Formaldeído, Tolueno, Xileno, etc...);
- Custos ligados à totalidade do ciclo de vida dos materiais.

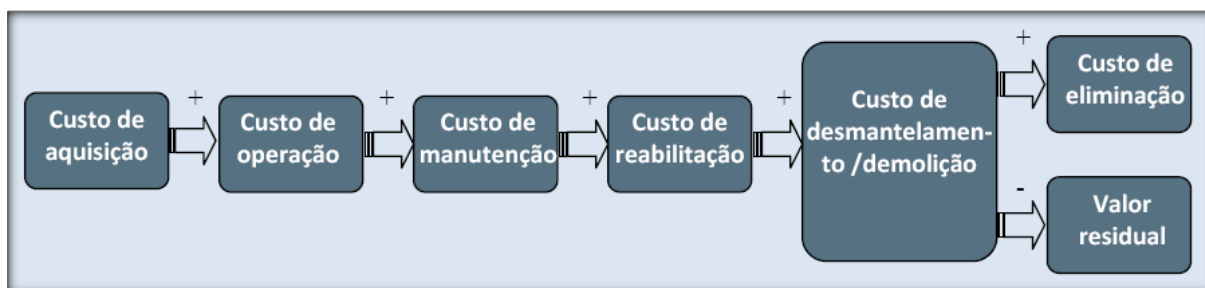


Fig.2.20. – Custos económicos associados ao ciclo de vida dos materiais [13].

2.5. RESÍDUOS

Todas as obras de construção e reconstrução geram resíduos por alteração, limpeza, restauro, conservação, sendo frequente, antes do início da construção, proceder a demolições. A União Europeia estima que a produção anual “per capita” de RCD’s em Portugal seja de 300 kg/ano, sendo que apenas 100 kg/ano encaminhados para o destino final adequado. Os RCD’s são um foco de poluição, devido ao enorme número de descargas ilegais [10].



Fig.2.21. – Necessidade de mudar a atitude de passividade ambiental [49].

A demolição e a geração de resíduos provenientes da construção geram impactos que devem ser minimizados. Esses resíduos devem ser separados e podem mesmo vir a ser utilizados na própria obra, os demais devem ser destinados à reciclagem para mais tarde virem a ser utilizados em novas construções [10].



Fig.2.22. – Resíduos provenientes da construção.

É importante referir que os resíduos líquidos nunca deverão ser lançados na rede pluvial, pois estes muitas das vezes contêm material contaminante. Assim é essencial prever estações de tratamento de águas, onde estes resíduos possam ser previamente tratados antes de serem lançados à rede pública [9].

Para que o plano de gestão de resíduos funcione de forma correcta, isto é, haja a separação adequada dos resíduos para a reciclagem e o reaproveitamento na própria obra, é fundamental haver um bom plano de gestão ambiental aquando do planeamento de obra e posterior implantação do estaleiro [9].

O potencial de reciclagem dos resíduos produzidos em obra é considerável, logo torna-se essencial recuperar e valorizar os resíduos recicláveis. Os resíduos provenientes da construção podem ser constituídos por papel, cartão, madeiras, pedras, terra, material orgânico, plástico, vidro, metal, entre outros. Obviamente os resíduos resultantes de uma construção variam de obra para obra [10].

Nos edifícios em funcionamento deve-se prever locais para triar e separar os resíduos e na fase de concepção de um edifício é necessário considerar alguns princípios relativamente aos resíduos, tais como [13]:

- Evitar o uso de materiais compósitos que não podem ser separados;
- Evitar ligações inseparáveis entre os diversos elementos de construção (preferir as ligações mecânicas às ligações químicas);
- Projectar os edifícios preparando-os para uma desconstrução com triagem dos diversos componentes e elementos;
- Prever locais para a colocação e separação dos resíduos sólidos domésticos.

2.6. PROBLEMAS AMBIENTAIS

2.6.1 EUTROFIZAÇÃO

2.6.1.1. Fenomenologia

Este fenómeno pode ocorrer no solo ou em meios aquáticos. Nos lagos este fenómeno corresponde ao excesso de nutrientes que provocam o crescimento anormal de plantas (micro-algas). O aumento da biomassa leva a uma diminuição do oxigénio dissolvido, levando à morte e decomposição de muitos organismos, diminuindo a qualidade da água e eventualmente a alteração profunda do ecossistema. Existem três tipos de estados tróficos: Oligotrófico (pobre em nutrientes), Mesotrófico (condições intermédias) e Eutrófico (rico em nutrientes) [11].

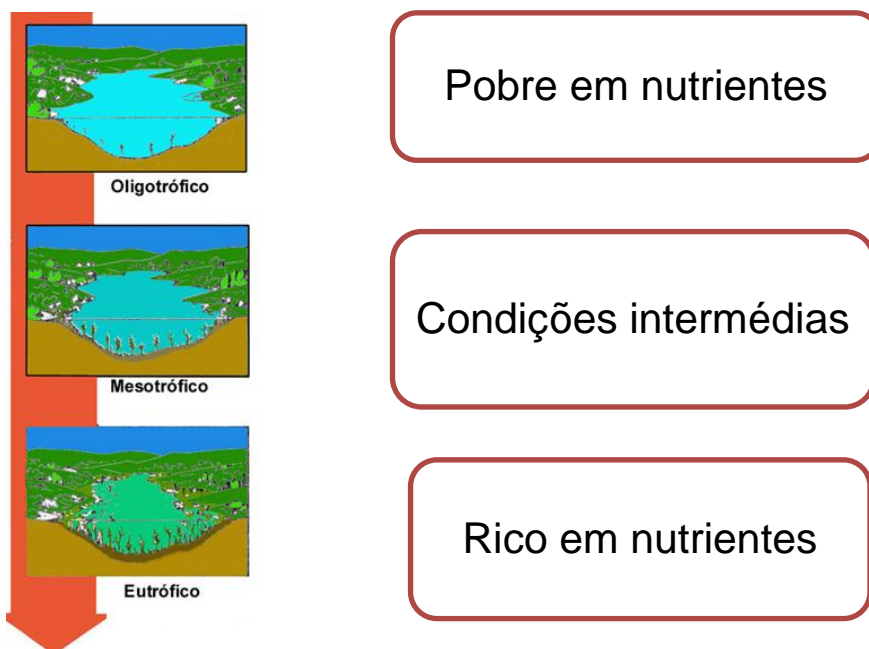


Fig.2.23. – Tipos de Estados Tróficos de um lago [11].

2.6.1.2. Causas e efeitos da Eutrofização

As principais causas da Eutrofização nos lagos são: o ferro, a profundidade, a dinâmica biológica, a luz, o azoto, o fósforo, a temperatura, a sílica, a meteorologia e a geoquímica. Na figura 2.24. apresentam-se as mesmas [11].



Fig.2.24. – Causas da Eutrofização nos lagos, adaptado de [11].

O excesso de nutrientes provoca o aumento da biomassa que leva à diminuição da transparência e conseqüentemente à morte dos organismos sensíveis. Devido à presença de condições anaeróbias, causadas pelos acontecimentos referidos, ocorre acumulação de nutrientes nos sedimentos do fundo do lago [11].

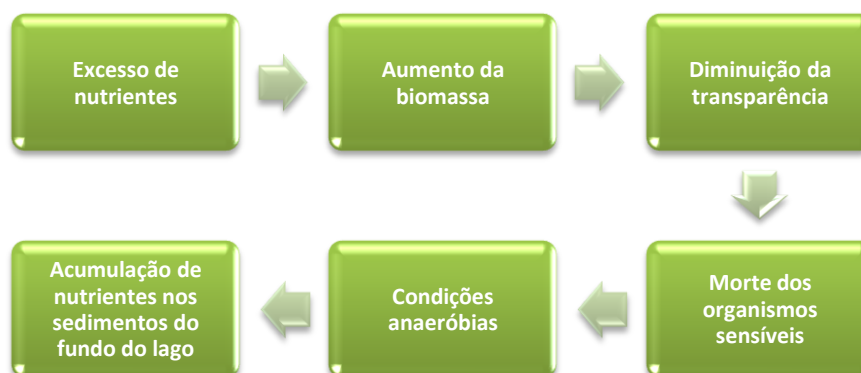


Fig.2.25. – Efeitos da Eutrofização nos lagos, adaptado de [11].

As diminuições da transparência, as dificuldades no tratamento da água com o fim de a tornar potável, a redução de peixe, assim como, a deterioração do ecossistema aquático caracterizam-se por serem alguns dos efeitos da Eutrofização dos lagos [11].



Fig.2.26. – Efeitos da Eutrofização [50].

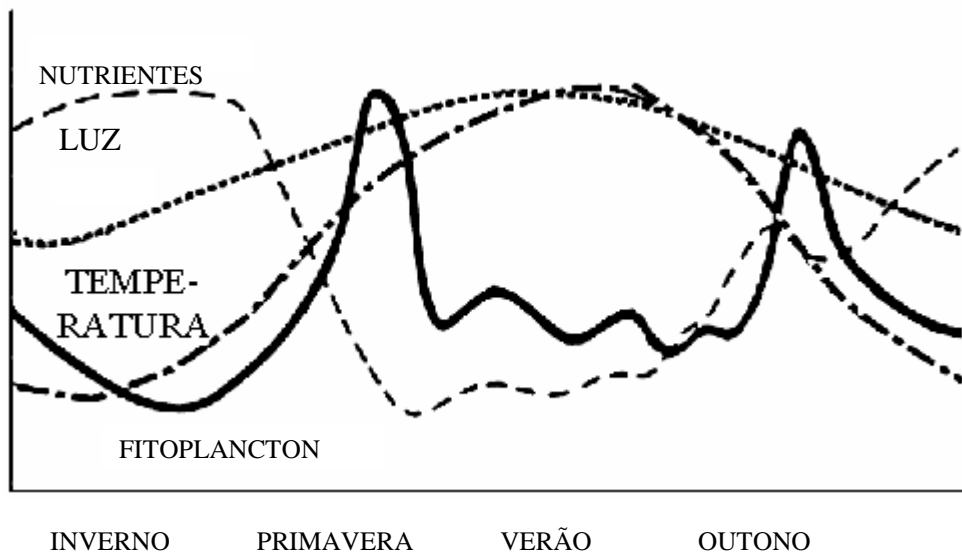


Fig.2.27. - "Florescimento" das algas [11].

2.6.2. ACIDIFICAÇÃO

A acidificação ocorre sobre os solos, sobre a água, a fauna e a flora. É a designação dada à diminuição do pH nos oceanos, causada pelo aumento do CO_2 e corresponde a um fenómeno de perda de nutrientes, como o cálcio, magnésio e potássio e sua substituição por elementos ácidos [11, 34].

A origem principal do aumento da acidificação tem origem antropogénica, sendo a mais importante a absorção do CO_2 resultante da actividade humana. O azoto de origem agrícola, industrial e resultante dos transportes e produção de energia, também são fontes de compostos de NH_3 [11].

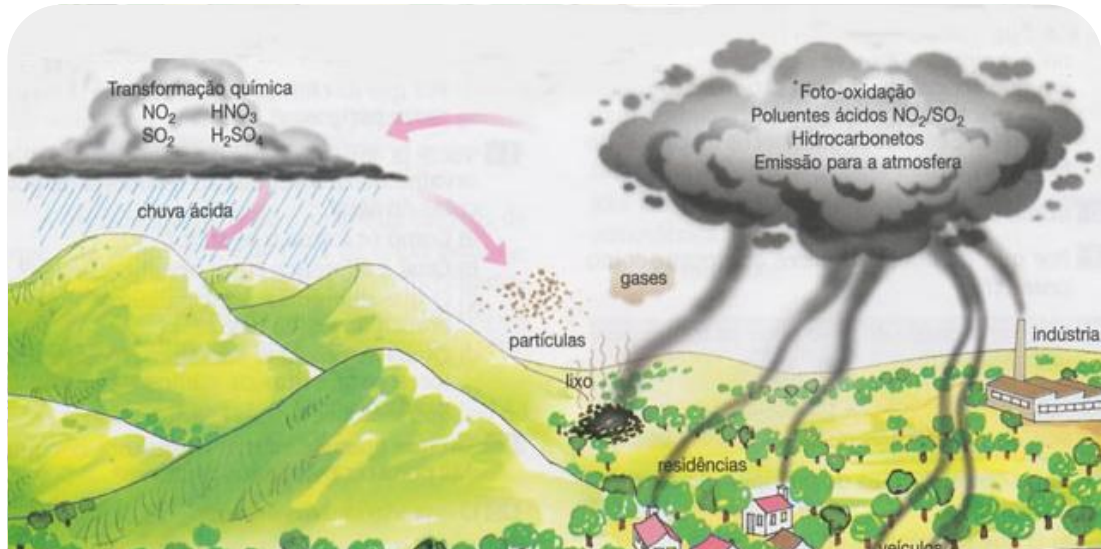


Fig. 2.28. – Fenómeno da Acidificação [51].

A chuva ácida é uma das principais consequências da poluição do ar. A queima de carvão ou de derivados de petróleo libera resíduos gasosos de SO_x (óxidos de enxofre) e NO_x (óxidos de azoto). A reacção dessas substâncias com a água forma ácido nítrico e ácido sulfúrico, presentes nas precipitações de chuva ácida. A acidificação prejudica os organismos em rios e lagoas, comprometendo a pesca, enfraquece o solo e, conseqüentemente, a vegetação [11].

2.6.3. POLUIÇÃO DO AR

A evolução tecnológica e industrial causou transtornos à saúde do homem, na medida em que contribui para a poluição do ar que respiramos. Actualmente há uma preocupação maior com as emissões atmosféricas e, por isso, grande parte das indústrias usa filtros para diminuir o grau de poluição [11].

O crescimento industrial acelerado tornou-se uma grande ameaça à natureza, pois o homem, anos atrás, não conhecia o que chamamos, hoje, de desenvolvimento sustentável. O ar contendo “smog” pode ser nocivo para a saúde ao conter elevadas quantidades de ozono. Entre os seus efeitos negativos estão a redução de visibilidade, o aumento da frequência de doenças respiratórias e, nos casos mais graves, doenças crónicas pulmonares e cardiovasculares. Em Santiago do Chile, a contaminação possui diversos componentes químicos tóxicos, como SO_2 , CO , O_3 e NO_2 , mais os vários tipos de materiais em suspensão (49% produzidos por fontes móveis e 29% por fontes fixas) [11].



Fig.2.29. – “Smog” em Santiago do Chile [52].

As emissões atmosféricas levam à alteração dos poluentes no ar e, desta forma, da qualidade deste em termos locais e regionais. No geral, a qualidade do ar em Portugal é boa, embora nos espaços urbanos e nas zonas industriais possam existir já problemas específicos. Ocorrem, também, situações problemáticas ligadas a actividades industriais e a zonas urbanas, que causam a degradação da qualidade do ar, com efeitos ambientais nas espécies naturais e na saúde pública. O Índice de Qualidade do Ar (IQar) é um indicador da qualidade do ar de uma determinada área, reflecte a média aritmética dos valores de um conjunto de poluentes, medidos nas estações de monitorização da rede nacional que se incluem nessa área [2].

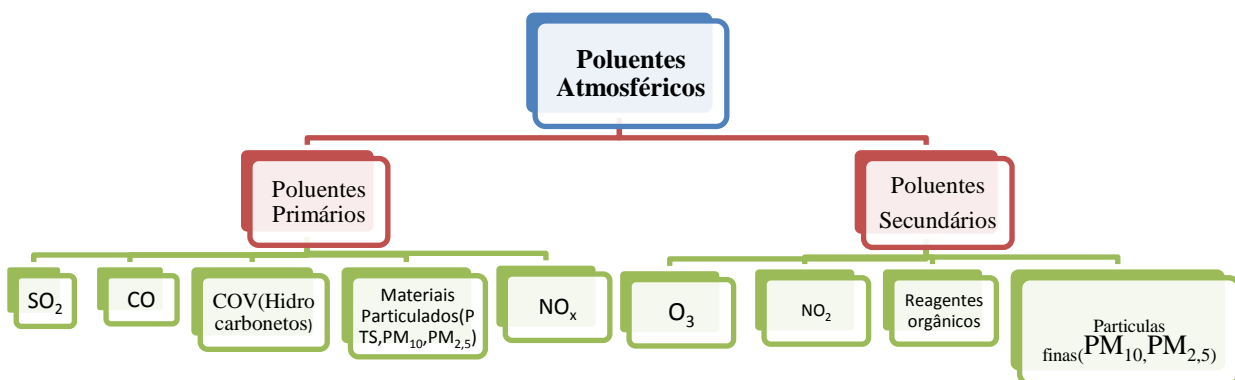


Fig.2.30. – Tipos de Poluentes Atmosféricos, adaptado de [11].

2.6.4. AQUECIMENTO GLOBAL

Como já foi referido ao longo deste capítulo, as actividades humanas causam impactes sobre o clima. O aquecimento global está relacionado com as emissões de grandes quantidades de gases de efeito de estufa para a atmosfera. Os gases de efeito de estufa são o vapor de água, dióxido de carbono, ozono, metano e o óxido nitroso [3].

Os impactes potenciais são: elevação do nível do mar devido ao derretimento dos glaciares e à expansão térmica; modificação dos ciclos hidrológicos e mudanças climáticas, como se vê na figura 2.31[11].

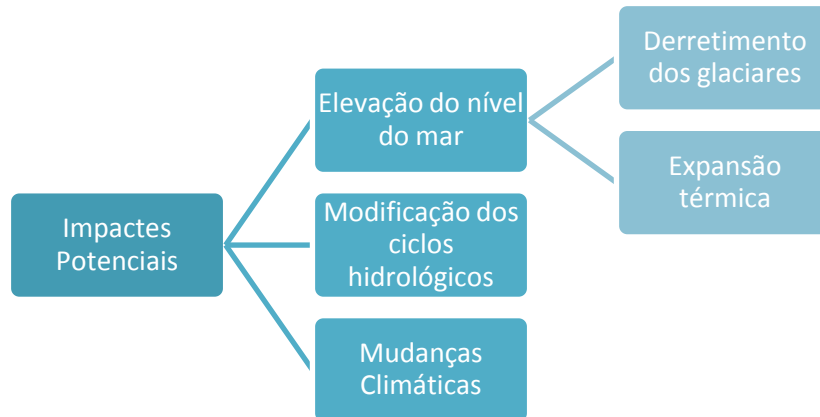


Fig.2.31. – Impactes Potenciais do Aquecimento Global, adaptado de [11].



Fig.2.32. – Derretimento dos Glaciares no Alasca [12].

Os gases de efeito de estufa ampliam o efeito de estufa natural. Deste fenómeno resultam alterações no clima terrestre. [11].

É de salientar também que as habitações são directamente responsáveis por cerca de 16% das emissões de gases com efeito de estufa na União Europeia. Por ano, cada cidadão é responsável por 11 toneladas de emissões de gases com efeito de estufa, sobretudo de CO₂ [3].

3

AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO

3.1. GENERALIDADES

Com o objectivo de avaliar, qualitativa e quantitativamente os impactes das construções e propor medidas para sua redução, têm surgido desde os anos 90 diversas abordagens e sistemas de avaliação do desempenho ambiental de edifícios, assim como de apoio à implementação de práticas, medidas e soluções mais sustentáveis. Estas medidas têm vindo a ser progressivamente adoptadas em diversos países. A identificação dos principais aspectos da sustentabilidade é fulcral para a avaliação da construção sustentável. Deste modo será possível aplica-los no desenvolvimento de ferramentas para assegurar esses mesmos aspectos nos empreendimentos, através da avaliação, reconhecimento e certificação das práticas de construção sustentável. Os sistemas de avaliação de empreendimentos podem ser distinguidos entre regionais ou locais, e quanto à sua amplitude, os que se aplicam a qualquer tipo de construção e os aplicados apenas a edifícios [2, 14, 15].

Actualmente, a nível mundial, existe uma acentuada diversidade de sistemas de avaliação devido à falta de comparabilidade e de princípios fundamentais norteadores destes sistemas [16, 17].



Fig.3.1. – Confusão mundial no mercado de sistemas de avaliação.

Nos dias de hoje, há um número crescente de metodologias de avaliação que podem ser usadas para demonstrar o desempenho ambiental das actividades efectuadas no sector de construção. A partir de estudos sobre as emissões de carbono na atmosfera, são efectuadas avaliações de sustentabilidade de cidades inteiras, cada vez mais há um esforço para desenvolver métodos de avaliação [16, 17].

O modelo Aliança Construção Sustentável ou SB Alliance, do inglês Sustainable Building Alliance, foi criado em 2008 para definir um núcleo comum de indicadores a ser compartilhado por diferentes organizações (BRE, CSTB, DGNB, FCAV, VTT e NIST), numa base voluntária. Permite fazer comparações, extremamente necessárias, fornecendo uma plataforma comum para todos os edifícios e dos intervenientes de todo o processo construtivo para abordar questões de sustentabilidade, especialmente para o problema das alterações climáticas. O núcleo comum de indicadores é composto por seis indicadores (emissões de gases com efeito de estufa (GHG), energia, água, resíduos, qualidade do ar e desempenho financeiro) [16].

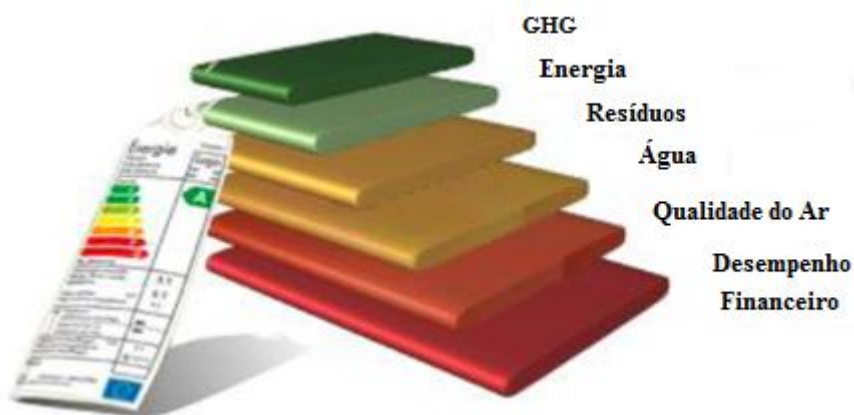


Fig.3.2. – Indicadores definidos por diferentes organizações [16].

Estes indicadores permitem a avaliação dos principais impactos ambientais, desenvolver um vocabulário internacional comum para a avaliação ambiental na construção, facilitar a comunicação entre os intervenientes, apoiar o desenvolvimento de sistemas de avaliação futura e facilitar a comparação entre diferentes tipos de construção de outros países. O objectivo é, também, ter em conta o ciclo de vida dos edifícios, ou seja, todas as etapas de produção, construção, manutenção, reparação e demolição. No entanto, os métodos de avaliação têm diferentes níveis de maturidade. Alguns elementos podem ser avaliados com métodos bem conhecidos (por exemplo os métodos utilizados para a regulamentação de desempenho energético). Outros elementos podem ser avaliados com métodos recentemente desenvolvidos e, também, com métodos que não estão disponíveis em todos os países [16].

O "Grenelle de l'Environnement" é uma Política Ambiental que foi concebida em Outubro de 2007, em França, criando um plano de acção a longo prazo para enfrentar as questões ambientais e promover o desenvolvimento da sustentabilidade. O "Grenelle de l'Environnement" estabelece o uso de energias renováveis e construção de edifícios "verdes" como uma prioridade para a França [16, 17].

O Grenelle apresenta como principais objectivos fazer com que todos os edifícios novos consumam menos de 50 kWh/m²/ano até 2012, obter 38% de redução na energia dos edifícios existentes até 2020 e 23% de energias renováveis até 2020 [16, 17].

3.2 TIPOS DE INICIATIVAS QUE FOMENTAM A SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO

3.2.1 INICIATIVAS GLOBAIS

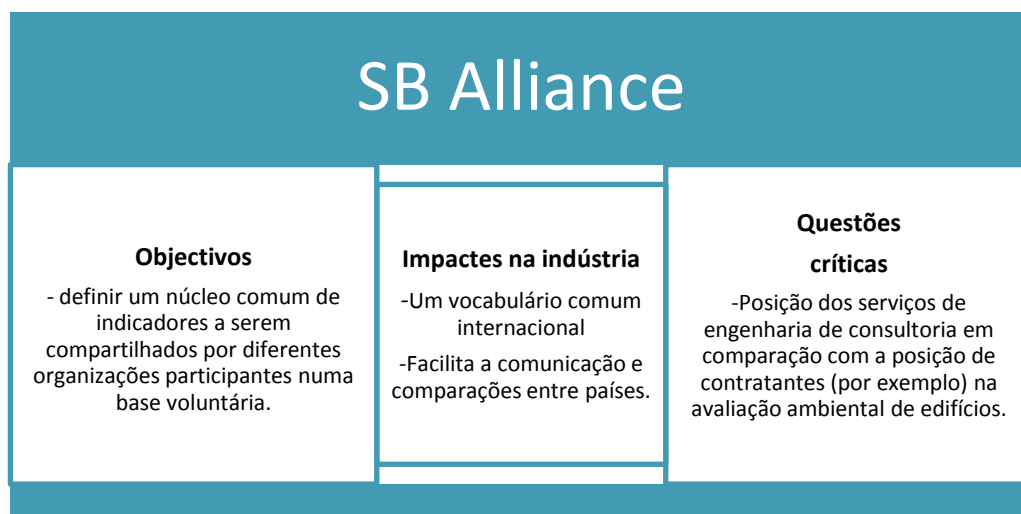


Fig.3.3. – Iniciativa Global SB Alliance, adaptado de [16, 18].

