



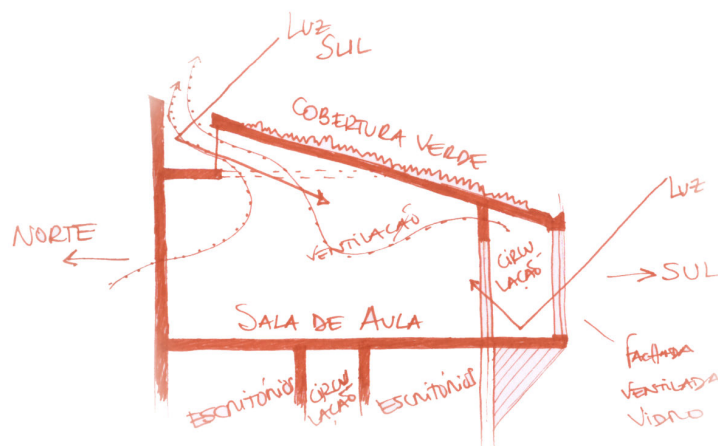
UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E ARQUITECTURA

Mestrado Integrado em Arquitectura 2009/10

## ARQUITECTURA PARA UMA SUSTENTABILIDADE:

TECNOLOGIAS, FORMAS E MATERIAIS - CONCEITO



Lydia Rafaela Duarte do Amaral

Dissertação apresentada no âmbito dos estudos conducentes à obtenção do grau de Mestre em Arquitectura, pela Universidade da Beira Interior, sob a orientação e co-orientação, respectivamente, de:

Prof. Doutor Miguel João Mendes do Amaral Santiago Fernandes;

Prof. Doutor João Carlos Gonçalves Lanzinha.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, ao meu orientador, Prof. Doutor Miguel João Mendes do Amaral Santiago Fernandes, pelos conhecimentos, ajuda, revisão, estímulo constante e orientação dedicada, assim como, pela amizade construída ao longo deste percurso.

Ao Prof. Doutor João Carlos Gonçalves Lanzinha, meu co-orientador, pelas correcções, partilha de material, disponibilidade e interesse no trabalho desenvolvido.

Aos amigos, que demasiadas vezes privei da minha companhia e atenção.

Por último, mas não menos importante, aos meus pais e irmão, por tudo.

## RESUMO

O modo de vida da civilização actual está a provocar danos graves no planeta. Encarando a construção como a actividade humana que mais afecta, directa e indirectamente, o ambiente, temos a responsabilidade, como projectistas, de tentar inverter esta situação.

A metodologia de trabalho implica, numa primeira fase, sintetizar alguns dos esforços que têm sido feitos para minimizar este problema, através da referência a técnicas, tecnologias e materiais.

Posteriormente, são apresentados alguns exemplos, tanto a nível nacional, como mundial, que aplicam os assuntos abordados.

Esta dissertação culmina com a integração destas “questões” no projecto de um Centro de Formação para a Sustentabilidade, em que as escolhas tecnológicas influenciam a obtenção dos resultados finais, logo, as soluções arquitectónicas.

O intuito do trabalho passa por demonstrar que a Sustentabilidade é um conceito que traz benefícios acrescidos aos projectos e, apesar de influenciar e condicionar Arquitectura, não implica e ambas não consigam coexistir pacificamente, tirando o maior proveito das suas especificidades.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sustentabilidade, tecnologias, materiais, funcionalidade, arquitectura solar, arquitectura bioclimática.

## **ABSTRACT**

The current lifestyle of the civilization is causing serious damage to the planet. Taking into account the construction as the human activity that affect the most, directly and indirectly, the environment, our responsibility, as designers, is try to reverse this situation.

The methodology imply, initially, summarizing some of the efforts that have been made to minimize this problem, by referring some techniques, technologies and materials.

Subsequently, are presented some examples that apply the topics discussed, both national and world wide.

This work culminates with the integration of these "issues" in the design of a Training Center for Sustainability, where technological choices affect the achievement of final results, therefore the architectural solutions.

The purpose of this paper is to demonstrate that sustainability is a concept that brings additional benefits to projects and, despite influencing and restrict the architecture, it does not imply that both can't coexist peacefully, getting the most out of their specificities.

**KEY WORDS:** Sustainability, technologies, materials, functionality, solar architecture, bioclimatic architecture.

**ÍNDICE**

INTRODUÇÃO	1
PARTE I – PESQUISA E DESENVOLVIMENTO	3
CAPÍTULO 1 – A SUSTENTABILIDADE COMO NECESSIDADE DA EVOLUÇÃO	4
1.1. EVOLUÇÕES E DEFINIÇÕES	4
1.1.1. ACORDOS MUNDIAIS	8
1.1.2. LEGISLAÇÃO EXISTENTE	15
1.2. RECURSOS EXISTENTES	17
1.2.1. MATERIAIS	19
1.2.1.1. MATERIAIS NATURAIS	20
1.2.1.2. MATERIAIS ARTIFICIAIS	23
1.2.2. PROGNÓSTICOS DE DURABILIDADE	26
1.3. NOTAS CAPÍTULO 1	28
CAPÍTULO 2 – SUSTENTABILIDADE NA ARQUITECTURA	32
2.1. ARQUITECTURA SOLAR PASSIVA, ACTIVA E BIOCLIMÁTICA	33
2.1.1. FORMAS E ENVOLVENTE (RELAÇÃO DE ENVOLVÊNCIA)	33
2.1.2. OCUPAÇÃO E USO	35
2.1.3. TÉCNICAS E TECNOLOGIAS CONSTRUTIVAS	36
2.2. EXEMPLOS RELEVANTES	41
2.2.1. PORTUGAL	42
2.2.2. EUROPA / AMÉRICA / ÁFRICA / ORIENTE	48
2.3. NOTAS CAPÍTULO 2	59
CAPÍTULO 3 – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES	61
3.1. NOTAS CAPÍTULO 3	64
PARTE II – PROJECTO E CONCRETIZAÇÃO	65
CAPÍTULO 4 – CENTRO DE FORMAÇÃO PARA A SUSTENTABILIDADE	66
4.1. OBJECTIVOS / DESCRIÇÃO	66
4.2. LOCALIZAÇÃO / ENQUADRAMENTO ARQUITECTÓNICO	67
4.3. FACTORES CLIMÁTICOS	73
4.4. PROGRAMA: FUNCIONALIDADE E PROCESSO CRIATIVO	78
4.5. TECNOLOGIAS, FORMAS E MATERIAIS – CONCEITO (RELAÇÃO TEORIA/PRÁTICA)	84

4.6. NOTAS CAPÍTULO 6	90
PARTE III – DOCUMENTAÇÃO FINAL	91
CAPÍTULO 5 – ÍNDICE ICONOGRÁFICO; ÍNDICE DE GRÁFICOS	92
5.1. ÍNDICE ICONOGRÁFICO	92
5.2. ÍNDICE DE GRÁFICOS	95
CAPÍTULO 6 – BIBLIOGRAFIA	97
6.1. BIBLIOGRAFIA GERAL	97
6.2. BIBLIOGRAFIA ESPECÍFICA	101
6.3. DOCUMENTAÇÃO ELECTRÓNICA	102

## **a) INTRODUÇÃO**

A Declaração de Bolonha veio alterar profundamente o ensino e as questões pedagógicas e metodológicas no meio académico português. Cientes desta alteração, propomos elaborar uma dissertação, que apesar de ambiciosa, se ajusta às mudanças introduzidas por este novo “sistema”.

Ambiciosa, porque, para além, de ser uma “dissertação de projecto”, pareceu-nos importante uma reflexão teórica alargada e abrangente sobre o tema: sustentabilidade, ecologia e energias alternativas. Assim, este trabalho retoma um parâmetro da investigação e da pesquisa em que a documentação recolhida para a elaboração desta dissertação se baseia na articulação de vários discursos, uma vez que a análise deve ter o contributo de áreas tão diversas como a filosofia, a arquitectura, o urbanismo e a construção.

Só uma reflexão integrada pode levar a resultados adequados, com elevados níveis técnicos, científicos e formais. Sabendo destas condicionantes e da forte vocação transdisciplinar e inter-disciplinar que nos nossos dias se torna primordial, é notório, que a nossa formação e conhecimento não permite, neste momento, essa mais-valia. No entanto, o esforço foi de encontrar uma filtragem de toda a informação disponível, tentando ser rigorosos, tendo sempre em conta uma estrutura que, abordando aspectos heterogéneos, concorresse para uma homogeneidade do trabalho final.

A estrutura da dissertação, muito simples, divide-se em duas partes, uma primeira parte, em que se descrevem e analisam as questões teóricas e históricas relacionadas com a sustentabilidade, tais como, a legislação, os Acordos Mundiais, os recursos existentes, o estado da arte, as analogias entre Portugal e os Estados Unidos, as técnicas e tecnologias construtivas, as ferramentas de avaliação ambiental e, finalmente, são apresentados alguns exemplos paradigmáticos; uma segunda parte, em que se descrevem e analisam as questões do projecto e da sua concretização, tais como, os objectivos, o programa, o processo criativo, as

questões funcionais, os aspectos tecnológicos e os factores relevantes geográficos (localização, enquadramento e clima).

Temos consciência de que haverá sempre a possibilidade de melhorar o valor e o conteúdo dos textos, das imagens e da apresentação de um “documento”, mas o tempo é um dos valores mais característicos e preciosos da contemporaneidade, e o nosso tempo acabou.

Para terminar, como se pode verificar, temos uma bibliografia extensa, a qual foi necessária dada a metodologia adoptada.

## **PARTE I – PESQUISA E DESENVOLVIMENTO**

### **CAPÍTULO 1 – A SUSTENTABILIDADE COMO NECESSIDADE DA EVOLUÇÃO**

#### 1.1. EVOLUÇÕES E DEFINIÇÕES

##### 1.1.1. ACORDOS MUNDIAIS

##### 1.1.2. LEGISLAÇÃO EXISTENTE

#### 1.2. RECURSOS EXISTENTES

##### 1.2.1. MATERIAIS

##### 1.2.1.1. MATERIAIS NATURAIS

##### 1.2.1.2. MATERIAIS ARTIFICIAIS

##### 1.2.2. PROGNÓSTICOS DE DURABILIDADE

#### 1.3. NOTAS CAPÍTULO 1

### **CAPÍTULO 2 – SUSTENTABILIDADE NA ARQUITECTURA**

#### 2.1. ARQUITECTURA SOLAR PASSIVA, ACTIVA E BIOCLIMÁTICA

##### 2.1.1. FORMAS E ENVOLVENTE (RELAÇÃO DE ENVOLVÊNCIA)

##### 2.1.2. OCUPAÇÃO E USO

##### 2.1.3. TÉCNICAS E TECNOLOGIAS CONSTRUTIVAS

#### 2.2 EXEMPLOS RELEVANTES

##### 2.2.1. PORTUGAL

##### 2.2.2. EUROPA / AMÉRICA / ÁFRICA / ORIENTE

#### 2.3. NOTAS CAPÍTULO 2

### **CAPÍTULO 3 – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES**

#### 3.1. NOTAS CAPÍTULO 3

## **CAPÍTULO 1 – A SUSTENTABILIDADE COMO NECESSIDADE DA EVOLUÇÃO**

### **1.1. EVOLUÇÃO E DEFINIÇÕES**

Desde que há indícios da aparição do Homem, que este teve a necessidade de procurar abrigo do meio envolvente, nomeadamente, das adversidades das condições climáticas e dos animais, com vista à sua sobrevivência. Os primeiros registos de construções existentes eram grutas profundas, em que a entrada era protegida por amontoados de pedras.

A evolução no modo de vida do homem, de nómada a sedentário, levou a que houvesse uma evolução e maior preocupação na escolha e construção dos abrigos. Surgem então os primeiros objectos em barro cozido, assim como as primeiras aldeias de casas circulares de lama com palha e telhados de colmo<sup>[1]</sup>. O Homem utilizava então apenas materiais provenientes da Natureza no seu estado bruto.

À medida que o tempo foi passando, mudaram as necessidades, assim como as características das intervenções, o que levou a um maior nível de exigência das construções. *“Os materiais deixam de ser aplicados tais quais como eram extraídos da natureza, o que implicou maiores consumos energéticos e maiores dificuldades da absorção destes materiais pelos ecossistemas, aquando da sua devolução, após o fim da vida útil das construções”*<sup>[2]</sup>.

Este processo verificou-se a partir da Revolução Industrial<sup>[3]</sup>, em que a descoberta de novas técnicas e materiais leva a uma construção desenfreada, fruto do desenvolvimento económico, social e tecnológico que se fazia sentir, e traduzindo uma sociedade que se acreditava imparável, dispondo de *“energia barata”*<sup>[4]</sup>, ou seja, em que o seu único custo era o de extracção, sem se ter ainda consciência de quaisquer problemas ambientais.

Entre os novos materiais, o surgimento do betão, perto do ano 1880, foi bem recebido, pois proporcionava características ambiciosas às construções que iam de encontro ao pensamento da época. Porém, os seus defeitos foram surgindo,

e o material que se pensava ser económico e eterno, revelou-se de durabilidade limitada, assim como dependente de onerosas manutenções e reabilitações<sup>[5]</sup>.

Com estas mudanças, assistiu-se a um desprendimento dos vínculos da arquitectura com os “*materiais locais, as tradições vernáculas e a sua unidade com o envolvente*”<sup>[6]</sup>, tornando as cidades e os edifícios cada vez mais desligados da paisagem. Ao deixar de ser puramente local, a actividade da construção passa a acartar custos cada vez maiores, dado que a utilização, redistribuição e concentração dos recursos energéticos ou materiais, de uma zona para outra, torna-se mais dispendiosa e cria desequilíbrios ambientais<sup>[7]</sup>.

Para além das implicações criadas pelos materiais de construção e pela construção em si, outros factores existem que implicam significativos esforços adicionais ao meio ambiente, como o facto de a esperança média de vida e a população ter aumentado, e à medida que esta aumenta, há tendência para consumir mais, aumentando a nossa dependência pelo aquecimento/arrefecimento, iluminação e deslocação (transporte).

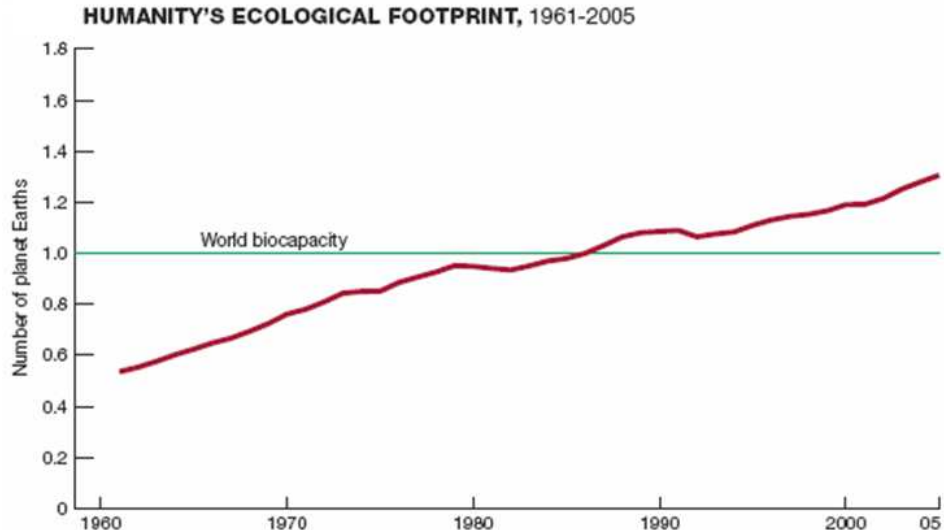


GRÁFICO 1 – PEGADA ECOLÓGICA. (1961-2005)

As previsões apontam para números alarmantes em que, a nível de exemplo, se toda a população mundial consumisse energia ao ritmo dos E.U.A., as reservas mundiais de combustíveis fósseis durariam menos de 10 anos<sup>[8]</sup>.

A existência e alojamento da civilização contemporânea causam um desgaste notável ao meio natural, fruto dos hábitos de vida de uma sociedade

consumista e esbanjadora. Com cerca de metade dos seres vivos a residir em áreas urbanas, coloca-se o problema do habitat e da organização espacial do mesmo, cada vez mais desigual. As cidades têm cada vez maiores taxas de ocupação do solo o que implica uma grande concentração de população num espaço reduzido. Este modo de vida é, geralmente, considerado insustentável pois não denota o esforço por aproveitar os recursos existentes nele, numa tentativa de atingir uma auto-suficiência.

Durante décadas as soluções energéticas dependeram essencialmente da electricidade ou de combustíveis fósseis, como o gás, o carvão e o petróleo; principais causadores do gás de efeito estufa<sup>[9]</sup>, principalmente o CO<sub>2</sub>, originador do aquecimento global<sup>[10]</sup>.

Embora o fenómeno tivesse começado aproximadamente uma década antes, foi no final dos anos 60, inícios dos anos 70<sup>[11]</sup>, que o progresso tecnológico foi posto em causa, surgindo movimentos em defesa da Natureza cada vez com maior intensidade. *“Como resultado da crise de petróleo da década de 70, foi iniciada a discussão em torno da poupança de energia. Ao mesmo tempo, começa a despontar a consciência social acerca da fragilidade do planeta Terra e a palavra ecologia passa a ser um termo bastante utilizado”*<sup>[12]</sup>. Estas preocupações levam ao aparecimento de diversas organizações que, desde então, tentaram definir um novo rumo que, por necessidade, contrariasse a tendência de até então. Termos como Ecologia ou Sustentabilidade passaram a fazer parte do nosso dia-a-dia e cada vez mais se tem tentado implementar estes conceitos como parte integrante dos nossos deveres como cidadãos do mundo.

Assim como as diversas organizações que se formaram, diversas definições tentaram descrever os objectivos da sustentabilidade, aplicados a uma variedade de actividades humanas. Segundo o *Relatório Brundtland (World Commission on Environment and Development, 1987)*: *“Por desenvolvimento sustentável entende-se o desenvolvimento que satisfaz as necessidades actuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras para satisfazerem as suas próprias necessidades”*<sup>[13]</sup>. Já a União Mundial de Conservação (Programa das Nações Unidas para o Ambiente e do Fundo Mundial para a Natureza, 1991) defende que

*“desenvolvimento sustentável significa melhorar a qualidade de vida sem ultrapassar a capacidade de carga dos ecossistemas de suporte”* <sup>[14]</sup>.

Os ecossistemas de suporte, meio ambiente natural, são hoje explorados pelo Homem de maneira exaustiva como forma de alimentar o meio por ele construído, o meio artificial. Esta relação entre os dois meios denomina-se de *impacto ambiental* <sup>[15]</sup>.

O impacto ambiental ou ecológico que a indústria da construção causa é enorme, estando estimado que absorve cerca de metade dos recursos mundiais disponíveis. Dado isto, o interesse por uma *“construção sustentável”* <sup>[16]</sup> tem vindo a crescer. Segundo a *BSRIA (Building Services Research and Information Association)*, construção sustentável é *“a criação e gestão de edifícios saudáveis baseados em princípios ecológicos e no uso eficiente dos recursos”* <sup>[17]</sup>.

O conceito de construção sustentável não é no entanto inovador, pois já Vitruvius (séc. I a.C.), no seu tratado de Arquitectura, refere os vínculos entre o meio natural e o artificial, através da abordagem à localização, orientação e iluminação natural dos edifícios <sup>[18]</sup>.

Actualmente, o impacto ecológico total da extracção, produção e construção, uso e eliminação final de um material de construção é muito difícil de medir. No entanto, qualquer esforço no sentido da redução dos indicadores que causam a delapidação dos recursos são considerados um ponto de partida e, como tal, podem-se considerar dentro do termo *“verde”* <sup>[19]</sup>.