Como já foi referido anteriormente a SB Alliance define um núcleo comum de indicadores (emissões de gases com efeito de estufa (GHG), energia, água, resíduos, qualidade do ar e desempenho financeiro) que são compartilhados por diferentes organizações [16, 18].

A SB Alliance permite a utilização de procedimentos e processos nacionais (por exemplo, procedimentos de cálculo de energia, etc.). Fornece um vocabulário comum internacional para facilitar a comunicação entre as partes interessadas [16, 18].



Fig.3.4. – Iniciativa Global UNEP (United Nations Environment Programme), adaptado de [16, 19].

A UNEP tem como principais objectivos: fomentar a adopção mundial de construções sustentáveis; empregar linhas de base globalmente reconhecidas baseadas na abordagem de ciclo de vida, com um primeiro foco na eficiência energética e nas emissões de CO₂; expandir ferramentas e estratégias para alcançar uma aceitação e uma adopção de práticas de construção sustentável em todo o mundo [16, 19].

Um dos objectivos do UNEP – SBCI é o desenvolvimento do Índice de edifícios sustentáveis (SB Index). O Índice de edifícios sustentáveis deve fornecer um quadro global coerente para compreender, medir, referir e verificar o desempenho real do edifício sobre questões fundamentais da sustentabilidade, especialmente nos países em desenvolvimento. Este Índice é encarado como uma ferramenta para gerar um relatório global anual sobre os progressos realizados em melhorar a sustentabilidade dos edifícios. O Índice de edifícios sustentáveis não pretende ser um sistema de classificação, mas destina-se a orientar os intervenientes no sector da construção sobre as questões preliminares acordadas previamente. É aplicável aos actuais edifícios residenciais e não residenciais [16, 19].

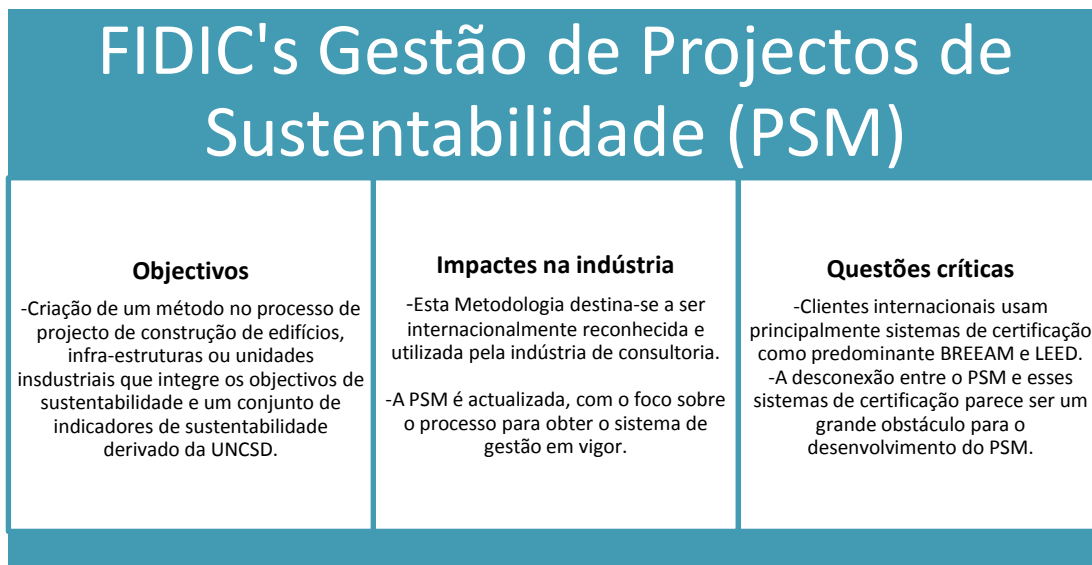


Fig.3.5. – Iniciativa Global PSM (Project Sustainability Management) , adaptado de [20].

A iniciativa PSM pretende criar uma metodologia para integrar os objectivos de sustentabilidade e um conjunto de indicadores de sustentabilidade do projecto derivado directamente da lista da Comissão das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável ou UNCSD, do inglês United Nations Commission for Sustainable Development, no processo de projecto de construção de edifícios, infra-estruturas ou unidades industriais [20].

3.2.2 LEGISLAÇÃO EUROPEIA



Fig.3.6. – Directiva EPBD (Energy Performance of Buildings Directive), adaptado de [21].

A Directiva EPBD assume que todos os edifícios novos devem ser quase “zero” de energia e que após 31 de Dezembro de 2018 novos edifícios ocupados e pertencentes a entidades públicas têm de ser quase “zero” de energia [21].

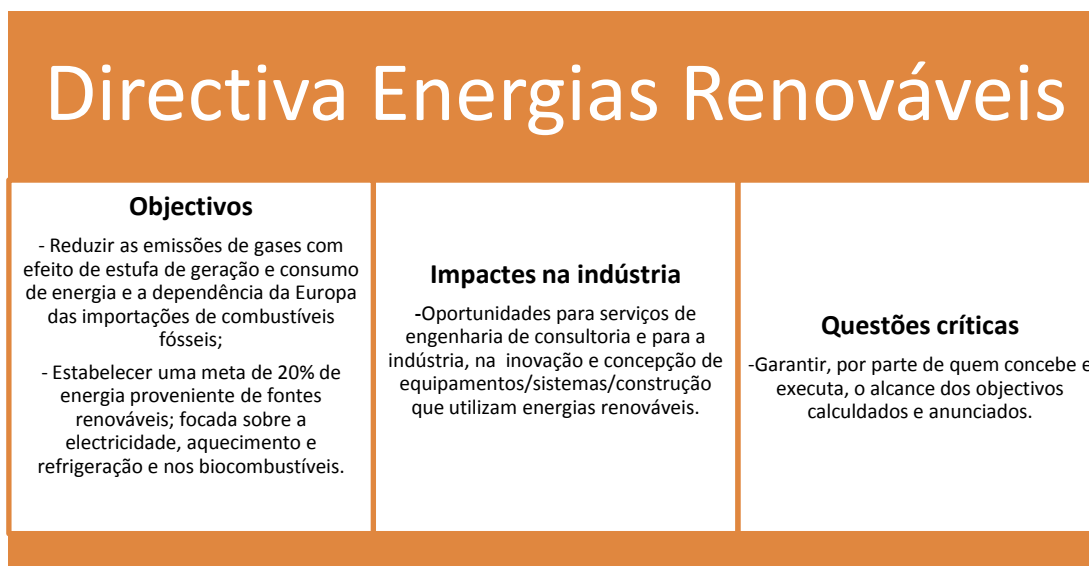


Fig.3.7. – Directiva Energias Renováveis, adaptado de [22].

A Directiva das Energias Renováveis pretende reduzir as emissões de gases com efeito de estufa de geração e consumo de energia e da dependência da Europa das importações de combustíveis fósseis (em especial do petróleo e gás) [22].

Regulamento dos Produtos de Construção(CPR), para substituir a Directiva Produtos de Construção(CPD)		
Objectivos -Assegurar que a informação apresentada é confiável em relação ao desempenho dos produtos de construção.	Impactes na indústria -Impacto sobre a prática de consultoria de engenharia; -Contratos públicos.	Questões críticas -Pode ser parte da estratégia de desenvolvimento sustentável para um projecto de construção específico.

Fig.3.8. – Directiva CPR (Construction Products Regulation), adaptado de [23].

3.2.3 NORMALIZAÇÃO EUROPEIA/INTERNACIONAL

ISO/TC59/SC17		
Objectivos - Sustentabilidade na Construção Civil - Normalização no domínio da construção e engenharia.	Impactes na indústria As normas deverão contribuir para: - Definir princípios de sustentabilidade geral dos edifícios; - Propor estratégias; - Desenvolver ferramentas de acordo com as normas para a avaliação de imóveis com o objectivo de superar melhor todos os impactos resultantes das actividades de construção e os impactos do ambiente durante todo o ciclo de vida do edifício.	Questões críticas - No mercado europeu as normas CEN são mais aplicáveis.

Fig.3.9. – Norma ISO/TC59/SC17, adaptado de [24].

A norma ISO/TC59/SC17 tem como objectivos assegurar os princípios da sustentabilidade na Construção Civil, propor estratégias e desenvolver ferramentas de acordo com as normas para avaliação de imóveis.

A ISO/TC59/SC17 é uma normalização relacionada com o ambiente construído no campo da sustentabilidade em que os aspectos ambientais, económicos e sociais da sustentabilidade estão incluídos conforme o caso.

ISO 15392:2008		
<p>Objectivos</p> <ul style="list-style-type: none"> -Identificar e estabelecer princípios gerais para a sustentabilidade na construção civil. 	<p>Impactes na indústria</p> <ul style="list-style-type: none"> -Aplicáveis aos edifícios e outras obras de construção individual e colectiva, bem como aos materiais, produtos, serviços e processos relacionados ao ciclo de vida dos edifícios e outras obras; -Incorporação de requisitos de sustentabilidade para edifícios, levando a uma importante revisão das práticas tradicionais de consultoria e projecto. 	<p>Questões críticas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Abordagem ao ciclo de vida.

Fig.3.10. – Norma ISO 15392:2008, adaptado de [25].

A norma ISO 15392:2008 é baseada no conceito de desenvolvimento sustentável que se aplica ao ciclo de vida dos edifícios e outras obras de construção, desde a sua criação até o fim da vida [25].

ISO 26000		
<p>Objectivos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Incentivar o compromisso voluntário com a responsabilidade social; -fornecer orientações comuns sobre conceitos, definições e métodos de avaliação. 	<p>Impactes na indústria</p> <ul style="list-style-type: none"> - O padrão (voluntário) de orientação não irá incluir requisitos e, portanto, não será um padrão de certificação, mas sim uma base dos sistemas de certificação já previstos em alguns países. 	<p>Questões críticas</p> <p>Uma oportunidade interessante de negócio para a indústria, e também para os consultores que já estão envolvidos neste processo.</p>

Fig.3.11. – Norma ISO 26000, adaptado de [26, 27].

CEN / TC 350 Sustentabilidade das obras de construção		
<p>Objectivos</p> <ul style="list-style-type: none"> -Proporcionar um desempenho horizontal (aplicável a todos os produtos e tipos de construção) e um conjunto de normas para a avaliação da sustentabilidade de edifícios, com base na avaliação da pressão ambiental (avaliação do ciclo de vida), social (saúde e conforto) e o desempenho económico (custo do ciclo de vida). 	<p>Impactes na indústria</p> <ul style="list-style-type: none"> - Apesar de ter uma base , tem um enorme impacto; - Pode influenciar a CPR. 	<p>Questões críticas</p> <p>Para a Declaração Produto Ambiental (DPA), as normas CEN deveriam ser vistas como uma conjunto de indicadores de que uma selecção pode ser feita para satisfazer as normas nacionais.</p>

Fig.3.12. – Norma CEN / TC 350 Sustentabilidade das obras de construção, adaptado de [28].

A CEN / TC 350 é responsável pelo desenvolvimento voluntário de métodos padronizados para a avaliação dos aspectos de sustentabilidade de obras novas e existentes e das normas para a declaração ambiental dos produtos de construção. As normas serão aplicáveis em geral, e relevantes para a avaliação de desempenho integrado dos edifícios ao longo do seu ciclo de vida. Em termos específicos o seu objectivo é proporcionar um desempenho horizontal (aplicável a todos os produtos e tipos de construção) e um conjunto de normas para a avaliação da sustentabilidade de edifícios, com base na avaliação da pressão ambiental (ACV - Avaliação do ciclo de vida), social (saúde e conforto) e o desempenho económico (CCV - Custo do ciclo de vida) [28].

Existem cinco grupos de trabalho [28]:

- WG 1 Desempenho Ambiental dos edifícios;
- WG 2 Descrição do ciclo de vida de construção;
- WG 3 Nível do Produto;
- WG 4 Avaliação do desempenho económico dos edifícios;
- WG 5 Desempenho social dos edifícios.

As normas CEN estão a ser disponibilizadas no período 2011-2012 [28].

3.2.4 INICIATIVAS NACIONAIS

Como já foi referido no início deste capítulo, o “Grenelle de l’Environnement” é uma Política Ambiental francesa criada em Outubro de 2007, formando um plano de acção a longo prazo para enfrentar as questões ambientais e fomentar o desenvolvimento da sustentabilidade.

Grenelle de l’Environnement (França)		
Objectivos Promoção do desenvolvimento sustentável: - Novos edifícios que consumam menos de 50 kWk/m2/ano até 2012 e tornarem-se neutros ou positivos em termos de energia até 2020; - 38% de redução na energia dos edifícios existentes em 2020; - 23% de energias renováveis até 2020.	Impactes na indústria - Desenvolvimento de novas formas de contrato; - Nova metodologia e normas; - Novos acordos de parceria.	Questões críticas - Novas exigências, como resultado do desempenho energético durante um determinado período de tempo;

Fig.3.13. – Iniciativa “Grenelle de l’Environnement”, adaptado de [16].

3.3. FERRAMENTAS E SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DE EDIFÍCIOS

Actualmente, existem diferentes tipos de sistemas de avaliação de empreendimentos, tais como: BREEAM, CASBEE, CEEQUAL, NABERS, BEPAC, GBtool, HQE, LEED e LiderA.

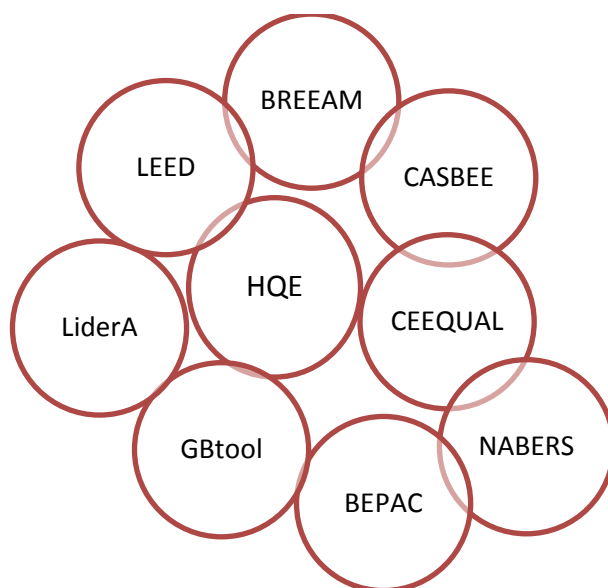


Fig.3.14. – Ferramentas e sistemas de avaliação de empreendimentos.

3.3.1 SISTEMA LIDERA

O sistema LiderA desenvolvido em Portugal caracteriza-se por [29]:

- Apoiar o desenvolvimento de planos e projectos que procurem a sustentabilidade;
- Avaliar e posicionar o seu desempenho na fase de concepção, obra e operação, quanto à procura da sustentabilidade;
- Suportar a gestão na fase de construção e operação;
- Atribuir a certificação por marca registada, através de verificação por uma avaliação independente;
- Servir como instrumento de mercado distintivo para os empreendimentos e clientes que valorizem a sustentabilidade.

Se o desempenho comprovado pela verificação do LiderA atingir uma avaliação final da sustentabilidade das classes C, B, A, A+ ou A++, são certificáveis como bom nível de sustentabilidade o edificado ou os ambientes construídos [29].

No sistema LiderA, o grau de sustentabilidade por área é medido em classes de bom desempenho crescentes: desde a prática (E) a classes C (superior a 25% à prática), B (37,5 %) e A (50% ou factor 2). Para além da classe A, existe a classe A+, relacionada a um factor de melhoria de 4 e a classe A++ associada a um factor de melhoria de 10, relativamente à situação inicial considerada, ou até mesmo A+++ que simboliza uma situação regenerativa [30].

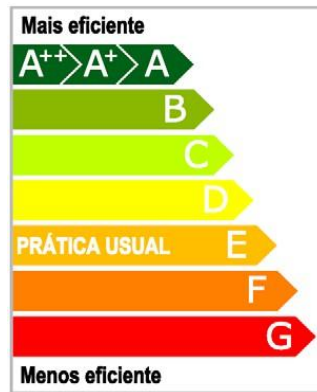


Fig.3.15. – Classes que avaliam a sustentabilidade de um empreendimento [30].



Fig.3.16. – Vertentes e respectivas áreas ambientais de Intervenção consideradas pelo sistema LiderA, em edifícios de habitação [29].

Na figura 3.16. apresentam-se as vertentes e respectivas áreas ambientais de Intervenção consideradas pelo sistema LiderA, em edifícios de habitação relativamente ao Ambiente Interior, ao Local e Integração, Cargas Ambientais, Durabilidade e Acessibilidade, Consumo de Recursos e Sistema de Gestão Ambiental e Inovação [30].

Quadro 3.1. – Critérios e Ponderações (%) do LiderA [30].

VERTENTE	ÁREA	CRITÉRIO	Fase do ciclo de vida
INTEGRAÇÃO LOCAL 14%	SOLO (7%)	Valorização territorial	Projecto
		Optimização ambiental da implantação	Projecto
	ECOSSISTEMAS NATURAIS (5%)	Valorização ecológica	Projecto
		Interligação de habitats	Projecto
	PAISAGEM E PATRIMÓNIO (2%)	Integração paisagística local	Projecto
		Protecção e valorização do património	Projecto
RECURSOS 32%	ENERGIA (17%)	Certificação energética	Projecto
		Desempenho passivo	Projecto
		Intensidade em Carbono (e eficiência energética)	Construção
	ÁGUA (8%)	Consumo de água potável	Operação
		Gestão das águas locais	Construção
	MATERIAIS (5%)	Durabilidade	Operação
		Materiais locais	Construção
		Materiais de baixo impacte	Projecto
	ALIMENTARES (2%)	Produção local de alimentos	Projecto
	CARGAS AMBIENTAIS 12%	EFLUENTES (3%)	Tratamento das águas residuais
Caudal de reutilização de águas usadas			Projecto
EMISSÕES ATMOSFÉRICAS (2%)		Redução das emissões atmosféricas	Operação
RESÍDUOS (3%)		Produção de resíduos	Construção Demolição
		Gestão de resíduos perigosos	Construção Demolição
		Valorização de resíduos	Construção Manutenção Demolição
RÚIDO EXTERIOR (3%)		Fontes de ruído para o exterior	Projecto
POLUIÇÃO ILUMINO-TÉRMICA (1%)		Efeitos térmicos (ilha de calor) e luminosos	Projecto
CONFORTO AMBIENTAL 15%	QUALIDADE DO AR (5%)	Níveis de qualidade do ar	Projecto
	CONFORTO TÉRMICO (5%)	Conforto térmico	Projecto
	ILUMINAÇÃO E ACÚSTICA (5%)	Níveis de iluminação	Operação
		Níveis sonoros	Operação
VIVÊNCIAS SOCIO-ECONÓMICAS 19%	ACESSO PARA TODOS (5%)	Acesso aos transportes públicos	Operação
		Mobilidade de baixo impacte	Projecto
		Soluções inclusivas	Projecto
		Flexibilidade - Adaptabilidade aos usos	Projecto
	DIVERSIDADE ECONÓMICA (4%)	Dinâmica económica	Operação
		Trabalho Local	Operação
	AMENIDADES E INTERACÇÃO SOCIAL (4%)	Amenidades locais	Operação
		Interacção com a comunidade	Operação
	PARTICIPAÇÃO E CONTROLO (4%)	Capacidade de controlo	Operação
		Governância e participação	Operação
		Controlo dos riscos naturais	Operação
	CUSTOS NO CICLO DE VIDA (2%)	Controlo das ameaças humanas	Operação
Baixos Custos no ciclo de vida		Condições de utilização ambiental	Todas
		Sistema de gestão ambiental	Operação
GESTÃO AMBIENTAL E INOVAÇÃO 8%	GESTÃO AMBIENTAL (6%)	Sistema de gestão ambiental	Operação
		INOVAÇÃO (2%)	Inovações

Este sistema avalia empreendimentos (edifícios e espaço da intervenção) residenciais, turísticos, comerciais, de serviços, ou outros, em qualquer fase do seu ciclo de vida. Pode avaliar desde a zona (multi-edifícios) até ao fogo [29].

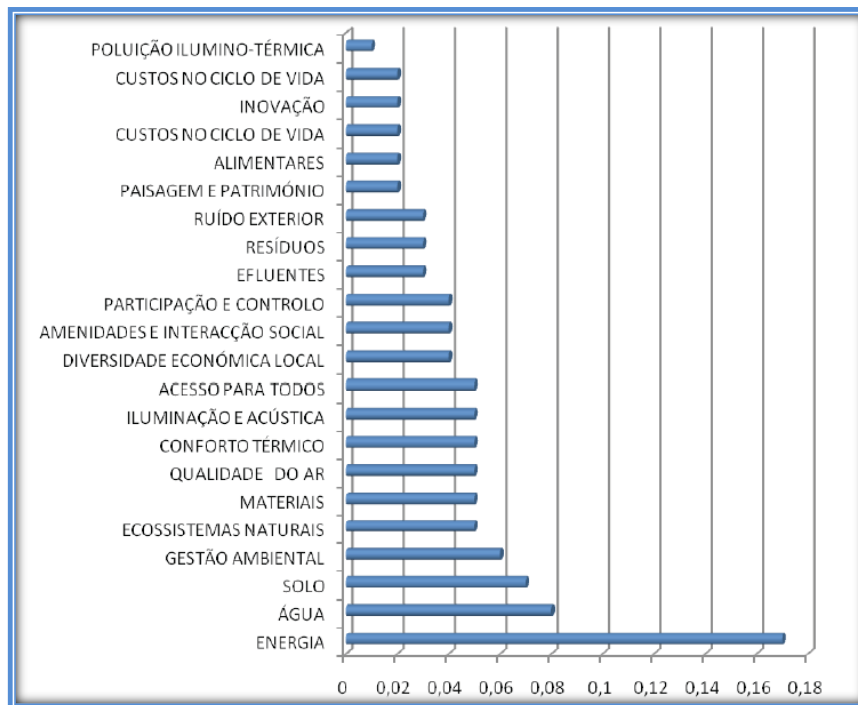


Fig.3.17. - Ponderação (em %) para as 22 áreas do Sistema LiderA (V2.01) [30].

Segundo a ponderação da figura anterior, para cada um dos 22 critérios, o de maior importância é a energia (peso 17%), seguida da água (8%) e do solo (7%). No geral, dentro de cada área os critérios dispõem de idêntica importância pelo que o seu agrupamento possibilita a classificação. A classificação final reunida é obtida através da ponderação das 22 áreas [30].

A maioria das ferramentas de avaliação de empreendimentos possui um carácter de uso para um espaço geográfico limitado, dado que diferentes realidades ambientais de cada país e prioridades assumidas tornam a prática da tentativa da homogeneização de métodos pouco comparável, pois sistemas de avaliação homogeneizados poderão invariavelmente conduzir a uma perda de sensibilidade apesar das vantagens na partilha de conhecimentos [30].

3.3.2 SISTEMA LEED

O LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) foi desenvolvido nos Estados Unidos, pelo US Green Building Council, USGBC. O US Concílio Construção Verde apresenta como objectivo o incentivo aos edifícios que são ambientalmente conscientes e lucrativos, assim como sítios saudáveis para viver e trabalhar. O LEED é baseado num programa voluntário, que ambiciona a avaliação do desempenho ambiental de um edifício como um todo, considerando o ciclo de vida do mesmo. Este sistema é constituído por um guia e uma lista de verificação de projecto, representada por seis áreas gerais [2, 31].

As seis áreas gerais apresentadas são as seguintes: Locais sustentáveis; Uso eficiente dos recursos hídricos; Energia e atmosfera; Materiais e recursos; Qualidade do ar interior; Inovação e processos de projecto [32].