À medida que as fontes de recursos diminuem, a consciência global está a procurar encontrar respostas na evolução da técnica e na ciência. Não se pode considerar que existam *“modelos acabados”* que se devem seguir, mas sim encarar as tentativas como uma aproximação aos objectivos pretendidos <sup>[20]</sup>.

Apesar de ser agora, mais que nunca, uma temática actual, satisfazer tais medidas implica ainda rumar contra o *“modelo produtivo do capitalismo”* <sup>[21]</sup>, que não interessa às economias dominantes, e assim *“em vez dos edifícios energetívoros que temos e que se continuam a fazer, por razões mercantis, dever-se-iam reabilitar as construções no sentido ecológico e promover-se uma ecologia social de eco-*

*urbanismo, eco-energia, eco-transporte, de maneira a provocar uma mudança de paradigma*”<sup>[22]</sup>.

Devemos compreender a ecologia como uma oportunidade de um profundo corte epistemológico, em que a abordagem complexa, da dialógica<sup>[23]</sup> e da sistémica exige a proposição de um novo paradigma, que se desenvolva, partindo da análise, da reflexão e do espírito crítico, e tendo como meta final dinamizar a acção cívica em relação aos problemas existentes no mundo actual, onde se verifica: a exclusão social, a violência, a pobreza e a injustiça.

Assim, a formação, educação e ensino devem basear-se no conhecimento, na análise, na reflexão e no espírito crítico, participando e promovendo experiências de boas práticas de planeamento e construção de um “novo” território, que enalteça os valores da cidadania activa e responsável, criando uma paisagem em que a natureza e o homem, a cultura e a ciência, a arte e a técnica convivam de modo justo e equilibrado.

É nosso dever como futuros arquitectos, promover um discurso e uma acção prática competente, profissional e criativa, propondo uma alternativa de sociedade ecologicamente sustentável, evitando o crescimento contaminador baseado nas energias fósseis e num modelo tecnologicamente oportunista.

### **1.1.1. ACORDOS MUNDIAIS**

Após a consciencialização da escassez de recursos e os estudos que ligavam a degradação do ambiente a uma menor qualidade de vida, o interesse pelos problemas ambientais foi crescendo, e à medida que o fazia, ia explorando novas problemáticas que iam surgindo e, de forma geral, podem-se agrupar da seguinte maneira<sup>[24]</sup>:

- Década de 70: escassez de energia;
- Década de 80: aquecimento global; conceito de “desenvolvimento sustentável”; destruição da camada de ozono;
- Década de 90: distribuição e qualidade dos recursos hídricos; protecção dos bosques tropicais; biodiversidade;

- Década de 2000: saúde das cidades; desenvolvimento e construção sustentáveis; sustentabilidade e saúde.

Estes e outros assuntos levaram à reunião de massas cada vez maiores, e foram discutidos em conferências e cimeiras organizadas a nível mundial, ao longo dos anos<sup>[25]</sup>, nas quais se foram questionando os problemas existentes e onde, por vezes, surgiu a necessidade da imposição de metas para tentar mitigar ou evitar o uso dos recursos de forma irracional. As reuniões e tratados apresentados seguidamente são os que tiveram maior reconhecimento, tendo deles resultado a alteração das políticas vigentes à data.

#### 1972 – CONFERÊNCIA DE ESTOCOLMO SOBRE O AMBIENTE HUMANO

Após vários alertas que mostravam efeitos adversos como resultado da intervenção do Homem no planeta, começou neste ano a reunião de organizações governamentais e não-governamentais para debater as causas e delinear eventuais soluções, que se vieram repetindo até à actualidade.

Tendo como pressuposto a situação da época, reflectiu-se sobre as diferenças entre os países industrializados e em desenvolvimento, assim como a evolução humana e a delapidação de recursos. Houve a necessidade de encontrar uma visão global, assim como a definição de alguns princípios comuns (vinte e seis), que inspirassem e guiassem os governos e as pessoas do mundo na preservação e aumento do ambiente humano, em benefício da sua própria prosperidade<sup>[26]</sup>.

Esta conferência foi o início de uma série de iniciativas, com o objectivo de despertar a consciência para o problema global, essencialmente, das organizações governamentais, e embora não tivesse resultados imediatos visíveis, é dela que deriva, por exemplo, a Cimeira da Terra, em 1992.

#### 1979 – CONVENÇÃO DE GENEVRA SOBRE A CONTAMINAÇÃO AÉREA (ONU)

As origens desta Convenção podem ser ligadas aos anos 60, onde cientistas conseguiram demonstrar relações de acidificação inter-continentais, no entanto,

estudos realizados depois da conferência anterior mostraram informações ainda mais pertinentes sobre os poluentes atmosféricos.

Foi assim o primeiro instrumento legal com obrigações, que fixava os princípios gerais da cooperação internacional para a redução da poluição atmosférica, numa amplitude regional. Para além de estabelecer obrigações com as partes envolvidas, certifica-se que estas as cumpram e impõe medidas no caso de não serem cumpridas, tendo reuniões anualmente<sup>[27]</sup>.

A Convenção entrou em vigor em 1983 e dela fazem parte 8 protocolos específicos:

- Protocolo relativo à Redução da Acidificação, Eutrofização e Ozono Troposférico (1999);
- Protocolo relativo aos Poluentes Orgânicos Persistentes (1998);
- Protocolo relativo aos Metais pesados (1998);
- Protocolo relativo a novas reduções de enxofre (1994);
- Protocolo relativo à redução das emissões de Compostos Orgânicos Voláteis e seus fluxos transfronteiriços (1991);
- Protocolo relativo à redução das emissões de óxidos de azoto e seus fluxos transfronteiriços (1988);
- Protocolo relativo à redução das emissões de Enxofre e seus fluxos transfronteiriços (1985);
- Protocolo relativo ao financiamento a longo prazo do Programa de Vigilância da Poluição Atmosférica a Longa Distância na Europa (EMEP) (1984)<sup>[28]</sup>.

#### 1980 – ESTRATÉGIA MUNDIAL PARA A CONSERVAÇÃO (IUCN)

A *International Union for Conservation of Nature* definiu a Estratégia Mundial para a Conservação<sup>[29]</sup>, que empregou esforços na união de agências governamentais com o objectivo de alcançar um desenvolvimento sustentável, através da conservação dos ecossistemas.

A proposta consistia em demonstrar a crescente pressão efectuada nos ecossistemas e explicar a sua importância no desenvolvimento sustentável, sendo a

sua conservação essencial para a sobrevivência Humana. Foram identificados, a nível mundial, os pontos prioritários para intervir e propostas medidas para atingir os objectivos.

Entre os temas prioritários abordados encontram-se: a redução na quantidade e qualidade de solo agrícola e de pasto; degradação dos solos e das bacias hidrográficas; desertificação; diminuição da biodiversidade; extinção das espécies; desflorestação; planeamento ambiental inadequado e exploração irracional dos recursos; entre outros.

### 1983 – COMISSÃO MUNDIAL SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (ONU)

A crescente preocupação pela deterioração do meio ambiente e dos recursos naturais, assim como as possíveis consequências de tal deterioração na economia e no desenvolvimento social, levaram à criação desta comissão, que viria a ser a base das medidas do Relatório *Brundtland* em 1987.

Empenhou-se em definir desenvolvimento sustentável como a satisfação das necessidades das gerações actuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras para satisfazerem as suas próprias necessidades. Esta definição tornou-se desde então a linha de pensamento a seguir por várias instituições, desde as Nações Unidas, Governos, instituições privadas, organizações e empresas.

Numa visão geral, reconhece os maiores problemas ambientais e o interesse comum de todos os países em perseguir políticas que levem ao desenvolvimento ambiental sustentável<sup>[30]</sup>.

### 1987 – PROTOCOLO DE MONTREAL SOBRE A CAMADA DO OZONO (ONU)

O Protocolo de Montreal sobre as substâncias que esgotam a camada do ozono é hoje reconhecido como um instrumento de cooperação internacional bem sucedido na prevenção da extinção total desta camada, que tem vindo a ser apontado como o maior impulsionador do aquecimento global.

A Organização das Nações Unidas foi a impulsionadora de diversas Convenções ao longo dos anos, com início na Convenção de Viena, em 22 de Março, de 1985, e tendo já reunido em cidades como Helsínquia (1989), Londres (1990), Copenhaga (1992), Viena (1995), Montreal (1997) e Pequim (1999), com reuniões anuais desde 1989. O Protocolo é um documento escrito, em que as Partes assinantes se comprometem a cumprir os limites estabelecidas, tendo já sido alterado quatro vezes e ajustado cinco, com a finalidade de tornar mais actuais as suas previsões e metas a alcançar<sup>[31]</sup>.

#### 1987 – NOSSO FUTURO COMUM (COMISSÃO BRUNDTLAND) (ONU)

A Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, presidida pela antiga Primeira-Ministra Norueguesa Gro Harlem Brundtland, alertou o mundo para a necessidade urgente de progredir no sentido do desenvolvimento económico que pudesse ser sustentado sem esgotar os recursos naturais ou danificar o ambiente.

Escrito por um grupo internacional de políticos, funcionários civis e peritos no ambiente e no desenvolvimento afirmava no prefácio que *“o que é necessário agora é uma nova era de crescimento económico – crescimento esse que é forte e ao mesmo tempo socialmente e ambientalmente sustentável”*<sup>[32]</sup>, sendo ainda hoje uma verdade, passados mais de vinte anos.

O Relatório contém medidas que pretendem fomentar o desenvolvimento sustentável implicando o *“fim do esgotamento energético e dos bens naturais essenciais, graças a uma estratégia de substituição pelas energias renováveis e materiais recicláveis”* e o *“fim da contaminação do planeta pela eliminação dos resíduos tóxicos e radioactivos, graças a uma mudança de produção não poluitiva e também reduzindo e reciclando os lixos biodegradáveis, factores regenerativos da vida e necessários ao próprio desenvolvimento”*<sup>[33]</sup>.

### 1992 – CIMEIRA DA TERRA (RIO DE JANEIRO) (ONU)

O Relatório *Brundtland*, cinco anos antes, foi a base desta Cimeira que foi a maior conferência ambiental alguma vez organizada, juntando 30.000 participantes, incluindo mais de cem chefes de estado.

A Cimeira representou um passo em frente no que diz respeito aos acordos internacionais, baseados nas mudanças climáticas, florestas e biodiversidade. Para além de ter levado à criação da Comissão de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas, dela resultaram vários documentos importantes com medidas para a protecção ambiental, entre eles:

- a Convenção da Diversidade Biológica;
- a Convenção das Mudanças Climáticas;
- os Princípios de Gestão das Florestas;
- a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (*UNFCC*);
- e, mais importante, a Agenda 21, que requereu aos países que traçassem uma estratégia nacional de desenvolvimento sustentável.

Cinco anos mais tarde, as Nações Unidas realizaram aquela que se conhece como a Segunda Cimeira da Terra, ou Cimeira da Terra +5. O seu objectivo foi o de informar e comprovar o estado da implementação dos acordos da Cimeira de 1992.

### 1996 – CONFERÊNCIA HABITAT II (ONU)

A Declaração de Istambul, sobre Povoação Humana, reforça o empenho dos governantes do mundo, após a primeira Conferência Habitat (Vancouver), em alcançar melhores condições de vida e mais liberdade para a humanidade.

Perante o padrão de desenvolvimento apresentado pelas cidades, e para garantir aspectos de salubridade, são fixados objectivos como assegurar abrigos adequados, mais seguros, saudáveis, habitáveis, equivalentes e produtivos para todos, assim como povoações mais sustentáveis<sup>[34]</sup>.

### 1996 – CONFERÊNCIA DE QUIOTO SOBRE O AQUECIMENTO GLOBAL (ONU)

Conferência da qual resultou um acordo internacional celebrado no Japão, onde foram fixados alvos, por 37 países industrializados e pela comunidade Europeia, para reduzir os gases de efeito estufa (CFC's) em pelo menos, cinco por cento, face aos níveis de 1990, e durante o período entre 2008 e 2012.

Enquanto a Conferência apenas encorajava as partes a estabilizar as emissões, o Protocolo de Quioto vincula-os a cumprirem as metas. As metas são diferentes assim como as penalizações (*“common but differentiated responsibilities”*), pois reconhece que os principais responsáveis pela maior emissão de gases são os países industrializados, fruto de mais de 150 anos de industrialização. O Protocolo de Quioto foi adoptado, em Dezembro, de 1997 e, entrou em vigor, em Fevereiro, de 2005<sup>[35]</sup>.

O Protocolo sofreu alguns insucessos, como o facto de mais tarde, já na Conferência de Haia, os Estados Unidos da América, o maior emissor de gases de efeito estufa, ter desistido do Protocolo<sup>[36]</sup>.

Esta conferência faz parte de uma série de Convenções das Partes (COP), organizadas pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (UNFCC), que tiveram início com a Cimeira da Terra e têm-se vindo a realizar frequentemente, em vários países, estando a próxima agendada para o Japão, de 18 a 29 de Outubro, de 2010.

### 2007 – ESTRATÉGIA 20-20-20 (UE)

A União Europeia propôs uma estratégia de futuro no que diz respeito às políticas do ambiente e da energia, pretendendo combater as mudanças climáticas, assim como aumentar a sua competitividade e força no que diz respeito às energias, no intuito de se transformar numa economia auto-eficiente, não emissora de carbono.

Esta medida ficou conhecida como a estratégia 20-20-20, derivado das metas que se propôs a alcançar até à data de 2020: reduzir as emissões de gases

com efeito de estufa, no mínimo em 20%, abaixo dos níveis de 1990; aumentar para 20% a quota das energias renováveis no consumo energético; e melhorar a eficiência energética em 20%, reduzindo o consumo de energias primárias.

A Comissão Europeia propôs posteriormente a implementação de uma legislação obrigatória, que fizesse os estados-membros cumprir as metas estipuladas, tendo esta sido aprovada pela Parlamento Europeu, entrando em vigor em Junho de 2009<sup>[37]</sup>.

### 1.1.2. LEGISLAÇÃO EXISTENTE

A nível mundial, pode-se afirmar que, geralmente, as nações têm empregado esforços com o objectivo de minimizar a utilização de recursos, assim como reduzir a emissão de poluentes, tanto para o ambiente, como para a atmosfera. Este esforço levou à adopção de algumas leis por parte dos governos, que obriguem a um maior planeamento da aplicação dos recursos, conduzam a uma eficiência térmica e incentivem o uso de energias renováveis, designadamente, na área da construção.

No que diz respeito a **Portugal**, o Governo Português aprovou uma série de regulamentos relativos ao desempenho energético e térmico de edifícios que tencionam ir de encontro às directivas impostas pela União Europeia. Entre estes documentos são<sup>[38]</sup>:

- O Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril, Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE). Este documento tem como objectivos: assegurar a utilização de sistemas de energias renováveis, assim como a garantia da qualidade do ar interior, de acordo com as exigências e disposições contidas no RCCTE e no RSECE; certificar o desempenho energético e a qualidade do ar interior nos edifícios; identificar as medidas correctivas ou de melhoria de desempenho aplicáveis aos edifícios e respectivos sistemas energéticos, quer no que respeita ao desempenho energético, quer no que respeita à qualidade do ar interior.

- O Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 Abril, Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE). Este documento determina: os requisitos a observar no projecto de novos sistemas de climatização, devendo estes ser assegurados em condições de eficiência energética, através da selecção adequada de equipamentos, e a sua organização em sistemas, bem como os limites de potência aplicáveis; os termos de concepção, da instalação e do estabelecimento das condições de manutenção a que devem obedecer os sistemas de climatização, através de princípios de utilização de materiais e tecnologias adequados com vista à sustentabilidade ambiental; as condições de monitorização e de auditoria de funcionamento dos edifícios em causa.
- O Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 Abril, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Este regulamento, no que diz respeito aos projectos de todos os edifícios de habitação e dos edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizados, exige: a aplicação de medidas que vão de encontro ao conforto térmico, tanto de aquecimento, de arrefecimento ou de ventilação, bem como as necessidades de água quente sanitária; a minimização de situações patológicas nos elementos de construção provocadas, pela ocorrência de condensações superficiais ou internas, com potencial impacte negativo na durabilidade dos elementos de construção e na qualidade do ar interior.

No que diz respeito aos **E.U.A.**, o Governo também se encontra empenhado em reduzir a sua dependência de energia por parte de fontes externas e poluentes, nomeadamente, nos edifícios, nos transportes, na indústria e no abastecimento eléctrico.

A nível geral, *Energy Policy Act*, de 2005, e o *Energy Independence and Security Act*, de 2007, incluiu requerimentos de eficiência energética e sustentabilidade em edifícios federais, escolares, entre outros. Para complementar estas medidas, os diferentes estados seguem as suas próprias directivas no caminho da construção ecologicamente sustentada.

A cidade de Long Beach, estado da Califórnia, a nível municipal, tem incorporado vários princípios para promover a sustentabilidade em sete áreas: edifícios e bairros; *urban nature*; redução de resíduos; água; energia; transporte; eco produtos e serviços.

A cidade tem políticas que exigem a incorporação de princípios de construção que integrem o sistema de avaliação *Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)*, assim como está empenhada em monitorar as emissões de gases com efeito de estufa, através do *Climate Action Leader*.

## 1.2. RECURSOS EXISTENTES

*“O consumo actual e os níveis de produção estão 25% mais altos que a capacidade de carga sustentável da Terra, de acordo com a Ecological Footprint Sustainability Measure, uma medida independente baseada nas estatísticas das Nações Unidas. Se toda a gente no mundo vivesse como uma pessoa média nos países de salário elevado, precisaríamos de 2.6 planetas adicionais para nos sustentar”<sup>[39]</sup>.*

Temos à nossa disposição dois tipos de recursos naturais: os renováveis e os não renováveis. Os renováveis são aqueles que provêm de fontes que, independentemente do volume de utilização, não correm o risco de se esgotarem e estão conotados como *“energia limpa”*; ao contrário destes, os recursos não renováveis estão disponíveis de uma forma finita, e a sua durabilidade depende da racionalização do seu emprego, como são exemplo os combustíveis fósseis e o carvão.

Para serem utilizados pelo Homem, os recursos são extraídos e podem, ou não, sofrer transformações. A transformação é um processo que consome bastante energia e causa poluição, aumentando assim, o custo associado, económico e ambiental, de um determinado produto.

A extracção e transformação de matérias, com a finalidade de criar novos materiais, são processos que consomem bastante energia, mas apenas os primeiros passos da sua vida útil. A estes, seguem-se o transporte, a aplicação, a manutenção

e eventual remoção, reciclagem e/ou eliminação. O impacto ambiental de um material aumenta significativamente com a deslocação desde o local de extracção até ao local de implantação<sup>[40]</sup>.