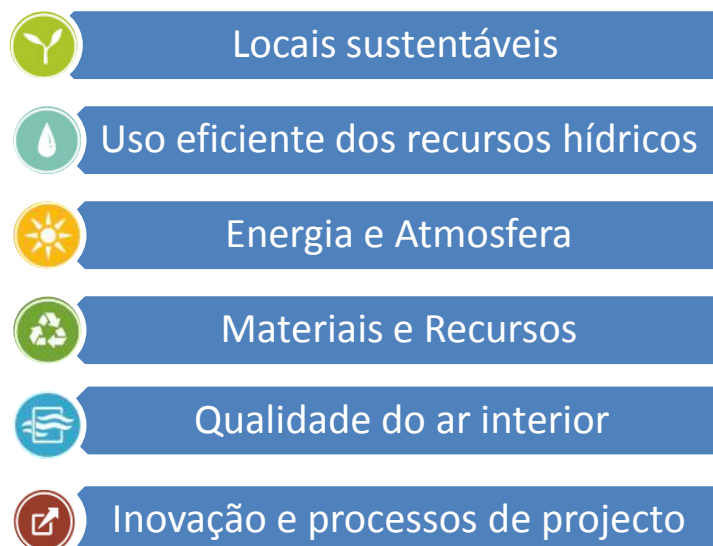


Fig.3.18. - Áreas gerais apresentadas pelo LEED.

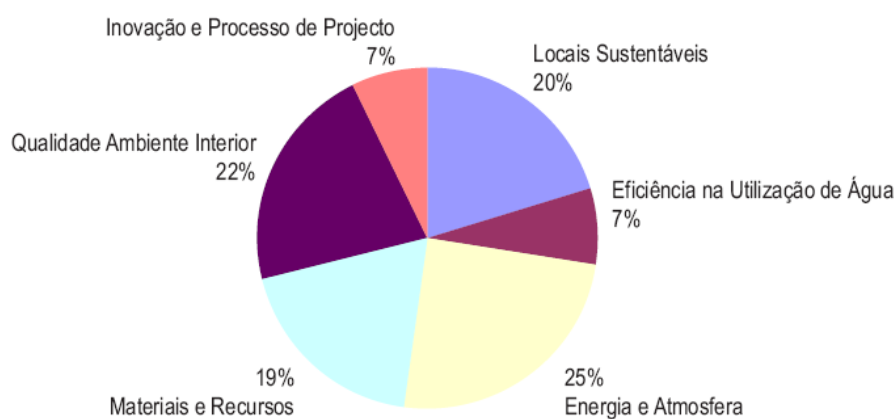


Fig.3.19. – Ponderação das áreas gerais apresentadas pelo LEED [2].

Cada uma das áreas gerais encontra-se decomposta em áreas específicas e, em alguns casos, em pré-requisitos. Cada uma das áreas específicas é contabilizada com um ou dois pontos, sendo os pré-requisitos de cumprimento obrigatório. A contabilização dos pontos é feita através da soma simples dos critérios cumpridos. O total de pontos atingidos leva à atribuição de diferentes tipos de certificação [2, 31].

O edifício é então avaliado numa escala de [31]:

- Certificado (Certified) – Mínimo aceitável, 26 a 32 pontos;
- "Prata" (Silver) – 33 a 38 pontos;
- "Ouro" (Gold) – 39 a 51 pontos;
- "Platina" (Platinum) – 52 a 69 pontos.



Fig.3.20. – Diferentes tipos de certificação do LEED [31].

Destinadas a diferentes utilizações existem as seguintes versões do LEED [2, 31, 33]:

- LEED-NC (New Construction and Major Renovations) para novas construções comerciais e projectos de renovação de grande dimensão;
- LEED-EB (Existing Buildings and Operations & Maintenance), fornece um ponto de referência para proprietários e operadores a medir operações, melhorias e manutenção de edifícios existentes;
- LEED-CI (Commercial Interiors), para espaços comerciais interiores;
- LEED-CS (Core and Shell), que abrange a construção de elementos dos edifícios, como a estrutura, o envelope e os sistemas dos edifícios, como o AVAC central.
- LEED-H (Homes), promove o design e construção de habitações de alto desempenho ambiental;
- LEED-ND (Neighborhood Development), integra os princípios do conceito de smart growth (crescimento inteligente), urbanismo e construção 'verde'.

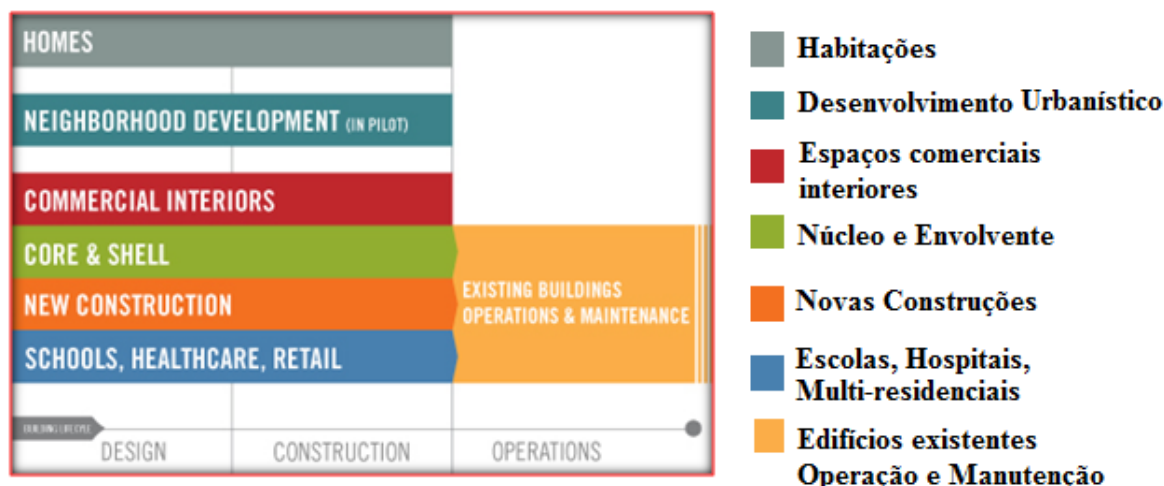


Fig.3.21. – Diferentes versões do LEED, aplicáveis nas fases de projecto, construção e operação do empreendimento [33].

Actualmente, também é possível encontrar versões LEED para escolas, unidades de saúde, edifícios multi-residenciais, unidades de transformação e outros tipos de edifícios. Das versões existentes, pela sua importância é de destacar o sistema para as novas construções, ou seja, o LEED-NC. O sistema LEED é o sistema mais divulgado e utilizado nos Estados Unidos da América [2, 31].

Este sistema LEED inspirou o desenvolvimento de vários outros, como por exemplo o Sistema Nacional de Avaliação da Austrália do Ambiente Construído ou NABERS, do inglês National Australian Built Environment Rating System, um sistema de classificação de edifícios que pondera diversos parâmetros de qualidade ambiental. Este considera os impactos ambientais provocados, pela construção e operação do ambiente construído, principalmente na produção de resíduos e no consumo de recursos e energia [2, 31].

Relativamente a este sistema evidenciam-se dois aspectos: a concepção do sistema de salvaguardar o ambiente, envolvendo a energia, e o conceito de definição de pré-requisitos obrigatórios, que podem cooperar para certificar que os níveis mínimos de desempenho ambiental sejam cumpridos, e fomentar uma adopção da legislação mais eficaz, embora seja um facto que todos os sistemas referenciados obrigam o cumprimento da legislação [2, 31].

Entre os pré-requisitos estabelecidos é de salientar [2]:

- o controlo da erosão,
- a presença de um local para recolha e armazenamento de materiais recicláveis,
- instruções para o funcionamento dos sistemas energéticos,
- níveis mínimos de qualidade do ar,
- controlo do fumo do tabaco.

No LEED o desempenho energético é relacionado com as melhorias das normas energéticas, que são específicas dos Estados Unidos da América, sendo essencial o seu ajustamento e adaptação à realidade nacional, verificando-se o mesmo para o conforto térmico. Os testes realizados para a verificação da aplicabilidade nacional do sistema LEED, evidenciam que para ser aplicável à realidade nacional são necessárias alterações pontuais, quer nos critérios, quer nas ponderações das categorias, devendo estas

ser sujeitas a ajustamentos, especialmente no que diz respeito à falta de uma maior importância às questões da água e atenuando levemente a ponderação actual no que se refere à qualidade do ar interior [2].

3.3.3. Sistema BREEAM

O BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) define o padrão de “bio-edifício” da mais alta qualidade e tornou-se um dos critérios de avaliação mais usados para representar o desempenho ambiental de um edifício, tendo vindo a ser criadas diferentes versões aplicáveis a usos que vão desde a habitação até aos escritórios [31, 35].

Foi desenvolvido no Reino Unido no início dos anos 90 pelo BRE - Building Research Establishment como o primeiro método de análise para edifícios de escritórios [31, 34].



Fig.3.22. – Logótipo de BREEAM [36].

No Sistema BREEAM, a avaliação trabalha à base da atribuição de créditos ao edifício, sempre que se cumpram determinados requisitos, organizados em categorias. A cada categoria está relacionado um peso específico, consoante a importância determinada pelo sistema para a tipologia de edifício em causa. O conjunto de créditos e pesos de categorias possibilita, assim, a obtenção de um índice de desempenho ambiental do edifício [2, 31].

Este sistema tem como objectivos principais a criação de critérios e padrões que vão além do imposto na legislação, a estimulação à utilização das melhores práticas ambientais em todas as fases dos edifícios e a distinção de edifícios com reduzido impacte ambiental no mercado [9].

A abordagem genérica do BREEAM assenta numa avaliação inicial, num dimensionamento, inventário e compra de materiais, na gestão e operação e no controlo de qualidade [2].

É possível avaliar o desempenho ambiental, nomeadamente, de [2, 31]:

- Habitações (EcoHomes),
- Edifícios para escritórios (Offices),
- Unidades industriais (BREEAM Industrial),
- Edifícios comerciais (BREEAM Retail),
- Escolas e Faculdades (BREEAM Education schools and further education colleges),
- Hospitais (BREEAM Healthcare hospital and other healthcare buildings),
- Prisões (BREEAM Prisons),
- Edifícios com diversos tipos de ocupação, como residências de estudantes, etc.(BREEAM Multi-Residential),
- Tribunais (BREEAM Courts),
- Outras tipologias (BREEAM Bespoke).

No caso dos edifícios destinados à habitação, o sistema existente designa-se por EcoHomes. Aplica-se a habitações e prédios de apartamentos, quer novos, quer renovados. As categorias consideradas são as

seguintes: Energia, Transporte, Poluição, Materiais e Resíduos, Água, Uso do Solo e Ecologia, Saúde e Bem-estar [31].

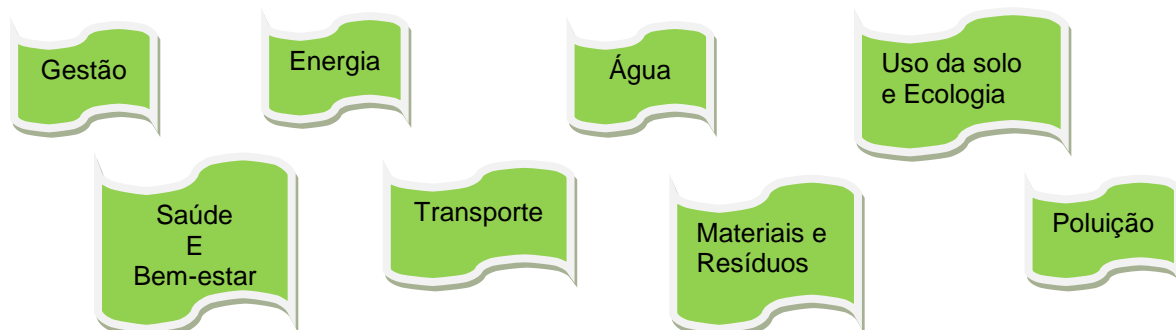


Fig.3.23. – Categorias consideradas pelo BREEAM.

Cada uma destas categorias está dividida em subcategorias, às quais são atribuídos créditos variáveis e onde são definidos requisitos que o edifício deverá cumprir, para obter créditos. A classificação atribuída a um edifício é contabilizada pela soma de todos os créditos conseguidos nas diversas categorias. Por exemplo, no uso habitacional (EcoHomes) o valor máximo é de 192 créditos. Um conjunto de ponderação ambiental é, então, aplicada a cada categoria, antes do cálculo final do total [2, 9].

O edifício é, então, avaliado em [9, 34]:

- Certificado (Pass), se atinge 36 % dos critérios;
- Bom (Good), se atinge 48 % dos critérios;
- Muito Bom (Very Good), se atinge 60 % dos critérios;
- Excelente (Excellent), se atinge 70 % dos critérios.

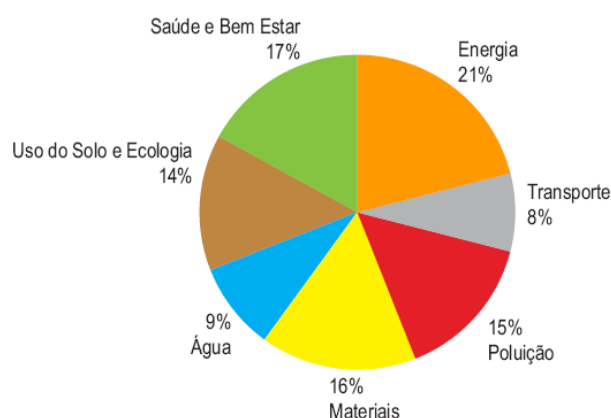


Fig.3.24. - Ponderação das Categorias no EcoHomes [2].

O sistema estabelece para o EcoHomes sete categorias, divididas em subcategorias, às quais são atribuídos os créditos, Quadros 3.2 e 3.3 [2].

Quadro 3.2. – Categorias e subcategorias do EcoHomes.

Energia (40 créditos)	
Dióxido de carbono	20 créditos
Isolamento do edifício	10 créditos
Espaço de secar roupa	2 créditos
Bens de elevada eficiência energética	4 créditos
Iluminação externa	4 créditos
Transporte (16 créditos)	
Transportes públicos	4 créditos
Armazenamento para bicicletas	4 créditos
Amenidades Locais	6 créditos
Escritório em casa	2 créditos
Poluição (28 créditos)	
Emissões de HCFC	8 créditos
Emissões de NO _x	12 créditos
Redução do escoamento superficial	8 créditos
Materiais (31 créditos)	
Madeira: Elementos da Estrutura	6 créditos
Madeira: Acabamentos	3 créditos
Instalações de Reciclagem	6 créditos
Impacte Ambiental dos Materiais	16 créditos
Água (18 créditos)	
Uso Interno de Água	15 créditos
Uso Externo de Água	3 créditos

Quadro 3.3. – Categorias e subcategorias do EcoHomes.

Uso do Solo e Ecologia (27 créditos)	
Valor Ecológico do Local	3 créditos
Valorização Ecológica	3 créditos
Protecção das Características Ecológicas	3 créditos
Alteração do Valor Ecológico do Local	12 créditos
Pegada do Edifício	6 créditos
Saúde e Bem-estar (32 créditos)	
Iluminação (Luz do Dia)	12 créditos
Isolamento sonoro	16 créditos
Espaço Privado	4 créditos

Em Portugal, o BREEAM, quer a nível do EcoHomes, quer do Office, revelou uma boa possibilidade de aplicação, na maioria dos critérios, embora deva estar associada a uma necessidade de ajustamento, nomeadamente nos valores de desempenho. Algumas mediadas valiosas seriam, entre outras: na água aplicar mais exigências; reduzir a elevada importância dada à madeira; adaptar à realidade nacional as formas de cálculo do balanço energético, especificações quanto à valorização energética e obtenção das emissões do CO₂; ajustar as condições de isolamento acústico e da iluminação à realidade nacional [2].

3.3.4 Sistema HQE

HQE (Haute Qualité Environnementale) é uma abordagem global para melhorar a qualidade ambiental. É uma certificação filial do Centro Científico e Técnico de Construção ou CSTB, do francês Centre Scientifique et Technique du Bâtiment. É aplicável a todos os tipos de edifícios novos e existentes nos segmentos residencial, terciário e industrial, bem como estradas e rodovias [16].

A definição formal de qualidade ambiental, conforme a associação HQE, está relacionada com a qualidade ambiental do edifício e dos seus equipamentos e os restantes conjuntos de operação, de construção ou adaptação, que lhe conferem aptidão para responder aos impactos ambientais sobre o ambiente exterior e a criação de ambientes interiores confortáveis e saudáveis [2].

Os seus princípios visam [2]:

- Atenuar os impactos dos edifícios sobre o ambiente exterior, ao nível global, regional e local;
- Gerar um ambiente interior confortável e saudável para os utentes.

Para definir a certificação do HQE para o sector terciário, a Associação Francesa de Normalização ou AFNOR (Association Française de Normalisation) e o CSTB, com o apoio da Agência governamental do Meio Ambiente e da Gestão de Energia ou ADEME, do francês Agence gouvernementale De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, decidiram optar por uma abordagem prática. O foco da certificação é inicialmente centralizado nos escritórios e nas instituições de ensino. Primitivamente, a certificação é apenas aplicável a edifícios comerciais novos e envolvem quatro tipos de uso: escritórios, hotéis, estabelecimentos de ensino e comércio (lojas isoladas, supermercados e centros comerciais). Os empreendimentos que abrangem obras de reabilitação, que em França são mais de

55% do mercado do sector, serão cobertos posteriormente, a partir de uma nova certificação. Uma certificação equivalente tem sido desenvolvida pelo Organismo Qualitel, para o caso de edificações habitacionais. Esta certificação considera dois referenciais, tais como [2, 31]:

- O do Sistema de Gestão do Empreendimento (SMO - *Système de Management d'Opération*);
- O da Qualidade Ambiental do Edifício (QEB – *Qualité Environnementale du Bâtiment*).

Estes referenciais ligam-se, o primeiro pode ser considerado como sendo universal, no entanto o segundo é moldado às construções francesas e à legislação local. O SMO apoia o empreendedor na gestão do desenvolvimento do empreendimento, garantindo que a qualidade ambiental, definida pela referência de QEB, seja conseguida [31].

A definição do perfil ambiental caracteriza-se por considerar [2]:

- As vantagens e desvantagens relativamente ao ambiente do local onde o empreendimento será construído;
- As exigências legais e regulamentares pertinentes;
- As necessidades e expectativas das partes interessadas;
- Os objectivos ambientais do empreendedor.

HQE é um sistema nacional de certificação para edifícios residenciais e não residenciais. O sistema identifica 14 questões ambientais e abrange dois aspectos: qualidade ambiental do edifício e gestão ambiental de todo o projecto. Estas duas questões têm sido traduzidas em quadros de referência, com critérios de desempenho no primeiro e de gestão de requisitos no segundo. Este conceito "dois-em-um" é talvez o aspecto mais original do HQE. As 14 questões ambientais dividem-se em quatro áreas de intervenção, as primeiras estão relacionadas com o ambiente exterior e as duas últimas com o interior. As quatro áreas são: eco-construção, eco-gestão, conforto e saúde [2, 31].

A equipa intervirá ao longo do empreendimento, mais especificamente no final das fases referentes ao Programa, Projecto e à Execução. O certificado será atribuído à fase correspondente e estará subordinado à obtenção de um desempenho mínimo nas 14 categorias de preocupações ambientais, sanitárias e de conforto de QEB, definidas pela Associação HQE e adoptadas pela certificação. São as seguintes as categorias de preocupações ambientais [2, 31]:

Como se verificar na figura 3.25 a eco-construção tem em conta: a relação do edifício com a sua envolvente, a escolha integrada dos produtos, sistemas e processos construtivos; estaleiro de obras com baixo impacto ambiental. Por outro lado, a eco-gestão visa a gestão da energia, da água, dos resíduos e da manutenção. Relativamente às áreas relacionadas com o ambiente interior, conforto e saúde, a primeira refere-se ao conforto higrotérmico, acústico, visual e olfactivo. A segunda, ou seja, a área saúde refere-se à qualidade sanitária dos ambientes, do ar interior e água [2, 31].

O sentido adoptado para o conceito de "qualidade ambiental" é fundamental. A primeira forma de qualidade, isto é, a qualidade ambiental relaciona-se com o edifício (abrangendo a construção e o seu uso e operação) e as duas últimas (qualidade sanitária e de conforto) com os seus utilizadores. A equipa de auditoria não avalia a qualidade ambiental do empreendimento, pois essa responsabilidade cabe ao empreendedor. Ela garante, apenas, que os objectivos da QEB designados são coerentes e pertinentes ao âmbito do empreendimento. A equipa de auditoria tem, também, a responsabilidade de que estes objectivos são atingidos aquando da entrega da obra e que todos os agentes compreendidos no empreendimento se encontram organizados de forma a demonstrar os resultados alcançados [2].



Fig.3.25. – Divisão de catorze questões ambientais em quatro áreas de intervenção.

CERQUAL é uma subsidiária da Associação QUALITEL um órgão independente especializado em o sector imobiliário [31].

- Existem três níveis de desempenho que são [31]:

- Basic level (Básico), correspondente à regulamentação em vigor ou prática normal;
- Good level (Bom);
- Very Good level (Muito Bom).

A certificação será consentida mediante a realização de um “mínimo perfil ambiental”, sendo este constituído por uma classificação de "Muito Bom" de pelo menos três questões, "Bom" para pelo menos quatro questões e "Básico" não por mais de sete anos. Para as classificações "Bom" e "Muito Bom", um “princípio de equivalência” é permitido, ou seja, o requerente pode sugerir uma abordagem de avaliação alternativa à descrita no quadro de referência do HQE [31].



Fig.3.26. – Perfil ambiental segundo as 14 questões ambientais consideradas pelo HQE [31].



Fig.3.27. – Certificado do HQE [31].

Como se verifica na figura 3.27, o CSTB correspondeu os desempenhos normalizados ou regulamentares ou correspondentes às práticas usuais, à Base; como sendo Performant os desempenhos superiores às práticas usuais; como Tres Performant aos desempenhos máximos ultimamente verificados em empreendimentos já efectuados em França, considerados pelos agentes do sector como exemplos de práticas eficazes de qualidade ambiental, e que sejam reproduzíveis noutros empreendimentos [2].

Respeitar o nível Base é relativamente fácil de ser obter e avaliar, o mesmo não se verifica para os restantes níveis. No entanto, nesses restantes níveis, devido à diversidade de soluções técnicas que podem responder às exigências expostas no referencial de QEB e de forma a não impedir o aparecimento de novas soluções, que podem ser mais inovadoras, o empreendedor pode utilizar o "princípio da equivalência" já referido anteriormente. A partir de justificativas nitidamente expostas, o empreendedor pode utilizar um método alternativo de avaliação, baseado em critérios e indicadores diferentes dos fixados pelo referencial, sem nunca esquecer que este deve atender à preocupação ambiental de origem [2, 31].

Através do CSTB, para o sector terciário por outro lado, o QUALITEL executou uma certificação para as habitações colectivas e individuais (Habitat & Environnement) que pressupõe uma certificação de abordagem HQE. No caso da habitação, o CERQUAL, filial da associação QUALITEL, considera 7 temas ambientais que agrupam mais de vinte domínios técnicos. Para obter a certificação "Habitat & Environnement", deve pelo menos satisfazer 6 dos 7 temas, devendo 3 ser obrigatoriamente considerados (Gestão das Operações, redução da energia e efeito de estufa, acções verdes) [2].

Para os temas não considerados o promotor deve respeitar disposições mínimas. Os temas e domínios são os apresentados na figura 3.28. [2, 37].

Os temas ambientais que agrupam domínios técnicos, considerados pelo CERQUAL, no caso da habitação, são: acções verdes (informação dos habitats e dos gestores); fileira da construção (escolha dos materiais, rotulagem ambiental dos materiais, utilização de materiais renováveis e durabilidade do

envelope do edifício); água (qualidade dos equipamentos individuais e colectivos e 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 tripartida dos resíduos); gestão ambiental das operações (Conjunto de elementos que permitem definir o perfil ambiental adaptado às especificidades do local, organizar as operações para atender aos níveis de desempenho dos temas técnicos que compõem o perfil a atingir e ajustamento dos processos em fase de programação e projecto); energia – redução do efeito de estufa (desempenho energético e 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 e balanço do estaleiro) [2, 37].



Fig.3.28. - Temas ambientais que agrupam domínios técnicos, considerados pelo CERQUAL, no caso da habitação.

Em edifícios nacionais, quer de habitação, quer de escritórios, as verificações efectuadas ao HQE demonstram que este sistema é, sem dúvida, atraente em vários aspectos. No entanto, é fulcral a realização de ajustamentos significativos à realidade nacional, uma vez que, estes podem ser de alguma dimensão dada a diversidade de critérios abrangidos [2].



Fig.3.29. – Temas de intervenção considerados pelo CERQUAL [37].