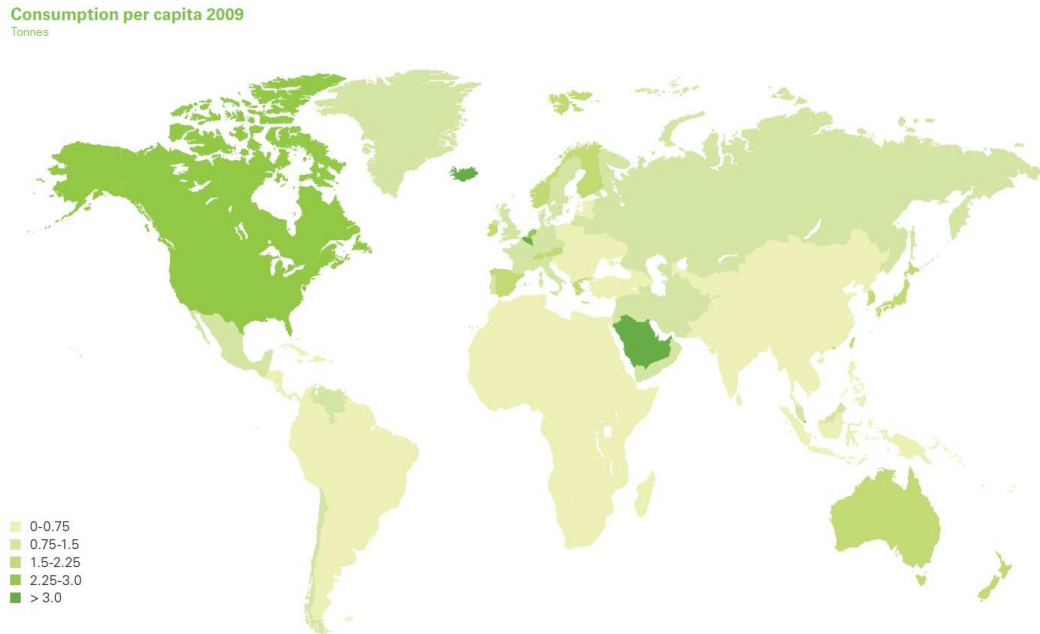


FIGURA 1 – MAPA MUNDIAL DE CONSUMO DE ÓLEO, *PER CAPITA*. (2009)

Como consequência da globalização e, essencialmente, do abandono das técnicas vernaculares por parte da Arquitectura, é hoje possível construir com todos os materiais em qualquer parte do mundo. Esta noção de liberdade (excentricidade) começou recentemente a ser posta em causa e, assim, a ser avaliada em função da necessidade das escolhas. Como tal, a imposição de limites é essencial para o respeito pelos recursos naturais, devendo-se procurar usufruir dos recursos presentes num raio de 100km de distância do local da obra<sup>[41]</sup>.

A pressão existente sobre os ecossistemas pode ser reduzida através da implementação de tecnologias inteligentes, no sentido da auto-suficiência, maior respeito pelos recursos naturais e pela troca da exploração dos recursos não renováveis, pelos renováveis. A análise do ciclo de vida dos edifícios é parte integrante desse desafio, na medida em que, podem ser construídos com materiais reciclados, ou possíveis de serem reciclados, e não poluentes; produzir a sua própria energia; captar e reciclar a sua água; fazendo um esforço para minimizar

tanto as emissões de gases prejudiciais à atmosfera, como a contaminação dos cursos de água.

A produção de energia através de fontes como o vento, o sol, a biomassa e a energia geotérmica, estão cada vez mais presentes como alimentadores dos edifícios, aplicados pontualmente, reduzindo assim, a necessidade de dependência energética de alimentação da rede pública, e os gastos daí provenientes.

Aliados às novas tecnologias de produção de energia, a escolha de materiais é essencial à construção de um edifício sustentável, devendo ser escolhidos atendendo às suas características e também ao seu impacto ambiental.

### **1.2.1. MATERIAIS**

A recolha e concentração de materiais para o fim da construção acarretam consequências para os ecossistemas, tanto para o de origem, como para o de destino. O impacto ecológico total da extracção, produção, emprego, uso e reutilização ou eliminação de um material é muito difícil de quantificar, mas no entanto, ao compararem-se alguns materiais, consegue-se chegar a conclusões importantes quanto às suas características.

A relação de durabilidade/qualidade e a forma como os materiais são instalados influenciam, ao longo da vida útil dos edifícios, a frequência e os custos de reparações a que estes têm de ser sujeitos<sup>[42]</sup>.

As considerações essenciais a ter em conta, aquando da escolha dos materiais são a energia e o impacto ecológico incorporados do material, o seu potencial de reutilização, a toxicidade e os custos económicos associados ao ciclo de vida.

Quanto à energia incorporada de um material, ela abrange todos os danos ambientais e a energia dispendida em termos globais pelo material. Apesar de haver também custos associados à reciclagem, esta é mais viável que a simples eliminação, e há que considerar, que a maior parte dos materiais de construção pode, e deve, ser reciclado, tal como defende o *Relatório Brundtland*, deve-se

ultrapassar a lógica de causalismo linear, e redefinir o ciclo de vida de modo circular e auto-regenerativo.

Hoje em dia, a quantidade de materiais disponíveis é difícil de calcular, havendo no entanto, uma grande disparidade entre os materiais naturais e os artificiais. Os primeiros, em desvantagem, procuram agora voltar a ser implementados, contrariando a tendência de construção poluidora constatada até agora. Para além do baixo impacto ambiental, a maior parte destes materiais são possuidores de boas características térmicas e acústicas, que aumentam a *performance* dos edifícios.

### **1.2.1.1. MATERIAIS NATURAIS**

#### TERRA

A terra foi desde sempre um material utilizado na construção, essencialmente nos países mais pobres e com falta de recursos. Esta tendência está a mudar, e a sua reintegração na Arquitectura é cada vez mais uma realidade, fruto da procura de materiais de construção com baixo impacto ambiental, e que proporcionem a possibilidade de devolução ao meio ambiente, após a sua utilização.

Encontrando-se à disposição em quase toda a superfície terrestre, a terra é um material inesgotável, de fácil manuseio, com um bom comportamento térmico e acústico (devido à sua grande inércia térmica), incombustível e bastante durável, quando controladas as condições de uso. Apresenta como aspectos negativos a rápida degradação sobre a acção de intempéries, pois a sua durabilidade é reduzida com o contacto com a água, e o facto de ter uma resistência à tracção desprezável<sup>[43]</sup>.

Para aumentar a sua resistência e desempenho, existem variadas técnicas, como a compressão da terra, a adição de telas ou armaduras de fibras e em casos mais extremos, a inclusão de cimento, cal ou betume.

Há diferentes técnicas de aplicação deste material, nomeadamente, a taipa, o adobe e o BTC.

A taipa é a construção de paredes espessas por secções, através de cofragens, em que é aplica a terra húmida seguida de um processo de compactação<sup>[44]</sup>.

A construção em adobe passa pela prévia elaboração de blocos moldados de terra crua, mais propriamente por argila e areia, que atingem a sua resistência máxima após um processo de cura. O impacto ambiental produzido pelo adobe depende do local de fabrico dos blocos, sendo mínimo no caso de serem fabricados *in situ*<sup>[45]</sup>.

O BTC – bloco de terra comprimido – surgiu por volta do séc. XVIII e tem como base o adobe. A compactação é essencial para aumentar a qualidade e resistência dos blocos, e é a principal diferença entre estes e o adobe<sup>[46]</sup>.

### PEDRA

A pedra é também um material natural de excelente durabilidade e características, usado durante séculos na construção. Existem diversos tipos, consoante a sua proveniência, e dependendo da sua formação geológica. O ideal é ser aplicado o mais natural possível, mas há, no entanto, vários materiais provenientes desta matéria-prima.

A energia necessária para a extracção é moderada, sendo a maior condicionante o seu grande peso, que em caso de transporte para grandes distâncias, aumenta significativamente o seu impacto ambiental.

### MADEIRA

A madeira foi desde sempre um material de eleição na construção, não obstante os seus inconvenientes (como a fácil combustão ou deformações por humidade, assim como os riscos associados a esta – caruncho e putrefacção), mas essencialmente, devido à sua resistência à tracção, compressão e flexão, assim como pela sua ligeireza, tenacidade e baixa condutividade térmica<sup>[47]</sup>.

Existe uma grande amplitude de possibilidades no emprego deste material, nomeadamente, elementos decorativos, revestimentos e estruturas. Estas últimas têm uma grande quantidade de sistemas construtivos possíveis, com características por vezes até melhores que o aço ou o betão, como no exemplo da madeira laminada<sup>[48]</sup>.

Desde que seja assegurada a sua proveniência de florestas regenerativas, é incentivado o seu uso em relação a outros materiais, e no seu fim de vida é de fácil aproveitamento para outros materiais, como os painéis de aglomerado, ou ainda para a produção de energia por biomassa.

### MATERIAIS ISOLANTES NATURAIS

Os materiais isolantes são caracterizados pela sua baixa condutividade<sup>[49]</sup>, e são usados para controlar as amplitudes térmicas, quando se edificam as envolventes de um determinado espaço.

O recurso a isolantes naturais tem cada vez mais procura, pela necessidade de eliminar o contacto com produtos tóxicos. Ao contrário dos isolantes artificiais, os produtos orgânicos apresentam uma menor durabilidade, mas não, obrigatoriamente, uma menor eficiência, requerendo apenas cuidados ao nível da construção, nomeadamente, *“aos níveis de humidade, ventilação e presença de roedores”*<sup>[50]</sup>.

São exemplos o cânhamo, a fibra celulosa e a vegetal, o linho, o algodão e a lã de ovelha.

### FAMÍLIA DAS GRAMÍNEAS

As gramíneas são uma vasta família de plantas, que compreende mais de 10.000 espécies, do qual são exemplo a grama, o capim e a relva. Dadas as suas características, algumas delas têm vindo a ser cada vez mais integradas na construção, com benefícios comprovados, como é o caso do colmo, do bambu ou da palha.

O bambu é uma espécie vegetal versátil e leve, de crescimento rápido, logo, extremamente sustentável, conhecida pela sua flexibilidade e resistência, que o torna num potencial substituto da madeira. As suas plantações não requerem grandes cuidados assim como fertilizantes ou produtos químicos, e para além de ser um bom retentor de carbono a sua taxa de renovação é impressionante, atingindo a maturidade passados 3 a 4 anos da data de plantação.

A palha tem boas características térmicas e recentemente tem sido bastante explorada como elemento de construção, mais propriamente nas fachadas, onde, com condições de ventilação ideais, protecção da humidade, e juntamente com revestimentos como a cal, formam uma opção ecológica, leve e de baixo custo.