Comparativamente com os sistemas LEED e BREEAM, um maior interesse deste sistema encontra-se, quiçá, na perspectiva dos múltiplos referenciais, possibilitando assim contribuir para um maior apoio ao desenvolvimento do empreendimento e para a adopção das medidas ambientais.

3.4. REGULAMENTAÇÃO

3.4.1 NORMA ISO 26000

A norma ISO 26000 será uma norma guia sobre Responsabilidade Social. Promove o respeito e a responsabilidade, baseando-se em documentos de referência sem sufocar a criatividade e o desenvolvimento. A necessidade de as organizações em ambos os sectores públicos e privados de se comportarem de forma socialmente responsável está a tornar-se uma exigência generalizada da sociedade [27].



Fig.3.30. – Aspectos de Responsabilidade Social.

Relativamente aos Direitos Humanos pode-se destacar [27]:

- Direitos humanos em situações de risco,
- Evitar cumplicidade,
- Direitos económicos, sociais e culturais,
- Direitos fundamentais no trabalho,
- Direitos civis e políticos,
- Discriminação e grupos vulneráveis.

Nas Práticas Laborais pretende-se explorar temas como [27]:

- Emprego e relações de trabalho,
- Condições de trabalho e protecção social,
- O diálogo social,
- Segurança e saúde no trabalho,
- O desenvolvimento humano e formação no local de trabalho.

Por outro lado, o aspecto Ambiente visa [27]:

- A prevenção da poluição,
- A utilização sustentável dos recursos,
- A mitigação e adaptação,
- A protecção e recuperação do ambiente natural.

Práticas operacionais justas, tais como [27]:

- Anti-corrupção,
- Participação política responsável,
- A concorrência leal,
- Promover a responsabilidade social na esfera de influência,
- O respeito aos direitos de propriedade.

As Questões do Consumidor estão relacionadas com [27]:

- Práticas justas de marketing, informação e contratuais,
- Proteger a saúde dos consumidores e da segurança,
- Consumo Sustentável,
- Serviço ao consumidor, suporte e de resolução de litígios,
- Protecção de dados e da privacidade do consumidor,
- Acesso aos serviços essenciais,
- Educação e conscientização.

Por último, a Participação comunitária e Desenvolvimento da sociedade que visa [27]:

- O envolvimento da comunidade,
- Educação e cultura,
- A criação de emprego e o desenvolvimento de competências,
- O desenvolvimento tecnológico,
- Riqueza e renda,
- Saúde,
- O investimento social.

3.4.2 NORMA EN 14040:2008

A norma EN 14040:2008 apresenta a descrição geral da avaliação do ciclo de vida (ACV).

O ACV aborda os aspectos ambientais e os potenciais impactes no ambiente ao longo do ciclo de vida do produto, desde a extracção e obtenção de matérias-primas, passando pela produção e fabrico de materiais e energia, até à utilização, tratamento de fim de vida e destino final. Através desta perspectiva, podem ser identificados e possivelmente evitados impactes ambientais. Aspectos económicos e sociais estão, tipicamente, fora do âmbito da ACV [38].

Os estudos do ACV compreendem quatro fases. Estas são [38]:

- Definição do objectivo e âmbito,
- Inventário,
- Avaliação de impacte,
- Interpretação.

A fase do inventário do ciclo de vida (ICV) constitui a segunda fase da ACV. É um inventário dos dados de entrada/saída relativos ao sistema em estudo. Envolve a recolha dos dados necessários para atingir os objectivos definidos [38].

A fase de avaliação de impacte do ciclo de vida (AICV) é a terceira fase e tem como finalidade fornecer dados adicionais que auxiliem a avaliação dos resultados obtidos na fase do inventário. A interpretação do ciclo de vida é a fase final do procedimento da ACV, na qual os resultados de um ICV ou de uma AICV, ou ambos, são discutidos como base para conclusões e tomada de decisões de acordo com a primeira fase do ACV, ou seja, de acordo com a definição do objectivo e do âmbito [38].

Os estudos do ICV compreendem três fases [38]:

- Definição do objectivo e âmbito,
- Inventário,
- Interpretação.

As aplicações directas dos resultados dos estudos de ACV ou ICV, estão descritos na figura 3.31 [38].

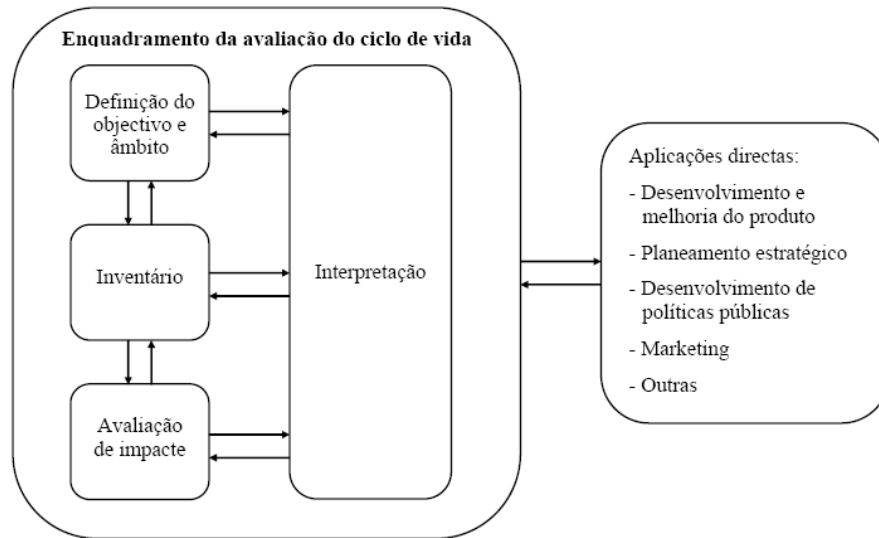


Fig.3.31. – Fases de uma ACV [38].

A ACV modela o ciclo de vida de um produto como o seu sistema de produto, que desempenha uma ou mais funções definidas. A função de um sistema de produto não pode ser definida apenas em termos de produtos finais. Os sistemas de produto são subdivididos num conjunto de processos unitários que estão interligados por fluxos de produtos intermédios e/ou resíduos para tratamento, a outros sistemas de produto por fluxos de produto, e ao ambiente por fluxos elementares [38].

Os fluxos elementares incluem o uso de recursos e as emissões e descargas para o ar, água e solo associadas ao sistema. Na fase seguinte são feitas as interpretações, estes dados são os resultados do ICV e constituem a entrada para a AICV [38].

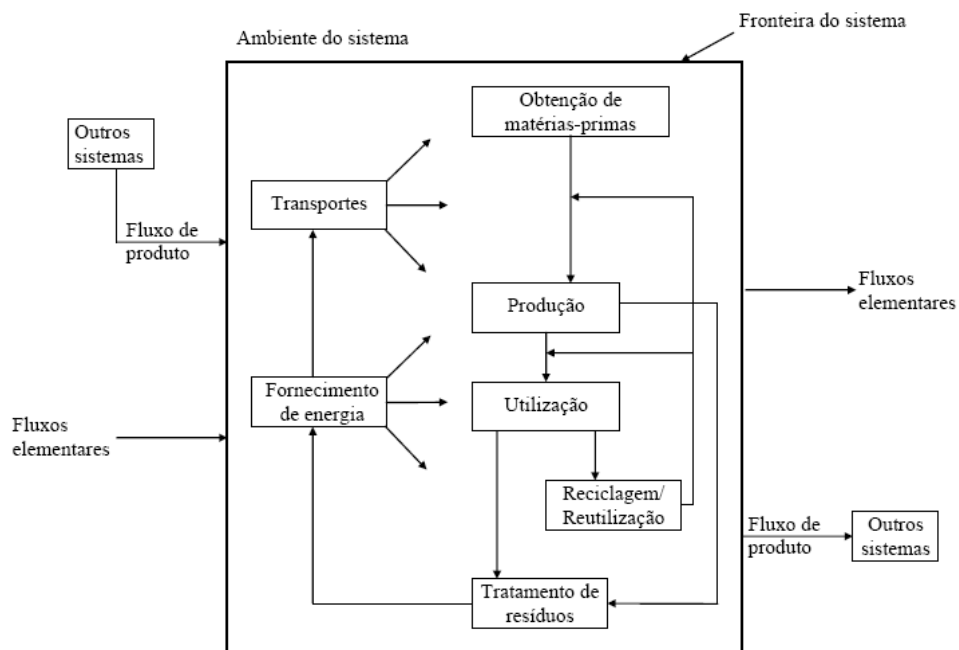


Fig.3.32. – Exemplo de um sistema de produto para a ACV [38].

Quando se realiza uma ACV, devem ser aplicados os requisitos da ISO 14044.

A comparabilidade dos resultados da ACV é particularmente crítica quando se avaliam sistemas diferentes, para garantir que tais comparações são efectuadas com uma base comum. Relativamente ao ICV, este envolve procedimentos de recolha de dados e de cálculo para a quantificação das entradas e saídas relevantes de um sistema de produto. O seu processo é iterativo. Os dados podem ser classificados segundo categorias, incluindo [38]:

- Entradas de energia, entradas de matérias primas, entradas auxiliares, outras entradas físicas,
- Produtos, co-produtos e resíduos,
- Emissões para o ar, descargas para a água e para o solo,
- Outros aspectos ambientais.

A fase de avaliação de impacte da ACV apresenta como objectivo avaliar a significância dos impactes ambientais potenciais, utilizando os resultados do ICV. Isto requer a associação dos dados do inventário a categorias específicas de impacte ambiental e a indicadores de categoria. A fase de AICV fornece, ainda, informação para a interpretação do ciclo de vida. Os elementos da fase de AICV estão ilustrados na figura seguinte [38].

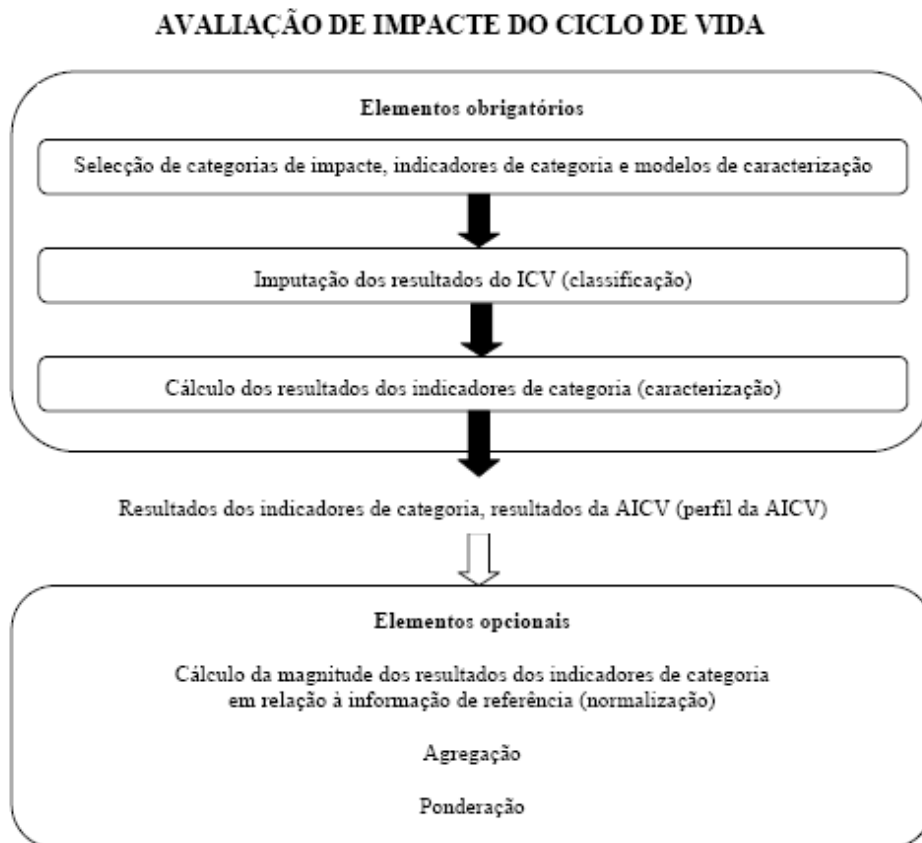


Fig.3.33. – Elementos da fase AICV [38].

A fase AICV nem sempre pode demonstrar diferenças significativas entre as categorias de impacte e os resultados dos indicadores relacionados de sistemas de produto alternativos, devido a limitações da fase de ICV e da recolha de dados de inventário adequados. A interpretação é a fase da ACV na qual os resultados do inventário e da avaliação de impacte são considerados em conjunto [38].

3.4.3. NORMA ISO 14041:1998 (E)

Esta norma trata de duas fases da ACV, objectivo e definição do âmbito e ICV, como definido na norma ISO 14040.

Conforme a norma ISO 14041 (1998), os passos operacionais para a elaboração do ICV são representados nas seguintes etapas: definição de objectivo e âmbito, preparação para a colecta de dados, colecta de dados, validação dos dados, dados relacionados à unidade de processo, dados relacionados à unidade funcional, agregação de dados e refinamento dos limites do sistema [39].

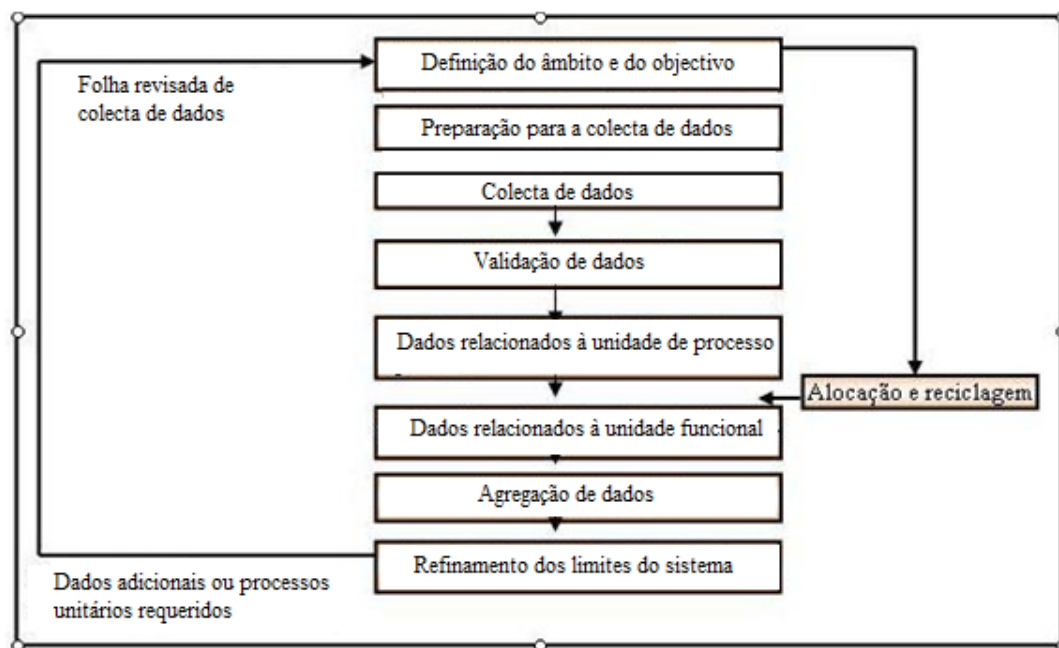


Fig.3.34. – Procedimentos simplificados do ICV [39].

3.4.4. NORMA ISO 14043:2000 (E)

A norma ISO 14043 (2000) descreve a fase final da avaliação do ciclo de vida (ACV), onde resulta a análise do inventário do ciclo de vida (ICV) e a análise da avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV) ou de ambos. A norma referida apresenta a relação dos elementos dentro da fase de interpretação com as outras fases da ACV. Na figura seguinte são destacadas três fases como: a identificação das questões significativas (1); a avaliação por verificação de plenitude, de sensibilidade e de consistência (2); aplicações directas no desenvolvimento do produto, no planeamento estratégico, na política publicitária e no marketing (3). A partir das fases (1) e (2) são retiradas conclusões e feitas recomendações. Todos os elementos da fase de interpretação estão relacionados com outras fases da ACV tais como: a definição do objectivo e âmbito, a análise do inventário e a avaliação do impacto [40].

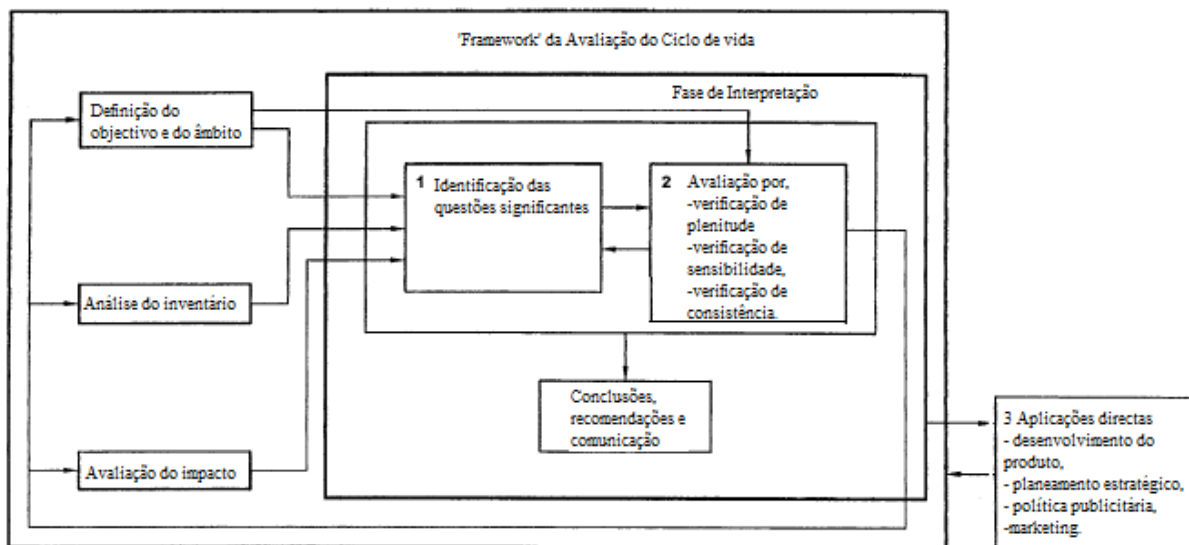


Fig.3.35. – Relação dos elementos dentro da fase de interpretação com as outras fases da ACV [40].

3.4.5. NORMA CEN/TC 350/WG1 N 033

O objectivo desta norma é fornecer regras de cálculo aplicáveis na avaliação do desempenho ambiental dos edifícios novos e existentes. Este documento é parte de um conjunto de normas europeias, especificações técnicas e relatórios escritos pelo CEN TC 350 que auxilia a avaliação da contribuição dos edifícios para o desenvolvimento sustentável. Nessas normas, a metodologia de avaliação baseia-se numa abordagem de ciclo de vida para a avaliação quantitativa do desempenho ambiental do edifício [41].

Destina-se a ter aplicação nas seguintes áreas [41]:

- Avaliar as opções de design e as especificações para os novos edifícios e projectos de remodelação;
- Avaliar "edifícios", com base em factos e dados;
- Comunicar o resultado da avaliação.

Este documento estabelece requisitos e define as informações necessárias, a fim de ser capaz de reunir os dados necessários a partir de produtos, sistemas e serviços. Fornece um conjunto comum de indicadores quantitativos relacionados com os impactos ambientais e aspectos do ciclo de vida do edifício e define, também, métodos de cálculo para o conjunto de indicadores. A avaliação do impacto ambiental da construção exclui obras de construção fora do local e a construção das diferentes redes de comunicação, de energia, de transporte fora do local [41].

A massa e os fluxos de energia são representados pelas entradas de recursos (energia, água, materiais), e saídas (emissões para o ar, água e terra) que entram e saem do sistema físico, durante o período de avaliação. Os produtos auxiliares podem considerar-se a produção de energia ou de materiais reciclados ou reutilizados. A figura seguinte ilustra os diferentes fluxos [41].

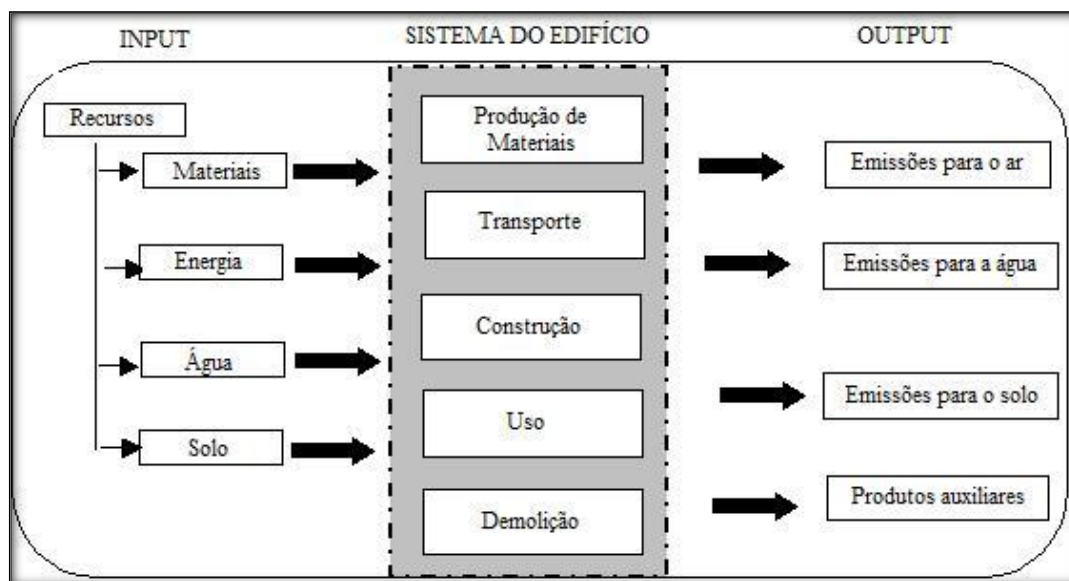


Fig.3.36. – Sistema do edifício [41].

Este documento prevê também uma análise do inventário que tem como objectivo fornecer as quantidades correctas de massa e os fluxos de recursos. As informações de produtos, componentes e sistemas permitem completar dados para a manutenção, reparo e substituição. A utilização da Declaração Ambiental de Produtos é uma fonte básica para completar a informação necessária para a recolha de informação, em todo o ciclo de vida do edifício [41].

A descrição do ciclo de vida dos edifícios é a presente no quadro seguinte.

Quadro 3.4 – Fases do ciclo de vida [41].

Antes do Uso	Uso	Fim de vida do Edifício
Recurso a matérias-primas	Uso dos produtos instalados	Demolição
Transporte	Manutenção e limpeza	Destruição
Fabrico	Sustituição	Produção de Resíduos
Transporte para o local de construção	Remodelação	Transporte
Construção	Operação de fluxos de energia	
- produtos	Operação de fluxos de água	
- processo	Outros tipos de operação	
- uso energia e fluxos de água		
- fluxos de resíduos		
Fim da instalação		

Os Impactos ambientais relacionados aos produtos da construção civil incluem todos os sistemas activos montados e componentes que protegem o ambiente, como o aquecimento, a refrigeração, a iluminação (interna e externa), o abastecimento de água e os elevadores [41].

4

COMPARABILIDADE E ABORDAGEM SUSTENTÁVEL ÀS FASES DO CICLO DE VIDA DAS CONSTRUÇÕES

4.1. COMPARABILIDADE DOS DIVERSOS MÉTODOS

No capítulo anterior foi possível verificar que grande parte dos sistemas de avaliação da sustentabilidade de edifícios está direccionada para um espaço geográfico limitado, uma vez que cada país vive distintas realidades ambientais. As prioridades definidas por cada um dos sistemas analisados tornam difícil a tentativa de homogeneização dos diferentes métodos. Apesar das vantagens na partilha de conhecimentos, os sistemas de avaliação, quando homogeneizados, poderão sistematicamente levar a uma perda de sensibilidade. É de salientar, então, a importância do conhecimento desses sistemas para descrever correctamente quais as características que na prática podem ser utilizadas para cada caso e em cada realidade nacional [1].

A concepção, construção e utilização sustentável de edifícios baseiam-se na procura do melhor compromisso entre os factores ambientais (associados ao impacto ambiental como uso de matérias-primas naturais, consumo de energia, libertação de emissões prejudiciais ao ambiente), os factores sociais (relacionados com o conforto dos utentes como acessibilidade, vida útil, ambiente interno, uso sem barreiras) e os factores económicos (associados aos custos de ciclo de vida) [1, 13].

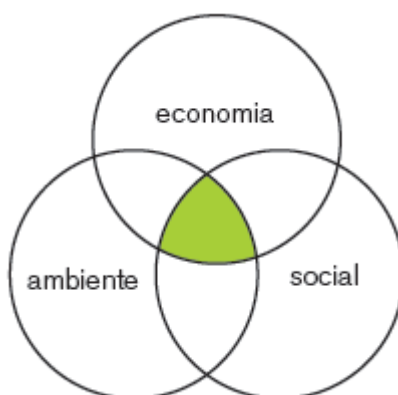


Fig.4.1. – ‘Sintonia’ entre os Factores de Sustentabilidade na construção [30].