## ÁGUA

A água, embora não possa ser utilizada como um elemento estrutural, é bastante importante na construção e a sua utilização pode trazer significativas melhorias a um edifício, entre elas a poupança (económica e ambiental), aquando do seu reaproveitamento, e a regulação do conforto térmico, graças à sua massa, que permite, por exemplo, atrasar a incidência dos picos de temperatura. Quando em climas quentes, a sua utilização permite tornar os ambientes, tanto no exterior como no interior, mais agradáveis.

### **1.2.1.2. MATERIAIS ARTIFICIAIS**

#### METAIS

O aço tem uma energia incorporada muito alta (vinte vezes mais alta que o betão, sem armadura, e 20% mais alta que o alumínio) e uma baixa capacidade térmica. Apesar do custo inicial, este material pode, facilmente, ser mais sustentável que o betão, devido à sua capacidade infinita de ser reciclado na sua totalidade, permitindo assim que a sua energia incorporada seja usufruída e repartida por várias gerações. Ideal seria o aço não chegar a ser reciclado, mas sim reutilizado, se para tal, e em fase de construção, se projectassem as estruturas de

modo à sua fácil desmontagem, recorrendo a dimensões *standard* e ao aparafusamento em vez da soldadura<sup>[51]</sup>.

No que diz respeito à relação resistência/peso pode-se considerar uma solução sustentável, sendo mais resistente que o betão, assim como permitindo a construção de elementos mais esbeltos e de menor secção, conseqüentemente de menor massa<sup>[52]</sup>.

O alumínio é, assim como o aço, um material relativamente leve mas com uma energia incorporada bastante alta, proveniente essencialmente do processo de fabricação, em que a *“proporção de energia consumida por unidade de peso é aproximadamente 5 para 1”* <sup>[53]</sup>.

Quanto ao transporte, tanto do aço como do alumínio, pode-se afirmar que *“mantêm uma relação inversa: quanto mais alta é a energia incorporada, mais ligeiro é o material e mais baixos são os custos de transporte”*<sup>[54]</sup>. Para o emprego deste tipo de materiais deve ser estudada a relação entre os custos de produção e a necessidade de utilização e, após esta, qual o destino a dar ao material.

### MATERIAIS AGLOMERANTES

Os materiais aglomerantes mais utilizados na construção são os cimentos, a cal e o gesso, que na sua aplicação são misturados com agregados, por exemplo areias, britas e cascalhos<sup>[55]</sup>. Estes materiais têm custos de extracção altos e a sua exploração é impulsionadora da erosão dos solos.

Constituído por cimento, areia, pedra e água; o betão, na sua produção, gasta enormes quantidades de energia e de água, e os seus resíduos contaminam as redes de saneamento, e também no seu acondicionamento, o desperdício significativo. Já em obra, o seu emprego requer cofragens, que têm um período de vida limitado, aumenta os recursos energéticos associados a operações como montagem, desmontagem, limpeza e arrumação.

O betão, tão utilizado desde Le Corbusier e até aos nossos dias, não é visto como uma solução ambientalmente correcta, pois a sua degradação acarta custos

adicionais durante a vida útil do edifício, e após esta, a reutilização deste material apenas é possível sob a forma de agregados.

### MATERIAIS CERÂMICOS

Os materiais cerâmicos são gerados a partir da cozedura, a altas temperaturas, de uma mistura de argila com outros materiais. Dependendo do processo de cozedura e dos componentes, originam diferentes materiais, entre os quais telhas, tijolos, azulejos, ladrilhos, porcelanas, entre outros. <sup>[56]</sup>

O peso e, respectivamente, a energia incorporada destes elementos depende do modelo e da forma, tendo como principal desvantagem serem aplicados, essencialmente, com cimento e outros aglomerantes, tornando difícil a sua remoção e reutilização.

### VIDRO

O vidro, embora consuma grandes quantidades de energia na sua produção, é um elemento essencial nas construções, tendo vindo a sofrer desenvolvimentos, nos seus processos de produção, gerados pela procura cada vez mais específica de certos factores, como o conforto (térmico e visual) e a segurança<sup>[57]</sup>. Estão assim disponíveis uma grande quantidade de produtos desde o vidro simples, duplo, translúcido, opaco, reflectante, colorido, laminado (anti-quebra), de auto-limpeza, térmico, etc..

O seu processo de reciclagem é essencial, uma vez, que este não se degrada nem decompõe no meio ambiente. Tem a vantagem de poder ser reciclado indefinidamente, dependendo unicamente da separação por cores, podendo fundir-se o material, com a possibilidade de adicionar, ou não, mais matéria-prima.

## MATERIAIS ISOLANTES

Os materiais isolantes artificiais (poliestirenos e espumas) têm um melhor comportamento térmico e melhores prestações energéticas do que os isolantes naturais, mas, apesar de leves, têm uma alta energia incorporada, produzindo um grande impacto ambiental<sup>[58]</sup>.

### 1.2.2. PROGNÓSTICOS DE DURABILIDADE

Um edifício calculado para satisfazer as nossas necessidades térmicas actuais, daqui a uns anos terá de suportar condições para as quais não foi planeado e, como tal, despenderá de mais energia para alcançar o mesmo patamar de conforto. A vida útil dos edifícios estima-se de cinquenta a cento e cinquenta anos, no entanto, as instalações têm um período de vida menor, por volta de vinte anos, sendo importante a relação entre estes dois elementos. Numa visão mais global, as infra-estruturas das cidades (estradas, ferrovias) duram mais de cem anos, enquanto as cidades em si, ultrapassam o meio século<sup>[59]</sup>.

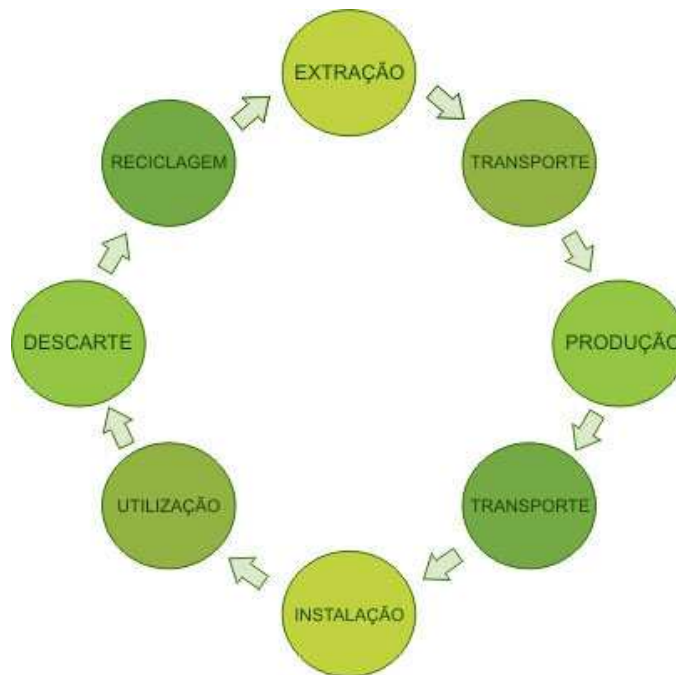


FIGURA 2 – ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DOS MATERIAIS.

Perante estas estimativas, há, nas cidades actuais, a problemática do fim de uso e de vida, dos edifícios que projectamos, como resultado da mentalidade de uma sociedade tecnológica, em constante desenvolvimento.

*“Como uma entidade viva, um edifício é conceptualizado, é criado, vive uma via produtiva, e depois morre”*<sup>[60]</sup>. Os edifícios, como objectos estáticos que são, têm de ser capazes de sofrer metamorfoses, mudando de funções para os quais foram concebidos, sob o risco de se limitarem à inutilidade, *“seja porque as expectativas sociais ou económicas em que se baseavam desaparece ou porque a nova tecnologia os deixa obsoletos”*<sup>[61]</sup>.

Mesmo que a reciclagem ou reutilização total de um edifício por vezes não seja possível, não deve deixar de ser esse o objectivo pretendido, devendo esta iniciativa partir da fase de projecto e conceptualização. Essa consciência do fim de vida dos edifícios é um passo em frente no sentido do uso racional dos recursos.

A sociedade deve basear a sua expansão na Natureza e não opor-se a ela, pois esta aliança traz benefícios a ambas as partes. As cidades devem rumar no sentido da sustentabilidade e da auto-preservação, sendo cada edifício uma parte fundamental de um organismo vivo, que contribui para a salubridade e conforto desta e não o contrário.

**1.3. NOTAS CAPÍTULO 1**

- [1] – in MATEUS, Ricardo; BRAGANÇA, Luís – **Tecnologias Construtivas para a Sustentabilidade da Construção**. Porto: Edições Ecopy, 2006. (col. Prometeu), pág. 17-19.
- [2] – in *Idem, Ibidem*.
- [3] – “*Antes da Revolução Industrial, as energias eram quase exclusivamente renováveis. A eólica servia para a navegação à vela, moagem de cereais, bombagem de água, entre outras, enquanto que a hídrica era usada sobretudo para moagem de cereais. A biomassa (lenha) era utilizada para a confeção de alimentos e servia para aquecer os edifícios. A partir da Revolução Industrial começou-se a utilizar o carvão mineral intensamente. A partir do séc. XX o carvão passou a ser substituído pelo petróleo e suas energias secundárias.*” in *Idem*, pág. 39.
- [4] – in A.A.V.V. – **Técnicas “Solares Passivas” em Edifícios**, Lisboa: Instituto Superior Técnico - Departamento de Engenharia Civil, Fevereiro 1986, pág. 1.
- [5] – in MATEUS, Ricardo; BRAGANÇA, Luís – **Tecnologias Construtivas para a Sustentabilidade da Construção**. Porto: Edições Ecopy, 2006. (col. Prometeu), pág. 17-19.
- [6] – in EDWARDS, Brian; HYETT, Paul – **Guía Básica de la Sostentabilidad**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2004, pág. 53.
- [7] – in MATEUS, Ricardo; BRAGANÇA, Luís – **Tecnologias Construtivas para a Sustentabilidade da Construção**. Porto: Edições Ecopy, 2006. (col. Prometeu), pág. 79-80.
- [8] – in EDWARDS, Brian, HYETT, Paul – **Guía Básica de la Sostentabilidad**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2004, pág. 8.
- [9] – “*Estes gases permitem com que o calor radiante do Sol entre na atmosfera e evitam que o calor convectivo saia.*” (tradução própria) in UNDERWOOD, Lynn – **The Green Home. A Decision Making Guide for Owners and Builders**. USA: Delmar, Cengage Learning, 2010, pág.1.
- [10] – in EDWARDS, Brian, HYETT, Paul – **Guía Básica de la Sostentabilidad**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2004, pág. 21.
- [11] - Em 28 de Janeiro de 1969, uma plataforma petrolífera do Pacífico começava um derrame de 757.000 litros de crude, vertidos durante onze dias. Milhares de aves, golfinhos e focas do Canal de Santa Bárbara foram arrastados para a costa cobertos de petróleo. A raiz deste desastre originou um movimento ecologista sem precedentes, que um ano mais tarde daria a celebração do Dia da Terra, na origem do movimento em Santa Bárbara – Califórnia, agora adoptada por todo o mundo, no dia 22 de Abril. (tradução própria) in HERNÁNDEZ, Isaac – **40 Años del Día de la Tierra**. El Mundo Blogs: Crónicas desde EEUU. São Francisco e Santa Bárbara. [consult. 21 Abril de 2010] Disponível na WWW: <<http://www.elmundo.es/blogs/elmundo/cronicasdesdeeeuu/2010/04/18/40-anos-del-dia-de-la-tierra.htm>>
- [12] - in MATEUS, Ricardo; BRAGANÇA, Luís – **Tecnologias Construtivas para a Sustentabilidade da Construção**. Porto: Edições Ecopy, 2006. (col. Prometeu), pág. 17-19.
- [13] – in *Idem*, pág. 25-26.
- [14] – in *Idem, Ibidem*.
- [15] – in *Idem*, pág. 37.

- [16] – O termo “construção sustentável” foi proposto pela 1ª vez por Kibbert (1994) para descrever as responsabilidades da indústria de construção no que respeita ao conceito e aos objectivos da sustentabilidade, *in Idem*, pág. 28-29.
- [17] – *in* EDWARDS, Brian, HYETT, Paul – **Guía Básica de la Sostentabilidad**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2004, pág. 7.
- [18] – *in* MATEUS, Ricardo; BRAGANÇA, Luís – **Tecnologias Construtivas para a Sustentabilidade da Construção**. Porto: Edições Ecopy, 2006. (col. Prometeu), pág. 28.
- [19] – *in* UNDERWOOD, Lynn – **The Green Home. A Decision Making Guide for Owners and Builders**. USA: Delmar, Cengage Learning, 2010, pág. 5. (tradução própria)
- [20] – *in* RODRIGUES, Jacinto – **Sociedade e Território. Desenvolvimento Ecologicamente Sustentado**. Porto: Profedições, 2006, pág. 34.
- [21]– *in Idem*, pág. 18.
- [22] – *in Idem*, pág. 50.
- [23] – Segundo Edgar Morin, a dialógica é uma unidade complexa entre duas lógicas, entidades ou instâncias complementares, apesar de antagónicas, necessitam uma da outra, complementam-se, mas e opõem-se simultaneamente. Na dialógica, os opostos são constitutivos das entidades ou fenómenos complexos In MORIN, Edgar – **O MÉTODO V. A humanidade da humanidade – a identidade humana**. Lisboa: Publicações Europa América, 2003. p. 291.
- [24] – *in* EDWARDS, Brian, HYETT, Paul – **Guía Básica de la Sostentabilidad**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2004, pág. 35.
- [25] – *in* EDWARDS, Brian – **Sustainable Architecture**. [s.l.]: Architectural Press, 1999, pág.XIII.
- [26] – *in* United Nations Environment Programme – **Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment**. Estocolmo: United Nations. [consult. 22 Abril de 2010] Disponível na WWW: <<http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=97&ArticleID=1503>>.
- [27] – *in* United Nations Economic Commission for Europe – **Convention on Long-range Transboundary Air Pollution**. Geneva: United Nations. [consult. 22 Abril 2010] Disponível na WWW: <<http://www.unece.org/env/lrtap/full%20text/1979.CLRTAP.e.pdf>>.
- [28] – *in Idem* [consult. 22 Abril de 2010] Disponível na WWW: <[http://www.unece.org/env/lrtap/status/lrtap\\_s.htm](http://www.unece.org/env/lrtap/status/lrtap_s.htm)>.
- [29] – *in* International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN); United Nations Environment Programme (UNEP); World Wildlife Found (WWF) – **World Conservation Strategy - Living Resource Conservation for Sustainable Development**. Switzerland: [s.e.], 1980. [consult. 3 Maio de 2010] Disponível na WWW: <<http://data.iucn.org/dbtw-wpd/edocs/WCS-004.pdf>>.
- [30] – *in* United Nations Department of Economic and Social Affairs (DESA) – **Report of the World Commission on Environment and Development**. [s.l.]: United Nations, 11 December 1987. [consult. 13 Maio de 2010] Disponível na WWW: <<http://www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm>>.
- [31] – *in* United Nations Environment Program – **Handbook for the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer**. Nairobi: United Nations Environment Program,

2006 (7<sup>th</sup> edition). [consult. 13 Maio de 2010] Disponível na WWW: <<http://books.google.pt/books?id=nxeVIMFWd8UC&printsec=frontcover&dq=Handbook+For+The+Montreal+Protocol+On+Substances+That+Deplete+The+Ozone+Layer&ei=85TSsWpCITKyQSri4mwCA&cd=1#v=onepage&q&f=false>>.

[32] – in United Nations Commission on Sustainable Development – **Framing Sustainable Development. The Brundtland Report - 20 Years On**. [s.l.]: United Nations, 2007. [consult. 13 Maio 2010] Disponível na WWW: <[http://www.un.org/esa/sustdev/csd/csd15/media/backgrounder\\_brundtland.pdf](http://www.un.org/esa/sustdev/csd/csd15/media/backgrounder_brundtland.pdf)>.

[33] – in RODRIGUES, Jacinto – **Sociedade e Território. Desenvolvimento Ecologicamente Sustentado**. Porto: Profedições, 2006, pág. 27.

[34] – in United Nations – **The Habitat Agenda. Istanbul Declaration on Human Settlements**. [consult. 14 Maio de 2010] Disponível na WWW: <[http://www.unhabitat.org/downloads/docs/2072\\_61331\\_ist-dec.pdf](http://www.unhabitat.org/downloads/docs/2072_61331_ist-dec.pdf)>.

[35] – in United Nations Framework Convention on Climate Change – **Kyoto Protocol**. [consult. 14 Maio 2010] Disponível na WWW: <[http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php)>.

[36] – in RODRIGUES, Jacinto – **Sociedade e Território. Desenvolvimento Ecologicamente Sustentado**. Porto: Profedições, 2006, pág. 28.

[37] – in Europa – **The EU climate and energy package**. European Commission [consult. 18 Junho 2010] Disponível na WWW: <[http://ec.europa.eu/environment/climat/climate\\_action.htm](http://ec.europa.eu/environment/climat/climate_action.htm)>.

[38] – in Agência para a Energia – **SCE, RCCTE E RSECE, Legislação Nacional**. ADENE [consult. 18 Junho 2010] Disponível na WWW: <<http://www.adene.pt/ADENE/Canais/SubPortais/SCE/Apresentacao/SCERCCTEeRSECE/Legislação+nacional.htm>>.

[39] – in United Nations Commission on Sustainable Development – **Framing Sustainable Development. The Brundtland Report - 20 Years On**. [s.l.]: United Nations, 2007. (tradução própria) [consult. 13 Maio de 2010] Disponível na WWW: <[http://www.un.org/esa/sustdev/csd/csd15/media/backgrounder\\_brundtland.pdf](http://www.un.org/esa/sustdev/csd/csd15/media/backgrounder_brundtland.pdf)>.

[40] – *“Está provado que uma parte importante da energia incorporada num material está associada ao seu transporte até à obra”* in MATEUS, Ricardo; BRAGANÇA, Luís – **Tecnologias Construtivas para a Sustentabilidade da Construção**. Porto: Edições Ecopy, 2006. (col. Prometeu), pág.83.

[41] – in TIRONE, Livia; NUNES, Ken – **Construção Sustentável. Soluções Eficientes Hoje, a nossa Riqueza de Amanhã**. Sintra: Editora Tirone Nunes, SA, 2007, pág. 41.

[42] – in UNDERWOOD, Lynn – **The Green Home. A Decision Making Guide for Owners and Builders**. USA: Delmar, Cengage Learning, 2010, pág.2.

[43] – in MATEUS, Ricardo; BRAGANÇA, Luís – **Tecnologias Construtivas para a Sustentabilidade da Construção**. Porto: Edições Ecopy, 2006. (col. Prometeu), pág. 123.

[44] – in *Idem*, pág. 125.

[45] – in *Idem*, pág. 133-138.

[46] – in *Idem*, pág. 139-140.

[47] – in A.A.V.V. – **Biblioteca Atrium de la Construcción. Materiais para la Construcción (vol.1)**. España: Ed. Oceano/ Centrum, [s.d.], pág. 85.

[48] – *in Idem*, pág. 90.

[49] – *in Idem*, pág. 107.

[50] – *in* EDWARDS, Brian, HYETT, Paul – **Guía Básica de la Sostentabilidad**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2004, pág. 78.

[51] – *in Idem*, pág. 64-65.

[52] – *in* MATEUS, Ricardo; BRAGANÇA, Luís – **Tecnologias Construtivas para a Sustentabilidade da Construção**. Porto: Edições Ecopy, 2006. (col. Prometeu), pág. 155.