A avaliação da sustentabilidade feita pelas ferramentas LiderA, BREEAM, LEED e HQE assenta numa lista que agrupa distintos pré-requisitos e pontuações ponderadas conforme o desempenho. Para adquirir o reconhecimento da sustentabilidade é indispensável o cumprimento de todos os pré-requisitos.

Apresenta-se nos Quadros 4.1, 4.2 e 4.3, uma comparação dos diversos indicadores de sustentabilidade segundo as diferentes vertentes, nomeadamente a ambiental, a social e a económica. Sempre que cada indicador é comum a pelo menos 3 dos sistemas de avaliação da sustentabilidade estudados este apresenta-se destacado a cor diferente.

Quadro 4.1 – Comparação dos diferentes métodos, segundo a vertente relacionada com o Ambiente.

Vertente	Tema	Subtema	LiderA	BREEAM	HQE	LEED
AMBIENTE	Prevenção de resíduos	Gestão de resíduos	✓	✓	✓	✓
	Consumo de Água	Eficiência na utilização de Água	✓	✓	✓	✓
	Uso do Solo	Reutilização de locais previamente desenvolvidos	✓	✓	✓	✓
		Contaminação dos solos e reutilização.	✓	✓	✓	—
		Pegada do Edifício	✓	✓	✓	✓
	Gestão do Ambiente	Políticas Ambientais	✓	✓	✓	—
		Minimização dos riscos climáticos regionais	✓	✓	✓	✓
	Clima e Risco Geológico	Minimização de riscos específicos de geofísica regional (sismos por exemplo)	✓	—	✓	—
		Caudal das emissões atmosféricas	✓	✓	✓	—
	Energia	Optimização do consumo de energia	✓	✓	✓	✓
		Uso de energias renováveis	✓	✓	✓	✓
	Materiais	Uso de materiais de baixo impacte ambiental	✓	✓	✓	✓
	Estaleiro	Estaleiro de obras com baixo impacto ambiental	—	—	✓	—

Quadro 4.2 – Comparação dos diferentes métodos, segundo a vertente Social.

Vertente	Tema	Subtema	LiderA	BREAM	HQE	LEED
SOCIAL	Conforto	Iluminação e conforto visual	✓	✓	✓	✓
		Conforto térmico	✓	✓	✓	✓
		Conforto acústico	✓	✓	✓	—
		Condições de Ventilação	✓	✓	✓	✓
		Satisfação dos ocupantes	✓	✓	✓	✓
	Saúde	Espaço ao ar livre	—	✓	✓	—
		Qualidade do ar interior	✓	✓	✓	✓
		Qualidade da água potável	—	—	✓	—
	Acessibilidades	Acessibilidade aos transportes públicos e serviços	✓	✓	✓	✓
		Percurso pedonal seguro e adequado	✓	✓	✓	—
		Ciclo vias seguras e adequadas	✓	✓	✓	✓
		Facilitar/Incentivar a utilização de meios alternativos de transporte	✓	✓	✓	✓
	Responsabilidade Social	Interacção Social	✓	—	✓	—

Quadro 4.3 – Comparação dos diferentes métodos, segundo a vertente Económica.

Vertente	Tema	Subtema	LiderA	BREAM	HQE	LEED
ECONOMIA	Manutenção	Facilidade de Manutenção	✓	—	—	✓
	Flexibilidade	Adaptabilidade ao uso	✓	—	✓	—
	Durabilidade	Durabilidade do edifício	✓	—	✓	—
	Custo Ciclo de Vida	Estratégia para baixar o custo ciclo de vida	✓	✓	✓	—

A avaliação da sustentabilidade depende, fundamentalmente [13]:

- da importância relativa que se confere a cada uma das questões do desenvolvimento sustentável;
- da lista de parâmetros e indicadores ponderados na avaliação;
- do tipo de utilização do edifício;
- de factores socioculturais, económicos, e dos problemas ambientais particulares de uma determinada região.

Dos quadros anteriores é possível verificar que os sistemas LiderA e HQE são os mais completos e que abrangem a maioria dos indicadores de sustentabilidade analisados.

É de salientar que o ideal seria procurar encontrar uma certa conformidade entre os diversos métodos, para garantir uma maior confiança aos diversos intervenientes e consumidores finais no sector da construção. Ainda melhor seria a tentativa de, por exemplo, criar um método na União Europeia que fosse aplicável a todos os países que a integram. Seria interessante também que esse sistema apresentasse os indicadores comuns obtidos nos quadros anteriores. No entanto, estes deveriam ser devidamente ponderados, uma vez que para cada um dos sistemas de avaliação apresentam uma ponderação diferente. Para além deste obstáculo, existem diferentes legislações em cada país que se traduzem em soluções construtivas diferentes em cada país.

4.2. ABORDAGEM SUSTENTÁVEL ÀS FASES DO CICLO DE VIDA DAS CONSTRUÇÕES

No âmbito dos edifícios, o seu ciclo de vida descreve o horizonte temporal entre a sua construção e demolição [14].

Uma análise integrada do ciclo de vida do edificado, em particular dos edifícios, que possuem uma importância peculiar no impacte ambiental, assume uma importância considerável, tanto pela sua complexidade, como pela predominância dos mesmos na civilização [1].



Fig.4.2. – Ciclo de Vida dos Edifícios [29].

Relativamente à escala de custos ao longo do ciclo de vida dos edifícios, é possível verificar que os custos mais elevados são os de Utilização, Manutenção e Reabilitação (cerca de 55 a 70%), seguem-se os custos de construção com cerca de 30 a 40% do custo global, tendo os custos de Promoção, Concepção e Gestão da Construção um peso muito menor (cerca de 2 a 5%) [44], figura 4.3.

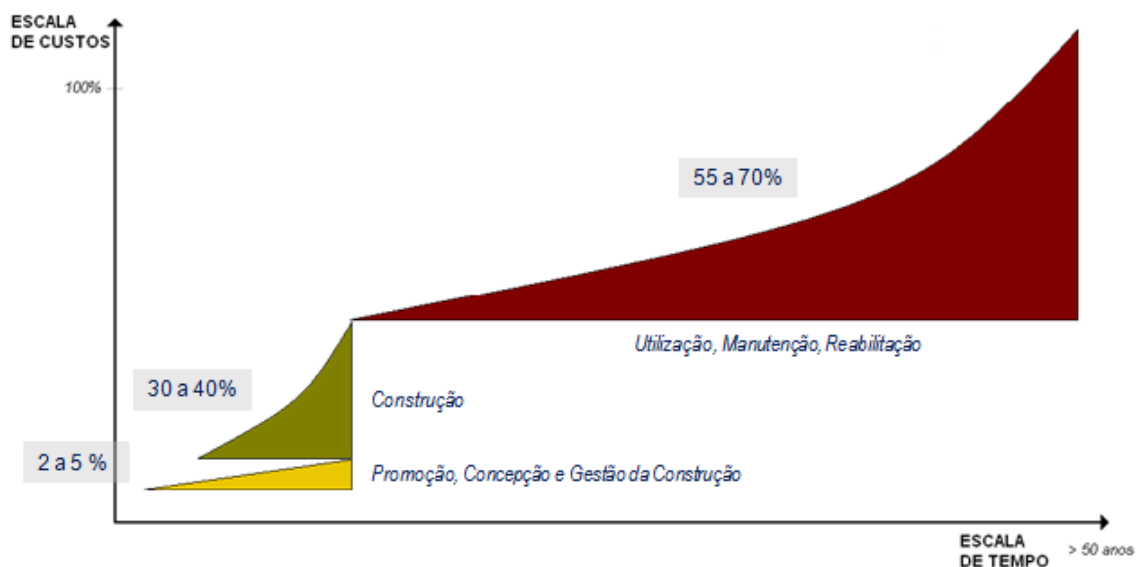


Fig.4.3. – Custos ao longo do ciclo de vida dos edifícios [43].

Todas estas fases de ciclo de vida dos edifícios encontram-se relacionadas entre si, ou seja, para que seja atingida uma situação ideal de sustentabilidade é necessário que todas essas fases adoptem medidas para uma construção sustentável. Por exemplo, uma boa gestão de resíduos provenientes de uma demolição e seguinte reciclagem pode dar origem ao Betão reciclado que servirá com certeza para uma nova construção, figura 4.4 [43].

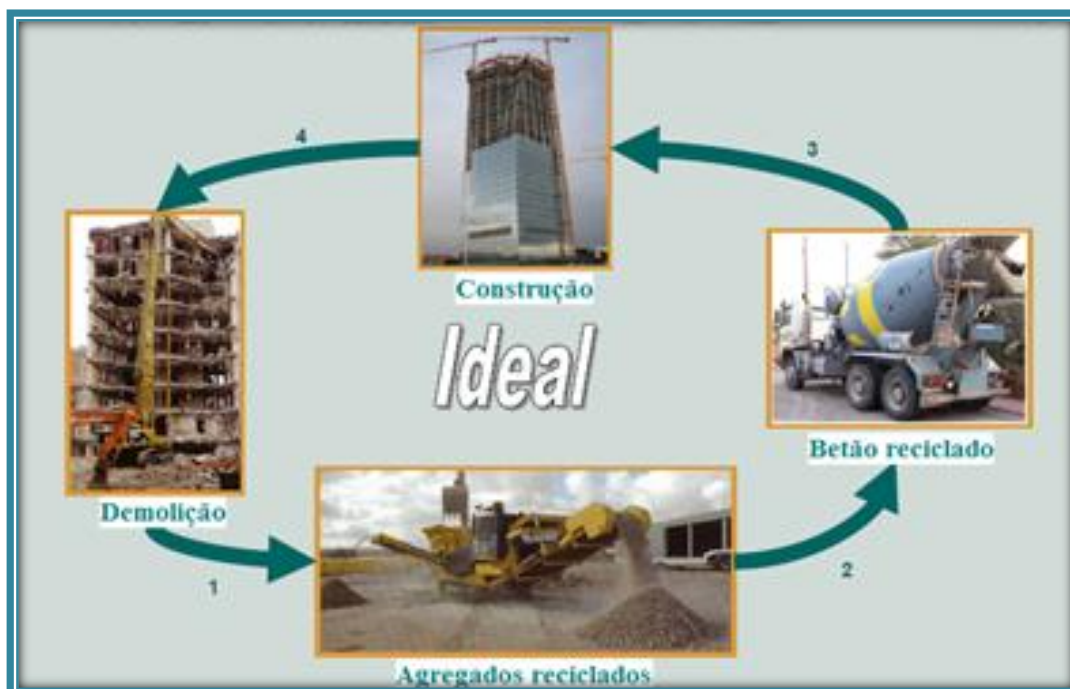


Fig.4.4. – Situação Ideal para uma construção sustentável na perspectiva dos resíduos [43].

4.2.1 FASE DE PROJECTO

Na fase de projecto o dono de obra expõe as suas necessidades e vontades. É definido, então, um Programa Preliminar com as condicionantes do local e da obra (geográficas, climatéricas, económicas, etc.). Nesta fase são definidas, também, as necessidades de funcionamento, o equipamento necessário, os condicionamentos ambientais, acústicos e térmicos, limites de custo e viabilidade financeira.

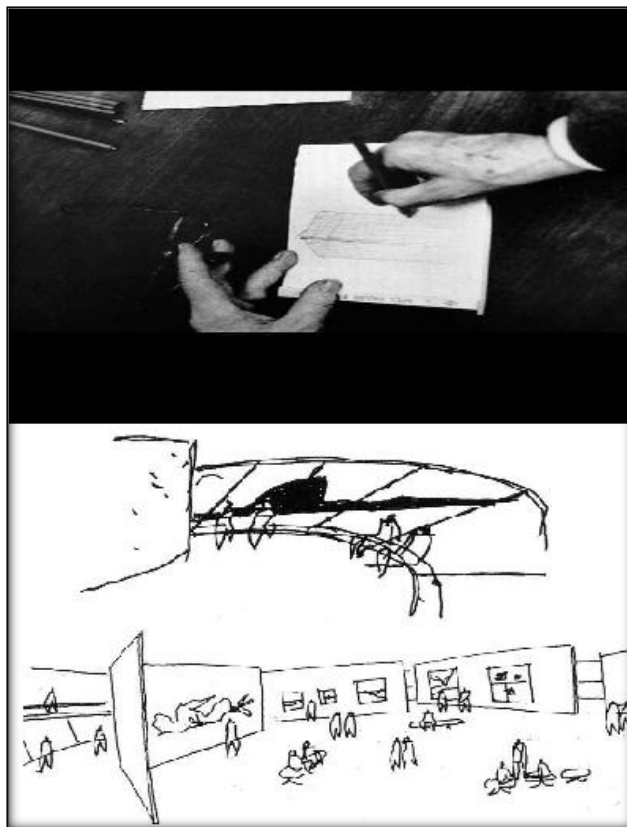


Fig.4.5. – Fase de projecto.

A fase de planeamento e concepção baseia-se no levantamento das condições que possibilitam a execução do projecto, até à sua elaboração. Relativamente ao planeamento e localização, são previstos os efeitos no local, isto é, o impacte que resulta do traçado, da localização, da ocupação do solo, dos materiais a utilizar, entre outros. Esta fase é, talvez, a mais importante, na medida em que as opções de projecto reflectem-se nas outras fases do ciclo de vida da construção, designadamente por decisões quanto ao local, à concepção, aos fornecedores, aos materiais a utilizar, às necessidades energéticas e de água e outras [2].

Nesta fase, um exemplo de uma preocupação sustentável é projectar para a durabilidade. Durabilidade não é uma característica inerente aos materiais, pois está dependente da forma como os materiais são associados e das condições ambientais ao longo da vida de serviço dos mesmos. Um exemplo de durabilidade é o Panteão de Roma (construído em 27 a.C., destruído em 80 d.C. e reconstruído em 609) com cúpula construída em betão leve pozolânico. É fundamental relacionar directamente a durabilidade com a vida útil, a manutenção, e o custo total da estrutura [44], figuras 4.6 e 4.7.



Fig.4.6. – Cúpula em betão leve pozolânico do Panteão de Roma [Foto da Autora].

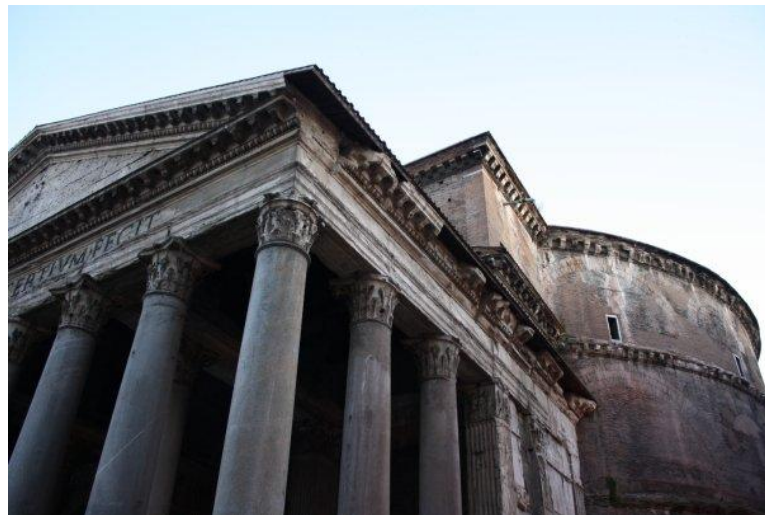


Fig.4.7. – Panteão de Roma [Foto da Autora].

Em suma, esta fase é de extrema importância, uma vez que esta está associada à tomada de decisões, que podem levar a uma concepção com a preocupação de reduzir os impactos da construção e da operação, quer a nível dos materiais, quer a nível energético. É a fase decisiva para possíveis impactos futuros [2].

4.2.2 FASE DE CONSTRUÇÃO

Na fase de construção inserem-se todas as acções desde o concurso, início da construção, conclusão e recepção da obra por parte do dono de obra. A esta fase está associada a intervenção no local, com alteração do uso do solo, consumo de matérias-primas, energia e água e alterações nos ambientes natural e/ou construído. As actividades desta fase requerem energia e, conseqüentemente, produzem emissões, aumentam o tráfego devido ao transporte dos materiais de construção. O aumento do consumo de combustível e das emissões atmosféricas criam também problemas de poluição acústica e vibrações [2].

Para a realização das construções é necessário extrair e consumir matérias-primas, o que causa impactes. Os materiais não aproveitados nas novas construções originam a produção de resíduos, que podem ser aproveitados, reutilizados, valorizados ou enviados para aterro [2].



Fig.4.8. – Reciclagem, recolha, transporte, e valorização de Resíduos [53].

Descargas e contaminação dos solos são causadas pela presença em obra de materiais combustíveis. Relativamente ao consumo da água, as actividades construtivas produzem efluentes que, se não forem adequadamente tratados podem ter efeitos ambientais prejudiciais no meio hídrico. Em ambientes naturais, a construção pode interferir na fauna e na flora e alterações na dinâmica dos ecossistemas. A fase de construção é, nitidamente, a que arrasta impactes mais evidentes nos sistemas ambientais, em termos de ocupação de solo e alteração dos ecossistemas e paisagem [2].

4.2.3 FASE DE OPERAÇÃO

A fase de operação alonga-se desde a recepção da obra por parte do proprietário, até ao final da utilização do empreendimento. Operações de manutenção e renovações pontuais estão, também, incluídas. Os impactes relevantes associados ao empreendimento, decorrentes nesta fase, são: o consumo de energia, de água e de materiais e a produção de resíduos, de efluentes e de emissões atmosféricas [2].

Na operação e manutenção são produzidos resíduos, devido a materiais não aproveitados. O uso de materiais com substâncias perigosas como amianto (presente por exemplo no pavimento da Faculdade de Economia da Universidade do Porto), radioactividade natural ou ainda condições de humidade, temperatura ou ventilação inadequada podem levar a problemas de saúde para os utilizadores. Assim, o ambiente interior, nomeadamente o conforto e a saúde e segurança dos utilizadores é também um aspecto relevante a reflectir quando se fala no conceito de impacte ambiental. O aumento das necessidades de transporte, a alteração do tráfego local, a pressão sobre os serviços urbanos e a geração de emprego e riqueza são também alguns dos efeitos provocados pela utilização do empreendimento. Relativamente à água, os valores de consumo nas habitações, em média, são entre

160 e 200 litros “per capita” por dia. Grande parte da água consumida, ou seja, mais de 80%, é depois descarregada sob a forma de efluentes líquidos, que obrigam a recorrer a um tratamento adequado, necessitando de ETAR’s e consumindo, assim, energia e reagentes [2].

Embora os efeitos da fase em questão sejam discretos, graduais e diferidos ao longo do tempo (geralmente várias dezenas de anos), acabam por consumir recursos, gerar emissões, alterar os sistemas ambientais naturais e construídos, de forma mais significativa do que a fase de construção [2].

4.2.4 FASE DE DEMOLIÇÃO

A fase de demolição apresenta a mesma tipologia de efeitos anteriormente descritos para a construção, sendo de evidenciar a produção de resíduos que está ligada à eliminação. Os demais impactes são, usualmente, mais reduzidos no que se refere ao consumo de materiais. No entanto, a esta fase estão associados impactes importantes ao nível da energia, das emissões (designadamente, de ruído e vibrações) [2].

Por fim, a figura 4.7 explicita de forma clara as principais questões integradas em cada uma das fases do ciclo de vida dos edifícios. Cabe aos diversos intervenientes da construção zelar pelo cumprimento destes objectivos durante a totalidade do ciclo de vida das construções.

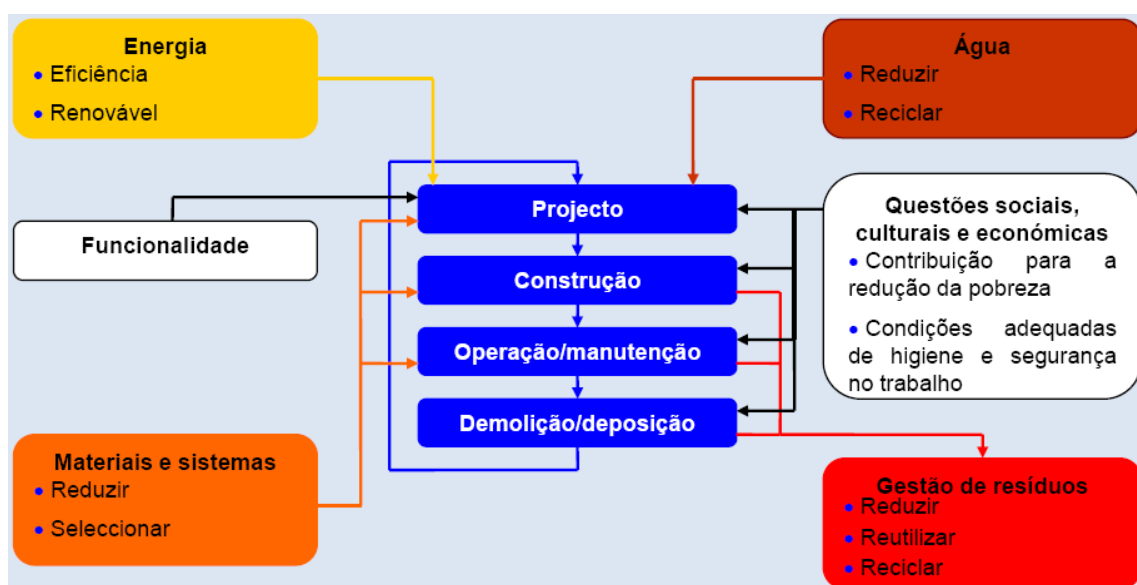





Fig.4.9. – Principais questões dentro do ciclo de vida dos edifícios. [13]

4.3. INTEGRAÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE SELECIONADOS ANTERIORMENTE NAS FASES DO CICLO DE VIDA DOS EDIFÍCIOS

Depois de seleccionados integraram-se os indicadores de sustentabilidade comuns dos diversos sistemas de avaliação estudados nas fases do ciclo de vida dos edifícios, Quadro 4.4. As cores do quadro 4.4, representam a importância de cada um dos indicadores em cada uma das fases.

Quadro 4.4 – Integração dos indicadores de sustentabilidade nas fases do Ciclo de Vida dos Edifícios.

	Fases do Ciclo de Vida dos Edifícios			
	Projecto	Construção	Operação/Manutenção	Demolição
Gestão de resíduos	Importância reduzida	Importância média	Importância elevada	Importância elevada
Eficiência na utilização de Água	Importância elevada	Importância média	Importância elevada	Importância reduzida
Reutilização de locais previamente desenvolvidos	Importância elevada	Importância média	Importância reduzida	Importância reduzida
Contaminação dos solos e reutilização.	Importância média	Importância média	Importância elevada	Importância reduzida
“Pegada” do Edifício	Importância elevada	Importância média	Importância elevada	Importância reduzida
Políticas Ambientais	Importância média	Importância média	Importância elevada	Importância reduzida
Minimização dos riscos climáticos regionais	Importância média	Importância média	Importância elevada	Importância reduzida
Caudal das emissões atmosféricas	Importância média	Importância média	Importância elevada	Importância reduzida
Optimização do consumo de energia	Importância elevada	Importância média	Importância elevada	Importância média
Uso de energias renováveis	Importância elevada	Importância média	Importância elevada	Importância reduzida
Uso de materiais de baixo impacte ambiental	Importância elevada	Importância média	Importância elevada	Importância média
Iluminação e conforto visual	Importância elevada	Importância média	Importância elevada	Importância reduzida
Conforto térmico	Importância elevada	Importância média	Importância elevada	Importância reduzida
Conforto acústico	Importância elevada	Importância média	Importância elevada	Importância reduzida
Condições de Ventilação	Importância elevada	Importância média	Importância elevada	Importância reduzida
Satisfação dos ocupantes	Importância elevada	Importância elevada	Importância elevada	Importância reduzida
Qualidade do ar interior	Importância média	Importância média	Importância elevada	Importância reduzida
Acessibilidade aos transportes públicos e serviços	Importância média	Importância média	Importância elevada	Importância elevada
Percurso pedonal seguro e adequado	Importância média	Importância média	Importância elevada	Importância reduzida
Ciclo vias seguras e adequadas	Importância média	Importância média	Importância elevada	Importância reduzida
Facilitar/Incentivar a utilização de meios alternativos de transporte	Importância média	Importância média	Importância elevada	Importância reduzida
Estratégia para baixar o custo ciclo de vida	Importância elevada	Importância elevada	Importância elevada	Importância elevada

 Importância reduzida
 Importância média
 Importância elevada

Este quadro funciona como uma matriz de correlação em que as cores representam a intensidade crescente da importância que cada um destes indicadores representa em cada fase do ciclo de vida do edifício. A atribuição desta importância é baseada no que foi referido anteriormente relativamente às fases de projecto, de construção, de operação/manutenção e, por fim, de demolição.

Analisando o quadro 4.4. é possível concluir que a fase de operação/manutenção é a que apresenta uma maior importância para os indicadores estudados, uma vez que esta apresenta uma maior duração comparativamente às outras fases.

É de salientar que a vertente económica é de extrema importância em todas as fases do ciclo de vida do edifício.

4.4. ANÁLISE DESCRITIVA DE SUSTENTABILIDADE DA ESCOLA SECUNDÁRIA DE VILA VERDE

4.4.1 LOCALIZAÇÃO

Este equipamento educativo apresenta uma área de implantação actual de 4.767 m² e área de implantação de projecto de 7.415 m². A área total a construir corresponde a 9.450 m² e a reconstruir/reabilitar de 6.050 m². O terreno da Escola em causa tem 27.992 m² e está localizado no concelho de Vila Verde na Região Norte do distrito de Braga. A área total do terreno é limitada a nascente pela Rua Prof. Dr. José Bacelar de Oliveira, a sul pela Rua Eng. Adelino Amaro da Costa e por diversas parcelas privadas, a poente por edifícios de habitação multifamiliar que o separam e protegem da N101 e a norte confronta com os logradouros de diversas construções com frentes para a Rua Luís Vaz de Camões.



Fig.4.10. – Localização da escola.



Fig.4.11. – Edifício com salas de aulas.



Fig.4.12. – Acesso à escola, portaria e parque exterior.



Fig.4.13. - Salão de jogos a recuperar.

4.4.2 DESCRIÇÃO GERAL DO PROGRAMA

Este projecto tem como objectivos a reconstrução, ampliação e alteração das instalações da Escola Secundária de Vila Verde, conforme as plantas nas figuras 4.14, 4.15 e 4.16.



Fig.4.14. – Planta da construção existente.

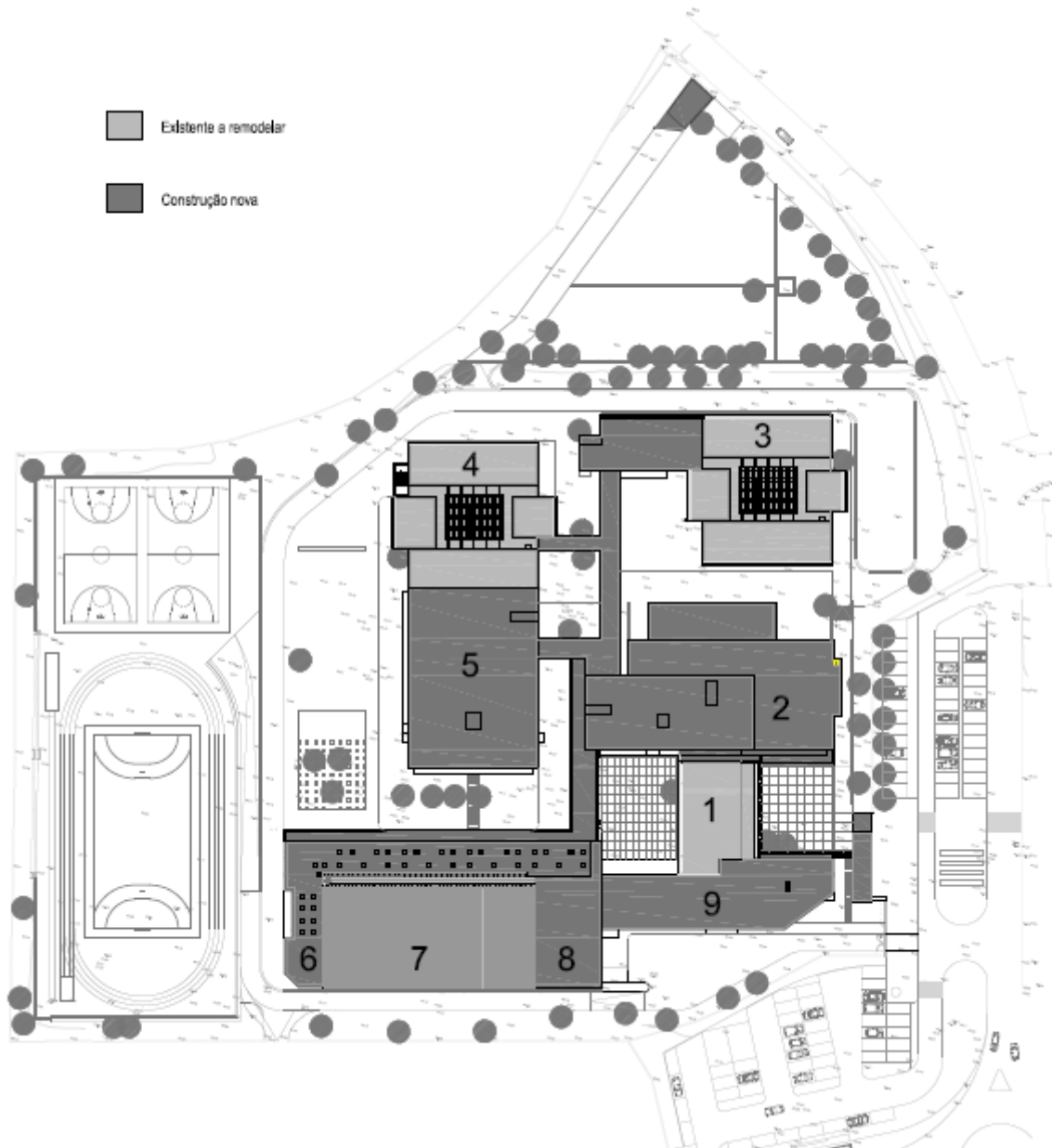


Fig.4.15. – Planta com a construção nova e a existente a remodelar.

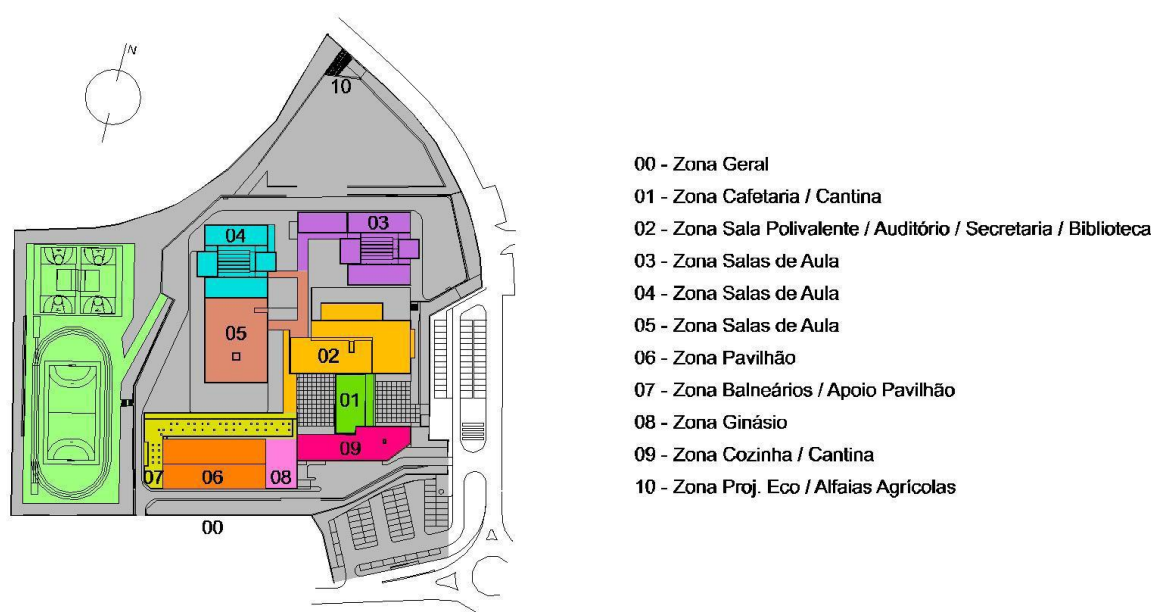


Fig.4.16. – Planta Geral do projecto.

Actualmente a escola é frequentada por 1200 alunos, prevendo-se com o presente projecto o aumento do número de alunos para 1500.

A zona 1 é constituída pela cantina e comunica directamente com as zonas 2 e 9. A zona 2 compreende essencialmente a sala polivalente, o auditório, a secretaria e a biblioteca. Na zona 9 encontram-se a cozinha e respectivos apoios (zonas de confecção e lavagem, preparação de alimentos, recolha de lixos e armazenagem e arrecadação), cafetaria, sala da associação de estudantes, instalações sanitárias e balneários de funcionários.

As zonas 3,4 e 5 correspondem aos blocos de salas de aula.

À zona 6 pertence o pavilhão, e encontra-se associada à zona 7, constituída pelos balneários/vestiários, posto médico, sala de professores e sala de aulas teóricas e à zona 8 o ginásio, a oficina de manutenção, a área técnica e o arquivo geral, estando todos, à excepção do primeiro, localizados no único piso enterrado do complexo escolar.

A zona 10 corresponde à zona do projecto Eco e encontra-se associado às alfaias agrícolas.

A envolvente dos vários blocos é constituída por dois campos polidesportivos localizados a poente e por vários espaços ajardinados e arborizados, terraços e zonas de circulação pavimentadas. A entrada principal da Escola localiza-se a nascente, onde se encontra a Portaria. No exterior da Escola, próximo da entrada principal existirão dois parques de estacionamento que embora pertencentes ao domínio público serão inseridos no âmbito do presente estudo.

As instalações actuais encontram-se num estado de conservação relativamente bom, à excepção do corpo de aulas e dos balneários da zona desportiva, que não se adaptam minimamente às novas exigências de conforto e de disponibilidade de serviços requeridos actualmente para um bom funcionamento do caso em estudo. Assim, pretende-se realizar um conjunto de intervenções a nível nacional definidas no Programa de Modernização das Escolas destinadas ao Ensino Secundário (PMEES).

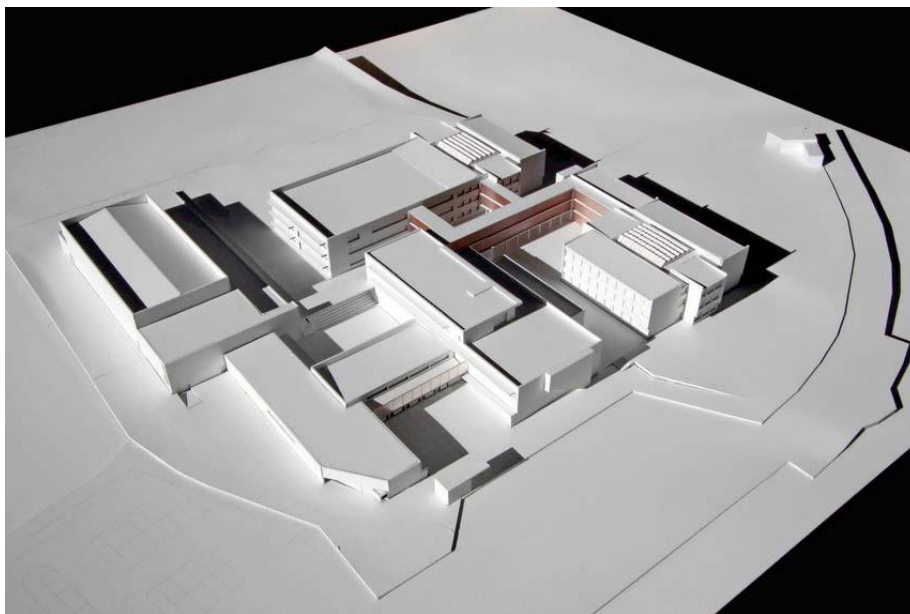


Fig.4.17. – Maquete do projecto em estudo.

O intuito do projecto e as mudanças fundamentais que se ambicionam executar às actuais instalações são as seguintes:

- demolição do corpo de aulas D (figura 4.14), juntamente com os sectores do edifício polivalente que actualmente albergam a cantina e espaços anexos e o sector da secretaria e da direcção da Escola, possibilitando a reorganização de todo o espaço da Escola e dos seus acessos;
- construção de um novo edifício para albergar todo o sector da cozinha, refeitório, cafetaria e apoios, bem como compartimentos para pausa de funcionários e associação de alunos;
- os corpos existentes a manter, (C e B na figura 4.14) actualmente ocupados com salas de aulas, laboratórios, biblioteca, salas de apoio pedagógico, sala de professores e sala polivalente (auditório) serão integralmente ocupados por salas de aulas e espaços complementares;
- na ligação coberta entre estes vários espaços de aulas e os corpos 1 e 2, e articulado nas extremidades por caixas de escadas encerradas, constrói-se um coberto em laje de betão assente em estrutura de pilares de betão aparente, que nos pisos 2 e 3 é parcialmente encerrado por perfilados de vidro que embora protejam as pessoas que ali circulam do contacto directo com o exterior, mantêm uma constante iluminação e ventilação natural;
- na área desportiva decidiu-se recuperar o pavilhão gimnodesportivo existente, sendo o espaço adequado e a alteração dos pavimentos e reformulação das coberturas suficiente para garantir boas condições na utilização deste equipamento, embora a construção de novos balneários seja inevitável devido às péssimas condições dos existentes;
- o ginásio / sala polivalente a construir sobre a área técnica, no prolongamento do corpo do pavilhão, será devidamente climatizado, isolado e dotado de bancadas telescópicas com cerca de 150 lugares sentados o que possibilitará a realização de assembleias ou espectáculos para além das actividades desportivas do dia-a-dia;

- relativamente às condições de acesso, são garantidas a todos os espaços constituintes das diversas funções da escola, com o desenho dos percursos de ligação aos mesmos e a colocação de um único elevador, a acessibilidade a todos os núcleos de pessoas com mobilidade condicionada;
- foi ainda redesenhado todo o espaço exterior de forma a criar pequenos espaços de estar que complementem o pátio central e separando de forma clara os percursos e acessos automóveis dos reservados a pessoas.

Como já foi referido anteriormente, as actividades humanas requerem uma intervenção física nos locais, com reflexos sobre os materiais, energia, água e solo. Neste contexto, é necessário tomar medidas de mitigação de impactes ambientais causados durante a respectiva construção e utilização dos edifícios. No caso em estudo, interessa avaliar, principalmente, estas medidas durante a fase de construção, embora a fase de operação esteja intrínseca na maioria dos indicadores de sustentabilidade analisados. No âmbito do que foi referido, procede-se à selecção de alguns aspectos, segundo duas vertentes, figura 4.18.



Fig.4.18. – Vertentes de sustentabilidade a analisar.

No que se refere à vertente da construção é interessante, então, comentar alguns pontos-chave do edifício que possam conduzir para uma construção mais sustentável.

As condições de conforto proporcionadas aos utilizadores dependem de uma série de factores que incluem as características de construção e dos sistemas de aquecimento e arrefecimento. Assim, é essencial proceder a uma avaliação correcta destas características para avaliar as linhas de acção que podem conduzir a uma melhoria significativa do ambiente interior da escola.

Relativamente à forma do edifício pode-se afirmar que, por exemplo, o corpo 2 e 5 são mais eficientes no ponto de vista energético, pois apresentam um maior número de pisos. Isto deve-se ao facto de quanto maior for a superfície que envolve o volume aquecido, maior será a transferência de calor.

Por outro lado, a localização do edifício é muito importante no que respeita às necessidades térmicas do espaço interior, figura 4.19.

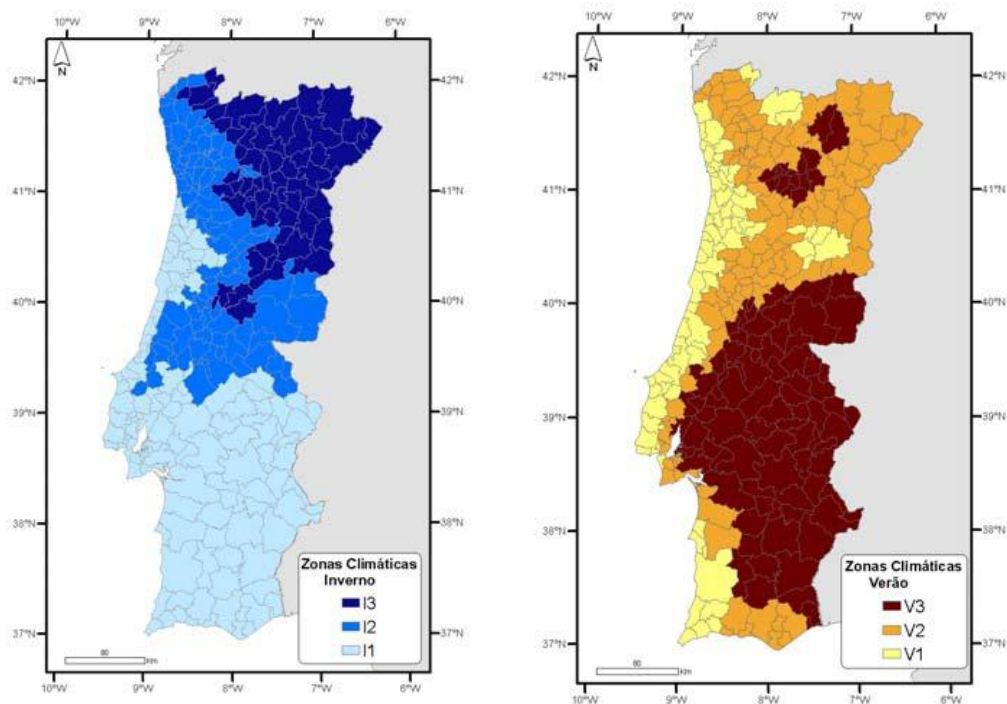


Fig.4.19. – Mapas climáticos [45].

Quadro 4.5 - Dados climáticos de referência de Inverno e de Verão para o Concelho de Vila Verde [45].

Zona Climática de Inverno	Zona Climática de Verão	Duração da estação de aquecimento	Temperatura exterior de projecto de Verão	Amplitude térmica média diária do mês mais quente	Nº Graus Dias (GD) de aquecimento (base 20°C)
I2	V2	6,7 Meses	32°C	13°C	1770 (°C.dias)

Como se pode verificar no quadro 4.5, o concelho de Vila Verde situa-se numa zona climática de Verão e Inverno, respectivamente V2 e I2, o que leva a concluir que as necessidades de aquecimento no Inverno e arrefecimento no Verão são medianas. Em 6,7 meses, a temperatura média diária é inferior a 15°C. O GD de aquecimento representa a severidade do clima e para o caso de Vila Verde observa-se que este apresenta um clima relativamente flexível, ou seja, não é demasiado frio no Inverno nem demasiado quente no Verão.

É de extrema importância a avaliação da insolação das fachadas dos corpos que constituem a escola, para poder garantir todos os dias o acesso a ‘horas de sol’ no interior de cada corpo. Num clima como o nosso, faz todo o sentido privilegiar-se sempre a orientação a Sul. É esta a orientação que mais optimiza os ganhos solares ao longo de todo o ano porque, sem qualquer intervenção por parte dos habitantes, estes edifícios conseguem ser muito mais confortáveis, reduzindo, simultaneamente, as suas necessidades energéticas. Regra geral, é preferível que a exposição solar das superfícies a Este e a Oeste seja reduzida, pois a radiação solar é muito difícil de controlar, uma vez que se faz quase perpendicularmente às janelas.

Os lados Norte dos corpos 3 e 4, por exemplo, apresentam muitas janelas o que pode originar grandes perdas térmicas através dos vidros durante o Inverno. Por outro lado as fachadas a Sul dos corpos 3 e 5 apresentam um grande numero de envidraçados o que permite obter grandes ganhos térmicos no Verão.

Na estação de arrefecimento, o bloqueio da entrada de luz solar pode ser feito com os estores das janelas, evitando o sobreaquecimento dos corpos da escola. Estes sistemas de protecção simples das janelas revestem-se de uma importância vital ao nível da eficiência energética de um edifício. No caso em estudo, na estação de aquecimento as perdas térmicas são atenuadas, por exemplo, pela construção de paredes duplas, colocação de vidros duplos, isolamentos térmicos (em paredes, coberturas, pavimentos), caixilharias em alumínio. É de salientar que a cor das fachadas e coberturas também influenciam o conforto térmico. Uma superfície de cor preta absorve 90% da radiação solar incidente, enquanto que uma de cor branca reflecte 80% da radiação. As cores da escola são claras o que permite reflectir grande parte da radiação.

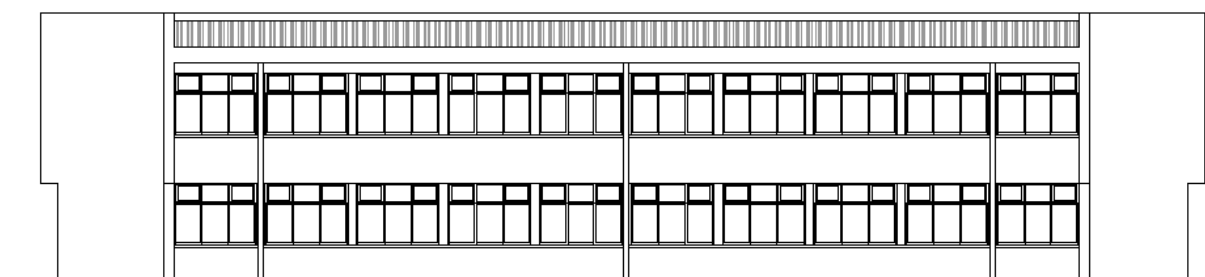


Fig.4.20. – Fachada a Sul do corpo 3.

No contexto dos ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar é de referir a possível obstrução da radiação solar por existência de edifícios vizinhos, elementos verticais ou horizontais sobrepostos ao envidraçado. Fazendo uma análise geral do edifício, não se prevêem sombreamentos por obstruções criadas por outros edifícios vizinhos. A fachada Este do corpo 3 apresenta uma geometria que permite controlar a insolação das janelas, pois a parte central da fachada apresenta um avanço, criando sombra nos envidraçados que se encontram na parte recuada da fachada.

Ainda nesta fachada, na parte central, encontram-se palas verticais que causam também sombreamento aos envidraçados. Em relação à obstrução solar causada pelos vários corpos da escola verifica-se a presença de pátios com dimensão suficiente para não originarem problemas de sombreamento, como é o caso do espaço entre o pavilhão desportivo (corpo 7) e o pavilhão de salas de aulas e laboratórios (corpo 5).

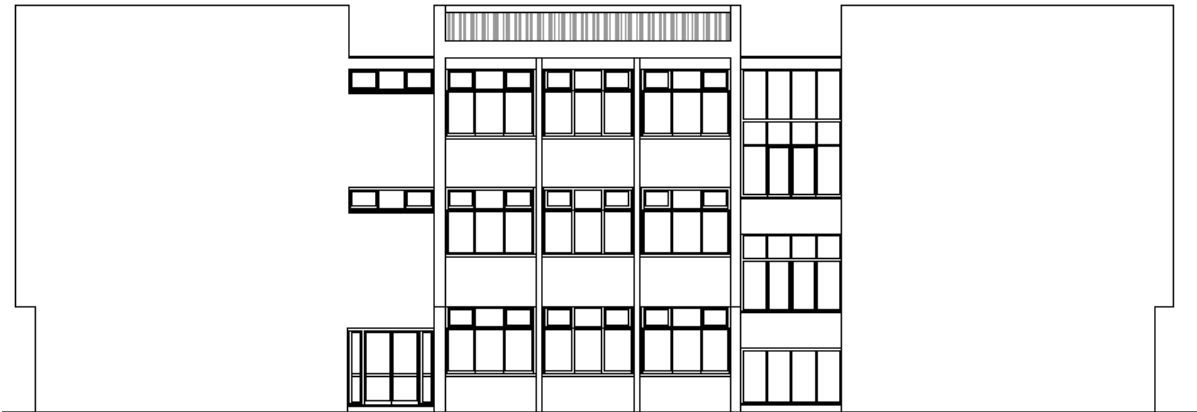


Fig.4.21. – Fachada a Este do corpo 3.

No que se refere à ventilação, esta deve ser adequada, pois a mistura e a renovação do ar nos espaços permite o aumento da eficiência energética do edifício e a redução da humidade e contaminação. Um edifício insuficientemente ventilado pode gerar humidade através dos vapores que se formam, afectando o conforto ou mesmo a saúde dos utilizadores. A ventilação natural causada pela acção do vento na superfície exterior, geralmente, é a melhor escolha. Para explorar de forma optimizada a ventilação natural, deve existir uma corrente de ar por piso, isto é pelo menos duas janelas em duas fachadas opostas, o que acontece para a maioria dos edifícios da escola. Como se trata de um grande empreendimento, os sistemas de aquecimento e ar condicionado (AVAC) incluem uma ventilação mecânica. Para as circulações horizontais e para o pavilhão desportivo não se prevê ventilação forçada nem o seu aquecimento ambiente, mas apenas a ventilação natural. No entanto para os balneários perspectiva-se o seu aquecimento ambiente através de um sistema energético (caldeira). A selecção de uma caldeira com potência adequada, tendo em conta os níveis de calor necessário, é uma medida muito importante em termos de eficiência energética. Esta selecção deve ter em conta o clima da região, a dimensão e tipologia do edifício e o número de pessoas a que se destina.

É de salientar também o uso de painéis solares térmicos para produção de água quente sanitária. Estes painéis convertem a energia solar em energia térmica. Em termos gerais, o sistema completo é constituído por um painel que recebe a luz do sol, um permutador em que o fluido de aquecimento circula e um depósito em que a água quente é armazenada. Com uma manutenção básica os sistemas de energia solar têm uma vida superior a 15 anos.

Relativamente ao uso de energias renováveis, prevê-se a implantação de uma central fotovoltaica na cobertura do ginásio, permitindo a conversão de energia solar directamente em electricidade.

Em fase de construção, deve-se ter em conta também questões que garantam a durabilidade do edifício como por exemplo a aplicação de pinturas e de produtos de protecção, eventualmente após limpeza ou reparação apropriada das superfícies. Os materiais, elementos, equipamentos e instalações da

construção devem manter, sob cuidados normais de conservação, as suas características funcionais durante um período de vida útil não inferior a 50 anos. Este período de vida útil poderá ser reduzido no caso de materiais submetidos normalmente a acções de desgaste, de inter reacções que se podem desenvolver, a curto e a longo prazo, entre materiais. Os elementos e equipamentos da construção dispostos ao alcance dos utilizadores não devem poder ser facilmente danificados por objectos cortantes. Os materiais de uma forma geral devem conferir resistência aos agentes climáticos, ao desgaste e à erosão pelas partículas em suspensão no ar, aos agentes químicos do ar e aos agentes biológicos.

Os elementos de construção da envolvente dos edifícios devem ter uma protecção adequada aos equipamentos e materiais escolares contra intrusões indesejáveis de pessoas e objectos. Dependendo da dimensão e do nível de risco de ocorrência de vandalismo, devem ser previstas disposições especiais de segurança para os seguintes locais:

- salas de ciências;
- laboratórios;
- oficinas;
- cozinha;
- cantina;
- cafetaria.

Para o betão utilizado nos diversos elementos estruturais dos edifícios da escola foram escolhidas classes de exposição ambiental adequadas para quando o betão, se encontrar exposto ao ar e à humidade ou exposto ao ataque químico proveniente de solos naturais e de águas subterrâneas.

Considera-se que a estrutura se encontra ainda dentro do seu período de vida útil e não apresenta sintomas que levem a crer que este necessite de ser interrompido.

Nas figuras 4.22 e 4.23 faz-se uma análise geral da sustentabilidade de alguns aspectos do ponto de vista da fase de operação.

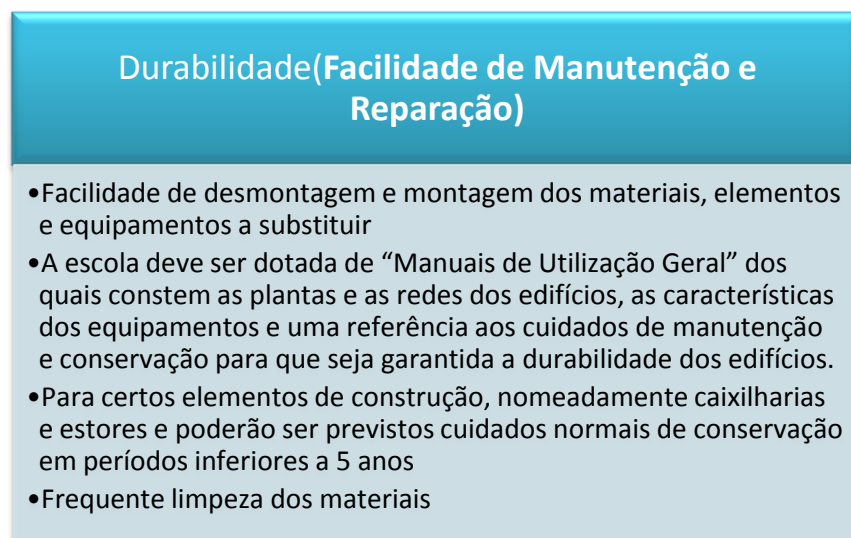


Fig.4.22. – Análise do aspecto da Durabilidade (Facilidade de Manutenção e Reparação) na fase de operação.

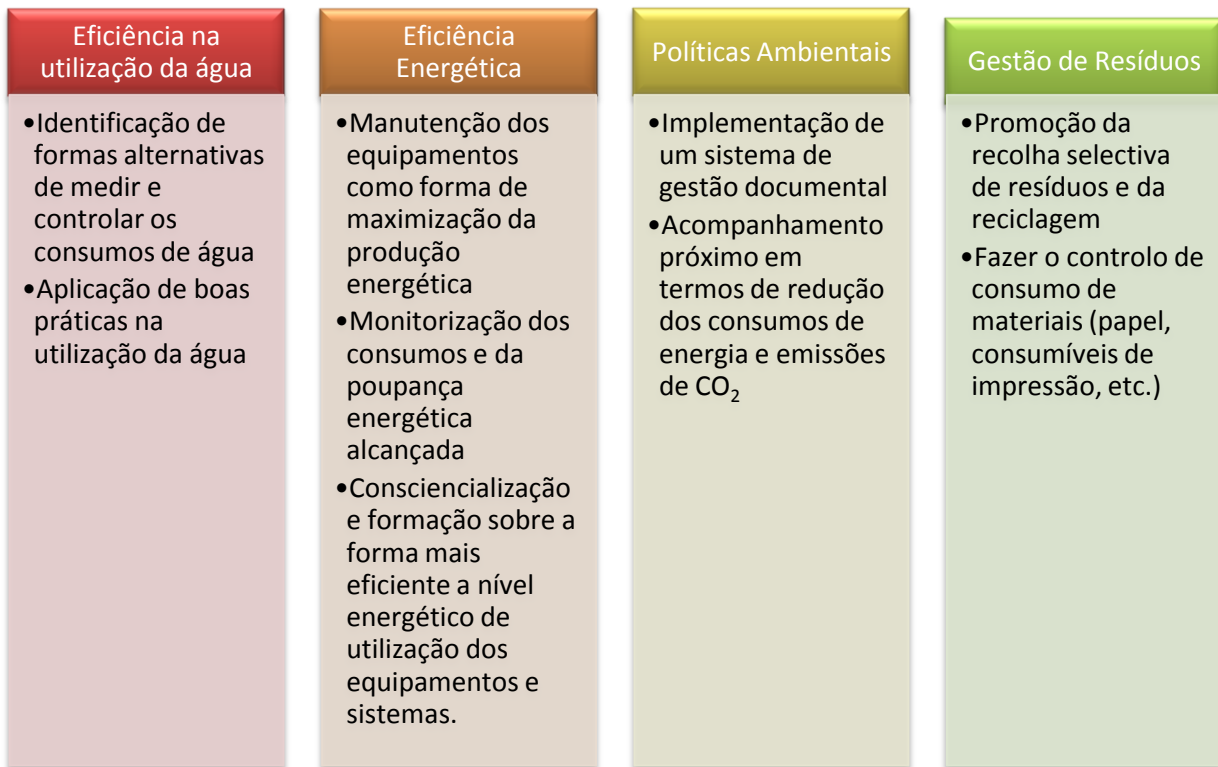


Fig.4.23. – Análise de alguns aspectos que visam a sustentabilidade na fase de operação.

4.4.3. ANÁLISE DESCRITIVA DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE SELECIONADOS NO CASO EM ESTUDO

Após a comparação e selecção dos indicadores comuns dos diferentes sistemas de avaliação da sustentabilidade dos edifícios, segundo a vertente ambiental, social e económica, procedeu-se à análise descritiva de cada um destes indicadores para o projecto de reconstrução, ampliação e alteração das instalações da Escola Secundária de Vila Verde.

4.4.3.1. Gestão de Resíduos

Tendo em conta a importância da adopção de uma abordagem que garanta a sustentabilidade ambiental, deve-se promover a selecção dos materiais e seus resíduos, tendo em consideração a possibilidade de produção reduzida de resíduos perigosos, considerando as condições para o seu armazenamento e destino final adequado.

Actualmente, no recinto escolar existem 5 contentores com capacidade de 800 litros, 5 com capacidade de 240 litros e 5 com capacidade para 120 litros, para recolha dos resíduos indiferenciados e das fracções recicláveis. Relativamente aos resíduos recicláveis, estes são depositados provisoriamente em contentores de pequena capacidade (240 e 120 litros) e encaminhados pelos alunos para um ecoponto que se localiza na via pública, junto da entrada da escola.

Propõe-se a instalação de um Ecoponto para recolha dos resíduos recicláveis no interior do recinto escolar, para evitar que os alunos façam o transporte dos resíduos para o exterior do recinto. Assim, propõe-se que sejam considerados contentores com capacidade para 800 litros para os resíduos indiferenciados e contentores de 2,5 m³ para os resíduos recicláveis. Prevê-se a instalação, em cada bloco, de contentores de pequena capacidade assim como papeleiras em todas as áreas de circulação. Será considerada uma zona para armazenamento dos contentores, junto da entrada de serviço.



Fig. 4.24 - Contentores com capacidade de 2.5 m³ do modelo CYCLEA da OTTO para papel/cartão.

4.4.3.2. Eficiência na Utilização da Água

No que diz respeito à eficiência na utilização da água são definidas soluções simples e racionais que possibilitem não só o cumprimento das normas e da legislação aplicável, mas também um desempenho fiável e eficiente do ponto de vista da gestão do uso da água, assim como todos os aspectos relacionados com a durabilidade, facilidade de operação e a minimização dos custos de manutenção dos sistemas.

A solução prescrita para a rede geral da Escola consiste na execução de infra-estruturas, que face às características da Escola, seja sustentável em termos de desempenho e eficiente do ponto de vista da gestão do uso da água. Neste sentido, dado o desenvolvimento de espaços verdes/arborizados na escola com cerca de 8800 m², e uma vez que existe, actualmente, na escola um poço que recebe águas provenientes de uma captação local, propõe-se o seu reaproveitamento e a criação de uma reserva de aproveitamento de água. Assim prevê-se a criação de um reservatório de água bruta cuja reserva será proveniente das águas da captação local e das águas pluviais das coberturas. Esta reserva permitirá o abastecimento de água destinada ao consumo de rega e rede de incêndio. Propõe-se, também, um sistema de reutilização de águas pluviais, motivando atitudes ecológicas e sustentáveis perante um bem tão essencial como a água.

De forma a racionalizar o consumo, e simultaneamente aumentar o conforto de utilização, minimizando o tempo de espera pela água à temperatura desejada, prevê-se uma rede de retorno com bombas circuladoras acopladas para cada uma das redes de água quente e de água pré-misturada. As tubagens de água quente serão envolvidas com materiais isolantes que garantam a minimização das perdas térmicas nos circuitos de água quente.

Serão colocadas também torneiras temporizadas para duchas e lavatórios e sistemas de autoclismo de dupla descarga.



Fig.4.25. – Poço de água nas imediações do pavilhão desportivo

4.4.3.3. Reutilização e Contaminação dos solos e “Pegada” do edifício

Em termos geomorfológicos e à escala local, a zona onde se encontra implantada a Escola Secundária corresponde a uma vertente de declive suave com uma inclinação para Este e o seu ponto altimétrico mais baixo é o terreno agrícola existente a Este da escola. Neste local, que corresponde a uma zona morfologicamente mais depressionada que a envolvente, desenvolve-se uma linha de água. O local da implantação da escola terá tido anteriormente uma utilização agrícola, indiciada pela presença e espessura da terra vegetal observada nas sondagens e nos poços de observação. A área circunscrita à escola apresenta um carácter misto, ou seja, urbano e agrícola.



Fig 4.26. - Localização da Escola Secundária de Vila Verde.

Na análise do projecto do empreendimento, pode-se considerar que o reaproveitamento das estruturas previamente existentes e implementação de outras não veio piorar a zona envolvente. Assume-se que os terrenos agrícolas na envolvente não apresentam sinais evidentes de contaminação causados pelo empreendimento.

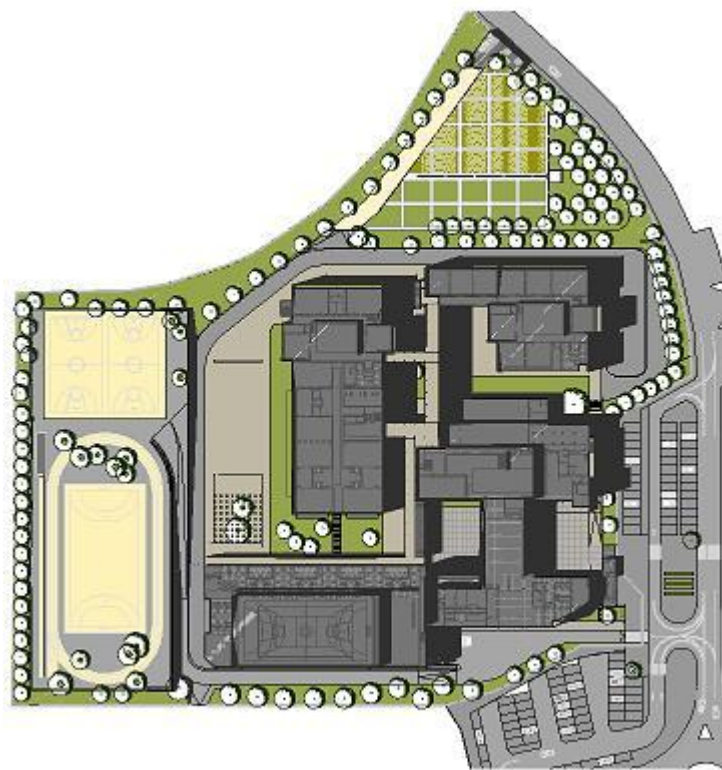


Fig.4.27. – Espaços verdes do empreendimento.

Em suma, os pontos fortes deste indicador são:

- reaproveitamento das estruturas existentes;
- harmonização e integração espacial com a realidade local;
- protecção da biodiversidade local;
- expansão das áreas verdes existentes.

4.4.3.4. Políticas Ambientais

Neste caso, não existem dados que comprovem a disponibilização ao futuro utente de informações ambientais, relativas ao modo de funcionamento e gestão da escola, existindo apenas as habituais informações. Relativamente aos operários de construção e manutenção, encontram-se disponíveis mecanismos simplificados e as especificações ambientais para compreenderem e operarem os sistemas edificados e zonas exteriores da forma mais adequada, assegurando um bom desempenho sustentável.

4.4.3.5. Emissões atmosféricas e Minimização dos riscos climáticos

Foram introduzidas algumas medidas que favoreçam a redução das emissões ao nível das substâncias com potencial acidificante (emissão de SO₂ e NO_x) e outros poluentes, como a utilização de sistemas

solares térmicos para a produção de água quente sanitária e cumprimento das especificações legais preestabelecidas.

Não é possível quantificar as emissões de poluentes que contribuem para o efeito de estufa no empreendimento, mas parte-se do princípio que as emissões existentes são as normais para este tipo de construção.

4.4.3.6. Energia

O conjunto dos edifícios que integram a escola, deverão cumprir, o estabelecido no RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril), nomeadamente, as exigências ali estabelecidas. Particularizando no âmbito das energias renováveis, obriga ao uso de sistemas de energia alternativos, nomeadamente, entre outros, sistemas de colectores solares planos para produção de AQS (Água Quente Solar). Prevê-se o recurso a painéis solares térmicos como base à produção de AQS associada aos consumos dos balneários e da cozinha. Todo o sistema solar previsto está incluído na presente empreitada, sendo o apoio energético proveniente da caldeira incluído na empreitada das instalações de AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado). Esta caldeira associada a este pavilhão garante o complemento energético aos depósitos de água quente sanitária, sempre que o aquecimento solar não permita satisfazer os picos de consumo de AQS.

É de salientar, também, a instalação de um aerotermo na cobertura que permitirá dissipar a energia acumulada nos painéis solares para o exterior, atendendo a que se trata de uma escola, e dado que não existirá consumo de água quente no Verão, visto tratar-se do período de férias escolares.

O local destinado à implantação de uma central fotovoltaica será na cobertura do ginásio.

Tendo em atenção o Protocolo de “QUIOTO”, serão utilizadas luminárias com sistemas ópticos de alto rendimento, assim como lâmpadas de última geração com baixo consumo e utilização de balastros electrónicos. Como parceiro do Programa Europeu “GREENLIGHT” serão implementadas em todas as soluções luminotécnicas princípios económicos e ecológicos. Para além da utilização do sistema de iluminação artificial, também há incentivo a usufruir da iluminação natural, através da reflexão orientada da luz provocada pelos estores metálicos. A incidência desta luz natural no tecto provoca uma difusão de luz em todos os espaços mais interiores. Este aproveitamento conduz à redução substancial dos consumos energéticos.

Foram tomadas outras medidas para um bom desempenho energético passivo do edifício, como por exemplo: a colocação de vidros duplos; a cobertura do átrio central (actualmente coberta por uma estrutura metálica e placas de policarbonato) será substituída por um conjunto de “sheds industriais” com as áreas transparentes orientadas a norte e devidamente isolado termicamente nas faces orientadas a sul; periféricamente e assente nos perfis verticais da estrutura metálica da cobertura serão fixados painéis de policarbonato alveolados que garantem a iluminação natural de todo este espaço. Medidas como as referidas anteriormente, traduzem numa diminuição de consumo de electricidade total, satisfazendo simultaneamente os critérios de conforto.

Em suma, considera-se que foram tomadas medidas que promovem a sustentabilidade e a eficiência energética, tanto a nível de uso de energias renováveis como a nível de medidas que melhoram o desempenho energético passivo.

4.4.3.7. Uso de materiais de baixo impacte ambiental

Relativamente ao uso de materiais certificados ambientalmente assume-se que ocorreu a prática habitual. Não há informação sobre a utilização de materiais recicláveis.

4.4.3.8. Iluminação e conforto visual

Como já foi referido anteriormente, os critérios relativos à iluminação natural, normal, de vigia, de segurança foram devidamente ponderados e tratados.

4.4.3.9. Conforto térmico

No geral, o empreendimento revela um desempenho térmico aceitável, devido à sua orientação solar. Mesmo quando esta não é a melhor, o edifício é devidamente protegido por isolante térmico. Através de sistemas de aquecimento e de ventilação este critério pode ser melhorado.

Algumas medidas em alguns corpos do edifício que pretendem satisfazer este critério são:

- novas caixilharias exteriores de alumínio anodizado à cor natural com ruptura térmica tendo pelo menos uma folha de oscilo batente por compartimento;
- paredes duplas na zona do ginásio e dos balneários, convenientemente isoladas termicamente
- colocação de vidros duplos;
- substituição da cobertura do átrio central (actualmente coberta por uma estrutura metálica e placas de policarbonato) por um conjunto de “sheds industriais” com as áreas transparentes orientadas a norte e devidamente isolado termicamente nas faces orientadas a sul.

4.4.3.10. Conforto acústico

A obtenção de um comportamento acústico adequado do edifício passa pela adopção, conjunta ou individualizada, de medidas e soluções de condicionamento acústico interior, de isolamento a sons aéreos, de isolamento a sons de percussão e de minimização da transmissão de ruído produzido por equipamentos, quer para o interior do edifício, quer para a sua envolvente exterior.

Em relação ao condicionamento acústico interior, assegurando o cumprimento do critério de ruído de fundo através de isolamentos adequados e/ou de atenuações sonoras nas condutas de ventilação, a satisfação dos requisitos de projecto é conseguida através da utilização de revestimentos de elevada absorção sonora e/ou através dos elementos de recheio interiores (mobiliário, cortinas, etc.).

PORMENOR PS10 - Laje flutuante para apoio e fixação de equipamentos mecânicos

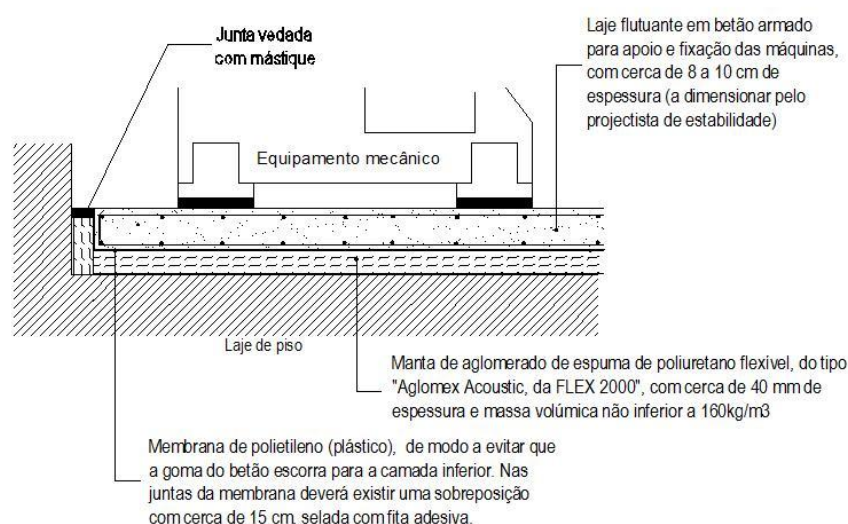
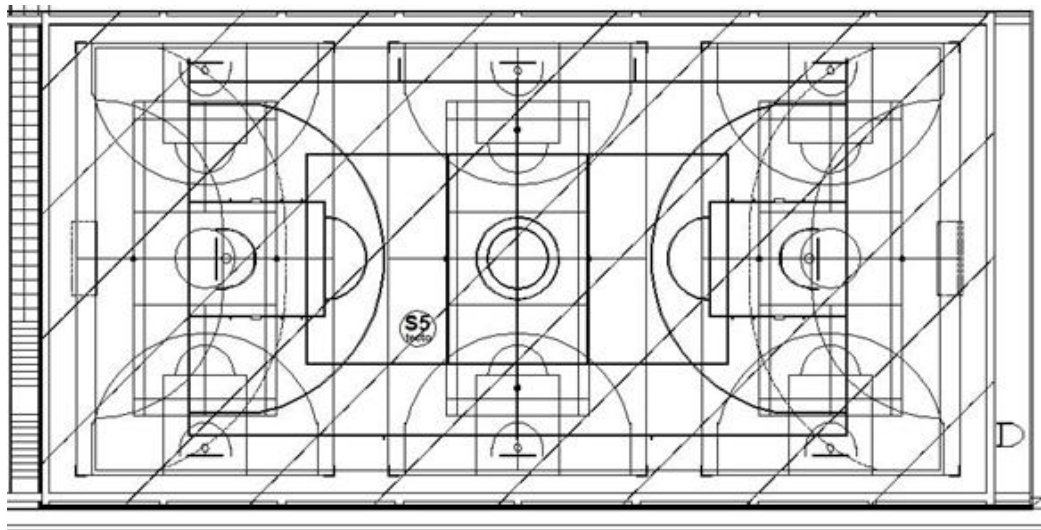


Fig.4.28. – Laje flutuante.



PORMENOR PS5 - Painel sanduíche do tipo "Hipertec Roof Sound", com face interior fonoabsorvente

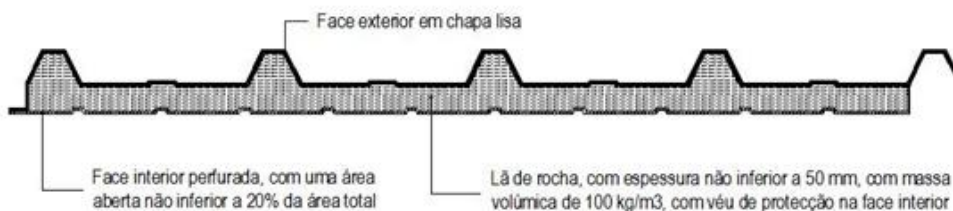


Fig.4.29. – Painel sanduíche utilizado no pavilhão desportivo.

A cobertura do pavilhão será executada com painéis sanduíche autoportantes constituídos por chapas agrafadas galvanizadas com interposição de lã de rocha de alta densidade, sendo a chapa interior perfurada por questões de conforto acústico.

Foi possível verificar que as soluções propostas conduzem a resultados de qualidade sonora que cumprem, quer os requisitos regulamentares, quer os requisitos de projecto, prevendo-se uma qualidade sonora elevada.

4.4.3.11. Satisfação dos ocupantes

Obviamente este projecto de Reconstrução, Ampliação e Alteração das Instalações existentes, pretende satisfazer os ocupantes e assume-se que tal será conseguido, através de todas as medidas aplicadas que visam uma qualidade superior à actual.

4.4.3.12. Qualidade do ar interior e Ventilação

Por exemplo para a zona de confecção da cozinha e refeitório, perspectiva-se o seu aquecimento ambiente através de sistemas energéticos e de tratamento ambiente e ventilação independentes e individuais por zona; no caso da cozinha, de acordo com o pretendido, prevê-se também o seu arrefecimento ambiente.

Na cantina e refeitório deverão ser instaladas duas sondas de CO₂ (para obtenção de um valor médio de CO₂ presente na sala), que enviará um sinal ao controlador da UTA (Unidade de Tratamento de Ar) que por sua vez irá ajustar o caudal de ar exterior a insuflar na sala conforme a ocupação da mesma.

No Recinto Desportivo a ventilação normal é garantida de forma natural através de aberturas permanentes previstas pela arquitectura ao nível da cobertura do edifício. A compensação é efectuada a nível baixo pelas portas de acesso ao pavilhão.

Assume-se que todos os requisitos obrigatórios quanto à ventilação natural foram cumpridos. Verifica-se a utilização de ventilação mecânica sempre que necessária. Deste modo, o empreendimento estará apto à eliminação de possíveis contaminações ou poluições.

4.4.3.13. Acessibilidade e Mobilidade

Em termos de acessibilidade, verifica-se a existência de um percurso pedonal adequado, de transportes públicos e proximidade a serviços públicos (por exemplo o centro de saúde fica cerca de 7 minutos a pé e estação de correios a cerca de 10 minutos a pé). Próximo da escola, também, estão disponíveis redes de transporte, tais como:

- Rodoviária d'Entre Douro e Minho SA;
- Salvador Alves Pereira & Filhos, Lda.

Apesar da existência de estacionamento para bicicletas, não se prevê a construção de ciclovias com sinalização adequada.

A acessibilidade à escola pode ser feita, também, através de uma rampa de acesso automóvel (R.01 na figura 4.30) e de 5 rampas de acesso pedonal fora e dentro do edifício. A rampa R.04 representada na figura 4.31 permite o acesso de pessoas com deficiência ao corpo 3. No geral os corpos da escola estão adequados para a mobilidade de portadores de deficiência física.

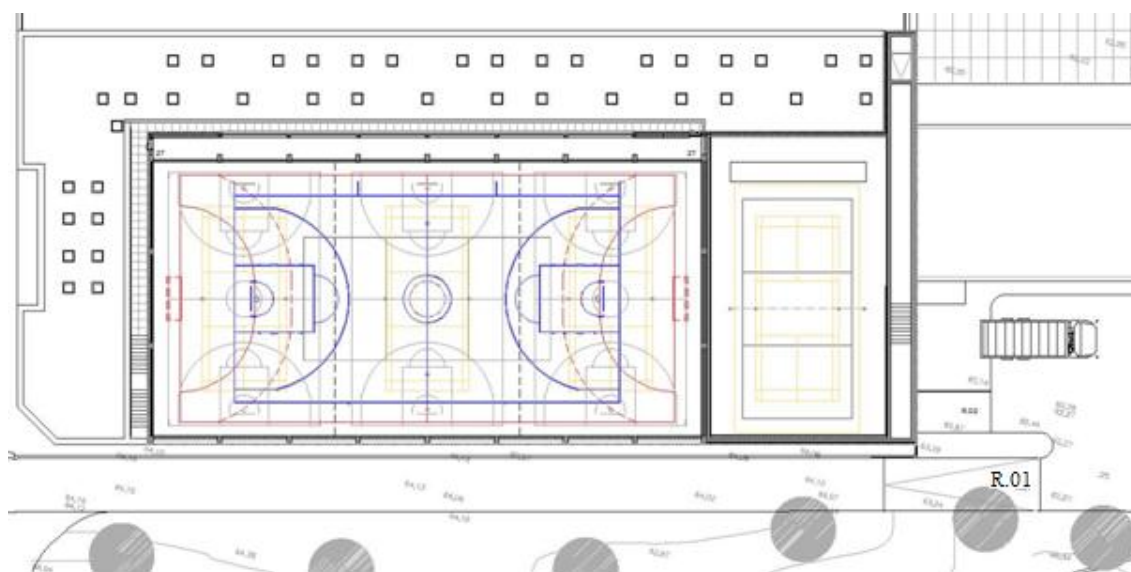


Fig.4.30. – Rampa de acesso automóvel à escola (R.01).

A escola dispõe de um elevador com um curso de três pisos e está localizado junto à recepção da escola, no corpo 2, figura 4.33.

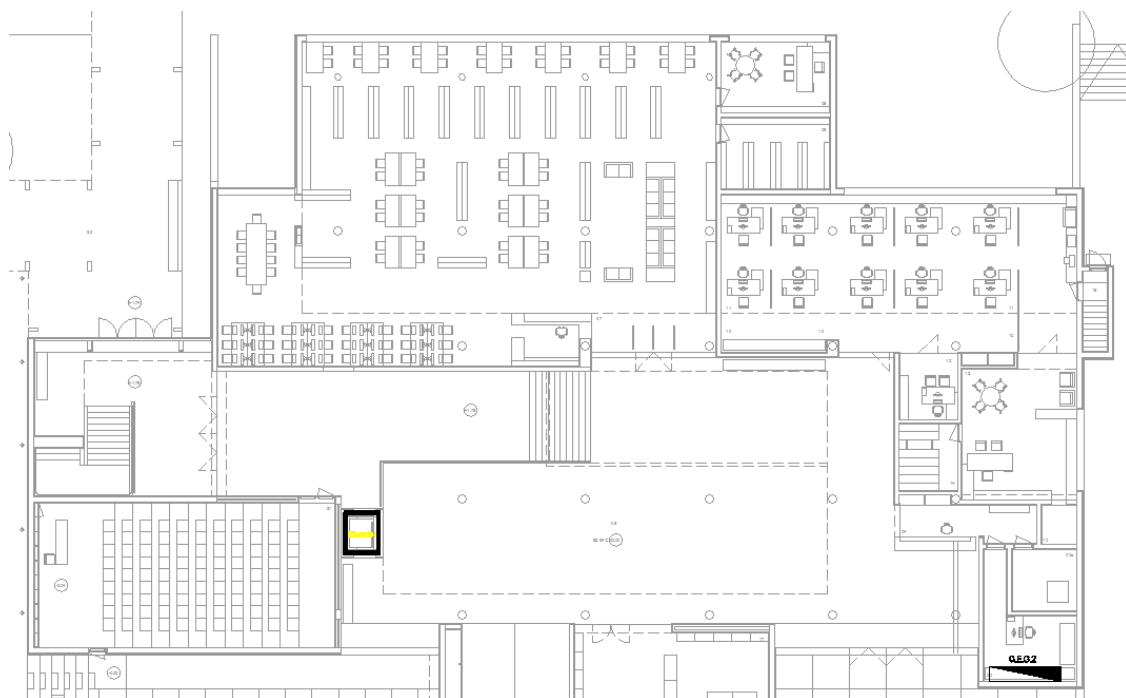


Fig.4.33. – Único elevador existente na escola, situado no corpo 2.

4.4.3.14. Estratégia para baixar o custo ciclo de vida

Este indicador constitui um parâmetro essencial para o sucesso e a viabilidade de uma construção, pois visa a maximização da rentabilidade da escola e dos ambientes construídos, minimizando juntamente a sua manutenção. Assume-se que o aspecto económico foi ponderado, pois prevêem-se diversas medidas que facilitam a futura operação e manutenção do edifício em estudo. Como se verifica no quadro 4.6 os projectos com maior peso no orçamento são o de arquitectura (37%), demolições, escavações, contenções, fundações e estruturas (24%), instalações, equipamentos e sistemas eléctricos (10%) e instalações, equipamentos e sistemas AVAC (15%). Estes projectos são fundamentais para a sustentabilidade ligada ao edifício em questões de durabilidade, conforto térmico, ventilação, iluminação e eficiência energética.

Por outro lado, sendo a Área bruta total da intervenção (Área bruta total a construir somada à área bruta total a reconstruir) de 15500 m², o valor por m² é de 880 €. Este valor parece relativamente elevado, pois a área total incorpora a construção nova e os edifícios a reabilitar. Por outro lado não se tem garantia de que tenham sido consideradas no projecto soluções visando assegurar uma elevada durabilidade, tendo em conta a sensibilidade das escolas (vandalismo, desgaste dos materiais, etc.).

Quadro 4.6. – Orçamento previsto para este projecto de Reconstrução, Ampliação e Alteração das Instalações existentes.

	Orçamento	Peso no orçamento (%)
ARQUITECTURA	5.044.039,87 €	37,0
DEMOLIÇÕES, ESCAVAÇÕES, CONTENÇÕES, FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS	3.263.670,84 €	23,5
INSTALAÇÕES, EQUIPAMENTOS E SISTEMAS DE ÁGUAS, ESGOTOS E SERVIÇO DE INCÊNDIOS	553.979,96 €	3,5
RESÍDUOS SÓLIDOS	3.004,00 €	0,1
POSTO DE TRANSFORMAÇÃO CLIENTE	67.504,65 €	0,5
INSTALAÇÕES, EQUIPAMENTOS E SISTEMAS ELÉCTRICOS	1.417.123,05 €	9,5
INSTALAÇÕES, EQUIPAMENTOS E SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES	68.709,60 €	0,5
INSTALAÇÕES, EQUIPAMENTOS E SISTEMAS DE AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E AR CONDICIONADO	2.031.889,15 €	14,5
INSTALAÇÕES, EQUIPAMENTOS E SISTEMAS DE GÁS	18.057,25 €	0,1
INSTALAÇÕES, EQUIPAMENTOS E SISTEMAS DE TRANSPORTE DE PESSOAS E CARGAS	26.000,00 €	0,2
SISTEMAS DE SEGURANÇA INTEGRADA	148.211,98 €	0,6
GESTÃO TÉCNICA CENTRALIZADA	122.570,35 €	0,5
PRÉ-INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS DE PRODUÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL	5.287,50 €	0,1
SISTEMA SOLAR TÉRMICO	59.335,56 €	0,4
ESPAÇOS EXTERIORES	817.570,84 €	5,5
MOBILIÁRIO E EQUIPAMENTOS	538.894,34 €	3,5
TOTAL	13.646.954,59 € (880 €/m²)	100

4.4.4. CONCLUSÃO

Nos quadros 4.7, 4.8, 4.9 e 4.10 analisam-se, num ponto de vista da fase de construção, alguns dos indicadores de sustentabilidade segundo a vertente ambiental, social e económica de forma crítica e sintética.

Quadro 4.7. – Análise crítica de alguns indicadores de sustentabilidade segundo a vertente ambiental.

Indicadores	Pontos fortes	Pontos a melhorar
Gestão de resíduos	- Ecopontos no exterior e interior da escola	- Criação de um local específico para colocação de pilhas, tinteiros, etc
Eficiência na utilização de Água	- Drenagem e aproveitamento das águas pluviais - Torneiras temporizadas para duchas e lavatórios - Sistemas de autoclismo de dupla descarga	- Reutilização e reaproveitamento de águas sujas
Energia	- Painéis solares térmicos - Pré-instalação de uma central fotovoltaica - Implementação de princípios económicos e ecológicos nas soluções luminotécnicas, como uso de lâmpadas de última geração com baixo consumo - Isolamento da envolvente exterior - Envidraçados com factor solar apropriado e seu ensombreamento - Promoção de ventilações naturais - Nas ventilações mecânicas, instalação de recuperadores de calor - Forma e localização da escola favorável à captação de radiação solar - Características de geometria e construtivas eficientes energeticamente	- Instalação de geradores eólicos na Escola, uma vez que esta se localiza numa zona menos urbana - Climatização por piso radiante

Quadro 4.8. – Análise crítica de alguns indicadores de sustentabilidade segundo a vertente ambiental.

Indicadores	Pontos fortes	Pontos a melhorar
Uso de materiais de baixo impacte ambiental	- Uso de materiais (como aço, tijolo, placas de gesso) com baixo impacte ambiental	- Uso de materiais reciclados - Substituição da lã de rocha, pois não é um material prioritário para uma Construção Sustentável

É de salientar obviamente que foi feita uma análise apenas descritiva, uma vez que cada indicador analisado possui uma diferente ponderação que não foi considerada, devido ao facto de se tratar de indicadores seleccionados a partir de diferentes sistemas de avaliação que possuem também diferentes ponderações.

Quadro 4.9. – Análise crítica de alguns indicadores de sustentabilidade segundo a vertente social.

Indicador	Pontos fortes	Pontos a melhorar
Acessibilidade e Mobilidade	- Percurso pedonal adequado para os utilizadores da escola - Proximidade a serviços (centro de saúde, estação de correios, etc.) e transportes públicos - Mobilidade facilitada para pessoas com deficiência motora	- Construção de ciclovias com sinalização adequada

Quadro 4.10. – Análise crítica de alguns indicadores de sustentabilidade segundo a vertente económica.

Indicador	Pontos fortes	Pontos a melhorar
Estratégia para baixar o custo ciclo de vida	- Maximização da rentabilidade da escola - Minimização de manutenção e criação de facilidades sempre que esta é necessária	- Custo elevado por m ²

Conclui-se que o edifício foi projectado com recurso a algumas soluções de arquitectura bioclimática e dispõe de técnicas sustentáveis como o uso de energias renováveis, boas acessibilidades, soluções sustentáveis a nível acústico, térmico, energético, iluminação, ventilação e de gestão de resíduos, pode ser considerado, em geral, um edifício que visa a sustentabilidade, embora a vertente económica esteja condicionada pela durabilidade. A fase de utilização torna-se essencial para que o projecto em estudo seja economicamente sustentável a longo prazo.

5

CONCLUSÕES

5.1. OBSERVAÇÕES FINAIS

Ao longo do presente trabalho, foi realizado um estudo detalhado sobre diversas questões e tiradas conclusões ao longo de cada capítulo.

As questões de qualidade e preservação do meio ambiente não foram durante muitos anos preocupação prioritária para a sociedade em geral. Comprova-se que é necessária a aplicação de políticas que permitam a associação das vertentes ambiental, social e económica, embora este conceito seja, ainda nos dias de hoje, pouco palpável.

No sector da construção, a vertente económica é dominante em relação à preservação ambiental, sendo necessária a procura de um equilíbrio. A quantificação dos impactes revela-se de extrema importância, na medida em que estes vão desde a produção de materiais, montagem em obra, durante e fim do ciclo de vida dos edifícios.

É urgente encontrar um novo equilíbrio que esteja em harmonia com o ambiente e respeite os direitos das gerações futuras. Como por exemplo, em relação à energia, é necessário reduzir e modificar o seu consumo por motivos éticos e sociais, motivos estratégicos (Portugal depende de países fora da União Europeia para satisfazer as suas necessidades de combustíveis fósseis) e por motivos económicos. É importante implementar o uso de fontes de energia renovável para produção de energia, o que exige uma forte aposta na investigação, a qual deverá ser apoiada por investimentos e políticas energéticas adequadas a nível nacional e internacional.

De forma a auxiliar a avaliação da sustentabilidade, desenvolveram-se sistemas de apoio que incentivam e implementação de medidas e soluções sustentáveis para alcançar uma construção sustentável. Sistemas deste tipo são desenvolvidos a nível mundial o que cria situações críticas como a profusão, que dificulta a comparação entre os mesmos. Cada país e sociedade vivem realidades ambientais, económicas e sociais diferentes, o que leva a que sejam definidas prioridades consoante cada caso, impedindo o esclarecimento de ideias e a concretização de objectivos comuns.

No estudo realizado relativamente à comparabilidade dos sistemas mais conhecidos de avaliação da sustentabilidade, destaca-se a importância que as áreas de Energia, Água e Materiais, têm na sustentabilidade de um edifício. Foi possível verificar que os sistemas LiderA e HQE são os mais completos, na medida em que incluem a maioria dos indicadores de sustentabilidade analisados. Fica ainda a ideia que o ideal seria criar um método na União Europeia que fosse aplicável a todos os países que a integram.

É de referir que em Portugal, na execução de projectos de novos edifícios e de reabilitação, as técnicas de desenvolvimento de empreendimentos sustentáveis começam a surgir, como se verificou na análise do projecto de reconstrução, ampliação e alteração da Escola Secundária de Vila Verde.

Em termos futuros pretende-se que seja fomentada uma maior homogeneização dos métodos mais conhecidos de forma a eliminar a desconfiança e incerteza existente em relação aos mesmos, apresentando soluções concretas de sustentabilidade.

A conclusão desta tese é que actualmente é essencial o desenvolvimento de programas que avaliem de forma quantitativa a sustentabilidade na construção, segundo as suas vertentes. A partir dessa quantificação é necessária uma análise comparativa com outras soluções, clarificando assim as técnicas desenvolvidas para obtenção do equilíbrio económico e ambiental, que a construção procura e conferindo uma maior aplicabilidade aos sistemas de avaliação da sustentabilidade.

BIBLIOGRAFIA

- [1]Rovers, R., *The shift from “less bad” to “0-impact”*. Portugal SB10: Sustainable Building Affordable to All, 17-19 Março 2010, Algarve, Portugal.
- [2]Pinheiro, M. Duarte, *Ambiente e Construção Sustentável*. Instituto do Ambiente, Lisboa, 2006.
- [3]Afonzo, J.Luiz, *Gestão, Eficiência e Qualidade da Energia Eléctrica e Fontes de Energias Renováveis em Edifícios*, 2º Congresso de Construção Sustentável, Universidade do Minho, 27 e 28 Outubro de 2006, Leça da Palmeira.
- [4]Isolani, P., *Eficiência energética nos edifícios residenciais*, DECO, Lisboa, 2008.
- [5]<http://certificacao-energetica.pt/>. Último acesso: 03-04-09.
- [6]Wouters, P., *Opportunities offered by the BUILD UP interactive web portal*, EFCA, Bruxelas, 2 de Abril de 2010.
- [7]Afonso, A.Silva, *Uso Eficiente da Água nos Sistemas Prediais*, Seminário Água e Sustentabilidade, Aveiro, 12 de Fevereiro de 2010
- [8]Athens, L., Ferguson, B., *Sustainable Building Technical Manual*, Public Technology, United States of America, 1996.
- [9]Barbosa, I., *Aplicação de programas de cálculo ao estudo da sustentabilidade de edifícios de habitação*. Dissertação de Mestrado Integrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008.
- [10]Rodrigues, P., *Gestão de Resíduos de Construção e Demolição na Área Metropolitana do Porto*, 2º Congresso de Construção Sustentável, 27 e 28 Outubro de 2006, Leça da Palmeira.
- [11]Vismara, R., *Ingegneria Sanitaria Ambientale*, Esercitazioni 2009-2010, Politécnico de Milão.
- [12]<http://descodificando-ciencia.yolasite.com/biodiversidade.php>. Último acesso: 05-04-10.
- [13]Almeida, M., Bragança, L., Mateus, R., *Tecnologias para a Sustentabilidade da Construção*, Universidade do Minho, 19 Junho de 2008.
- [14] Koukkari, L. *Perspectives of building sustainability assessment*. Portugal SB07 Sustainable Construction, Materials and Practices: Challenge of the Industry for the New Millennium, IOS Press, Amsterdam, 2007.
- [15] Toudert, F. *Towards urban sustainability: Trends and challenges of building environmental assessment tools*. Portugal SB07 Sustainable Construction, Materials and Practices: Challenge of the Industry for the New Millennium, IOS Press, Amsterdam, 2007.
- [16] Mesureur, B., *Sustainable Building Alliance*. CSTB Le Futur en Construction, 18 Janeiro, 2010.
- [17] http://international.cstb.fr/telechargement/RA2008_BD2.pdf. Último acesso: 09-05-10.
- [18] <http://www.sballiance.org/>. Último acesso: 10-05-10.
- [19] <http://www.unep.org/sbci/index.asp>. Último acesso: 10-05-10.
- [20] http://www.un.org/esa/dsd/dsd_aofw_ind/ind_index.shtml. Último acesso: 16-05-10.
- [21] http://ec.europa.eu/energy/efficiency/buildings/buildings_en.htm. Último acesso: 17-05-10.
- [22] http://ec.europa.eu/energy/renewables/index_en.htm. Último acesso: 17-05-10.

- [23] http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/construction/construction-products/index_en.htm. Último acesso: 17-05-10.
- [24]http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=322621&development=on. Último acesso: 18-05-10.
- [25]http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=40432. Último acesso: 18-05-10.
- [26]<http://isotc.iso.org/livelink/livelink/fetch/2000/2122/830949/3934883/3935096/home.html>. Último acesso: 18-05-10.
- [27] Sustainable Development Task Force, EFCA Bruxelas 2 Abril 2010.
- [28]<http://www.cen.eu/cen/Sectors/TechnicalCommitteesWorkshops/CENTechnicalCommittees/Pages/default.aspx?param=481830&title=CEN/TC%20350>. Último acesso: 06-06-10
- [29]<http://www.lidera.info/?p=MenuPage&MenuId=15>. Último acesso: 18-06-10
- [30]http://www.lidera.info/resources/apresenta_lidera_v2.00_2010_03_50paginas.pdf Último acesso: 20-06-10.
- [31]Lowe, C., Ponce, A. *UNEP-FI / SBCI'S FINANCIAL & SUSTAINABILITY METRICS REPORT*,http://www.propertyadvisors.de/documents/UNEPFI_SUSTAINABILITY_METRICS_REPORT_2009.pdf. Último acesso: 18-05-10.
- [32]<http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=1989>. Último acesso: 01-06-10.
- [33]<http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=222>. Último acesso: 01-06-10.
- [34]Duarte, B., *Preocupações de Sustentabilidade e Especificações Técnicas de Obras*. Dissertação de Mestrado Integrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009.
- [35]<http://www.breeam.org/page.jsp?id=66>. Último acesso: 03-06-10.
- [36]<http://www.eco-greenpages.com/earth-hour-2010/breeam>. Último acesso: 04-06-10.
- [37]http://www.bienvivrechezmoi.com/logement_neuf/habitat_environnement0/. Último acesso: 05-06-10.
- [38]Comité Europeu para a Normalização, ISO 14040: Environmental management, life cycle assessment, principles and framework. CEN: Bruxelas, 2008.
- [39]International Organization for Standardization, ISO 14041: Environmental management, life cycle assessment, goal and scope definition and inventory analysis. ISO: 1998.
- [40]International Organization for Standardization, ISO 14043: Environmental management, life cycle assessment, life cycle interpretation. ISO: 2000.
- [41]Comité Europeu para a Normalização, CEN/TC 350/WG1 N 033, Bruxelas, 2007
- [42]<http://www.eco.edp.pt/10passosparamudaroseumundo>. Último acesso: 05-06-10.
- [43]Sousa, H., *Construção e Sustentabilidade*, Congresso CONCRETA: Reabilitar/Habitar, Outubro 2009, Porto.
- [44]Ferreira, R.Miguel, *Projectar para a durabilidade*, 2º Congresso de Construção Sustentável, Universidade do Minho, 27 e 28 Outubro de 2006, Leça da Palmeira.
- [45]Decreto Lei nº 80/06, de 4 de Abril – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios.

[46]<http://www.buildup.eu/>. Último acesso: 05-06-10.

[47]Silva, L., *Possibilidades de utilização de agregados de resíduos de construção e demolição na construção de edifícios correntes*. Dissertação de Mestrado Integrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008.

[48]Silva, P. *Reutilização de elementos construtivos na construção*. Dissertação de Mestrado Integrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008.

[49]<http://favoritosdaengenharia.blogspot.com/2009/10/residuos-da-construcao-gestao-possivel.html>. Último acesso: 05-05-10.

[50]<http://projectodeagua.blogspot.com/2007/02/eutrofizacao.html>. Último acesso: 05-05-10.

[51]<http://xirimabucpc.blogspot.com/2009/11/exemplo-de-oxidos-chuva-acida-e-uma-das.html>. Último acesso: 07-05-10.

[52]<http://www.engineerbarbie.com/chile.html>. Último acesso: 10-05-10.

[53]<http://www.pai.pt/search/reciclagem-recolha-transporte-valorizacao-residuos.html>. Último acesso: 10-05-10.

[54]<http://www.administradores.com.br/informe-se/artigos/residuos-solidos-da-construcao-civil-podem-ser-reciclados-no-proprio-canteiro-de-obra/23175/>. Último acesso: 15-05-10.