[53] – *in* EDWARDS, Brian, HYETT, Paul – **Guía Básica de la Sostentabilidad**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2004, pág. 62.

[54] – *in Idem*, pág. 66.

[55] – *in* A.A.V.V. – **Biblioteca Atrium de la Construcción. Materiais para la Construcción (vol.1)**. España: Ed. Oceano/ Centrum, [s.d.], pág. 47.

[56] – *in Idem*, pág. 33.

[57] – *in Idem*, pág. 97.

[58] – *in* EDWARDS, Brian, HYETT, Paul – **Guía Básica de la Sostentabilidad**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2004, pág. 37 e 62.

[59] – *in Idem*, pág. 10.

[60] – *in* UNDERWOOD, Lynn – **The Green Home. A Decision Making Guide for Owners and Builders**. USA: Delmar, Cengage Learning, 2010, pág. 7. (tradução própria)

[61] – *in* EDWARDS, Brian, HYETT, Paul – **Guía Básica de la Sostentabilidad**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2004, pág. 68.

## **CAPÍTULO 2 – SUSTENTABILIDADE NA ARQUITECTURA**

*“La arquitectura por si sola no puede resolver los problemas medioambientales del mundo, pero puede contribuir significativamente a la creación de habitats más sostenibles”<sup>[62]</sup>.*

A construção sustentável assenta em vários pressupostos fundamentais para a preservação do ambiente e dos recursos, designadamente<sup>[63]</sup>:

- economizar energia e recursos;
- assegurar a salubridade e durabilidade dos edifícios;
- planear a sua manutenção e conservação;
- utilizar materiais ecologicamente eficientes;
- apresentar baixa massa de construção;
- minimizar a produção de resíduos;
- garantir condições de higiene e segurança os trabalhos de construção.

Para além de satisfazer estes parâmetros, os edifícios necessitam ir de encontro às necessidades de conforto dos seus utilizadores, razão essa, que nos leva a permanecer num determinado espaço.

O conforto térmico é uma característica essencial a ter em conta nos espaços que habitamos, e este varia consoante diversos factores:

- o número de utilizadores e o tipo de utilização do espaço;
- a actividade física exercida;
- a idade e sexo dos utilizadores;
- o clima em que se encontra inserido;
- a condutibilidade térmica dos elementos envolventes ao edifício;
- as perdas e ganhos de carga térmica associados à renovação do ar interior;
- o volume de construção (área útil e pé-direito médio);
- a eficiência energética dos equipamentos existentes;
- o modo de construção dos edifícios.

Considera-se que este conforto é atingido quando se encontra dentro de uma certa amplitude – ou “neutralidade térmica” – em que os utilizadores estão vestidos de acordo com a actividade e estação do ano, e onde a temperatura ambiente oscila anualmente entre os 18° e 26°<sup>[64]</sup>.

A obtenção de graus de conforto aceitáveis nos edifícios deve ser conseguida, prioritariamente, através de métodos que não recorram a instalações especiais. Alcançar o conforto térmico recorrendo a elementos naturais (sol, vento, água e terra) é essencial para uma arquitectura sustentável, em que o uso de recursos é reduzido, dependendo da sua correcta aplicação.

## **2.1. ARQUITECTURA SOLAR PASSIVA, ACTIVA E BIOCLIMÁTICA**

O conceito da *Arquitectura Solar Passiva, Activa e Bioclimática*<sup>[65]</sup>, procura nas soluções construtivas a maneira de minimizar o uso de tecnologias e energia, necessárias ao bom funcionamento dos edifícios, tanto com as necessidades de aquecimento, no Inverno, assim como prevenir o sobreaquecimento, no Verão.

Estes edifícios recorrem à energia solar, tanto para o aquecimento, como para a iluminação natural, assim como ao seu local de implantação. Dado isto, a localização geográfica e a orientação do edifício é fundamental, assim como a sua própria geometria e configuração, que deve ter em conta a incidência da radiação solar.

### **2.1.1. FORMAS E ENVOLVENTE (RELAÇÃO DE INFLUÊNCIA)**

O primeiro passo a considerar quando se pretende efectuar um edifício sustentável é a sua forma e envolvente, em que a modelação, o tamanho e a orientação têm extrema influência nos ganhos, perdas ou gastos do edifício.

Considerando que, termicamente, a energia solar é a mais barata, assim como a mais disponível (na maior parte dos países), há que considerar os diferentes movimentos do Sol ao longo do ano, uma vez que este varia a sua amplitude e intensidade, ao incidir num determinado ponto, em função de se encontrar mais

próximo do solstício de Verão ou de Inverno. É este movimento que é necessário ter em conta, para que ao longo do ano a exposição solar seja correcta, essencialmente nos envidraçados.

A implantação do edifício deve assegurar que a fachada com mais envidraçados e exposição solar seja a Sul, pois, no período de carência de calor, os ganhos térmicos daí resultantes são fundamentais para o controlo da temperatura<sup>[66]</sup>. Não pode ser esquecido, no entanto, que tal orientação traz ganhos indesejáveis nas estações mais quentes, o que pode ser corrigido com um desenho adequado. A fachada Norte, por sua vez, deve possuir a menor área possível de envidraçados, uma vez que apenas têm perdas, devido à falta de radiação solar.

A orientação Este-Oeste, não é a ideal para a captação da energia solar, uma vez que a diferença entre as estações não é tão distinta. Durante o ano, estas orientações estão expostas ao nascer e pôr-do-sol, em que os raios solares são bastante baixos, sendo difícil evitar a sua penetração, o que no Verão se torna indesejável e necessário de controlar<sup>[67]</sup>.

A escolha entre radiação directa ou indirecta influencia termicamente um edifício, e a adição de sistemas de oclusão, como palas ou estores, tanto fixos como móveis, são fundamentais em determinadas horas, nas estações mais quentes; quando tanto a excessiva iluminação como o calor resultante, são indesejáveis<sup>[68]</sup>.

A luz reflectida nas superfícies é uma grande percentagem<sup>[69]</sup> da iluminação que entra num edifício e, como tal, deve ser favorecida, através da escolha dos materiais, e deve ser correctamente orientada.

Optar por plantas estreitas, minimizando a iluminação artificial e favorecendo a ventilação cruzada, ou reduzir a exposição solar exterior, criando sombras sazonais, com vegetação de folha caduca, são apontamentos que permitem, não só atenuar as necessidades de aquecimento/arrefecimento e iluminação de um edifício, mas também reduzir a energia necessária para os sustentar.

### 2.1.2. OCUPAÇÃO E USO

Os edifícios têm diferentes finalidades, assim como diferentes níveis de ocupação. Conhecer o fim a que se destina um espaço, quando ele é projectado, ajuda a prever um correcto dimensionamento dos seus componentes. Optando pela economia de construção, os edifícios não devem ser maiores do que o estritamente necessário, pois este facto acarta despesas adicionais na manutenção do edifício.

No que diz respeito à ocupação, a elevada concentração de pessoas e a função que elas desempenham, influencia a transmissão de calor por parte destas, alterando as necessidades térmicas do espaço. A necessidade de aquecimento e arrefecimento, estão assim interligados e dependentes da ocupação e uso dos espaços. Enquanto altos níveis de ocupação implicam alto calor interno e necessidade de arrefecimento, baixos níveis de ocupação geram a necessidade de aquecimento. Como tal, saber quando o edifício é usado torna-se crucial para evitar situações em que o pico de calor gerado pela ocupação, coincida com o pico de radiação solar, no caso de esta ser directa<sup>[70]</sup>.

Quanto à iluminação artificial dos edifícios, para além de uma grande consumidora de energia, é geradora de calor, devendo ser tomada como último recurso, apenas quando a luz natural não estiver à disposição ou não for suficiente. Como a necessidade de luz está dependente da ocupação dos espaços, e nem sempre as pessoas controlam correctamente este sistema, a adopção de sistemas de automação que detectem a permanência das pessoas ou estipulem horários, é uma tecnologia bastante eficaz.

Aliadas às considerações referidas anteriormente, as seguintes técnicas e soluções construtivas também se enquadram no conceito da Arquitectura Solar e Bioclimática.

### 2.1.3. TÉCNICAS E TECNOLOGIAS CONSTRUTIVAS

Na procura pelo conforto térmico, as técnicas e tecnologias existentes são variadas, indo todas de encontro ao objectivo de proporcionar uma construção capaz de minorar os gastos energéticos dos edifícios e, ao mesmo tempo, satisfazer as necessidades térmicas dos seus ocupantes.

Os diversos materiais utilizados na construção, podem ser utilizados individualmente, ou como parte integrante dos sistemas construtivos, em que estes são capazes de melhorar substancialmente a capacidade térmica do edifício.

Com a enumeração destas técnicas e sistemas não pretendemos descrever exaustivamente os seu métodos de funcionamento, mas sim apontar possibilidades existentes que se enquadram dentro dos objectivos propostos.

#### PAREDES DE TERRA

Esta solução é bastante antiga, tendo sido principalmente utilizada em culturas e civilizações com baixos recursos. No entanto, esta tendência está a mudar e, nas últimas décadas, tem-se vindo a assistir a um aumento da aplicação de técnicas como o adobe e a taipa.

Para além de serem constituídas por um material natural, quase sem impacto ambiental, as suas propriedades são a razão da sua escolha. Devido à sua alta inércia térmica, permite o armazenamento de calor durante o dia para ser libertado à noite, suavizando a amplitude média diária das temperaturas.

#### PAREDES DE TROMBE

Este sistema construtivo, actualmente muito utilizado, é bastante recente, tendo sido inventado pelo investigador Félix Trombe, no final dos anos 50<sup>[71]</sup>.

Ao contrário dos sistemas que beneficiam da radiação por ganho directo, como os envidraçados simples, este não possui uma total dependência das horas de exposição solar. Baseia-se na exposição à radiação de um vidro, simples ou duplo, aliado a uma caixa-de-ar, em contacto com uma parede de grande massa, de

preferência de cor escura. Esta parede, graças à sua alta inércia térmica, absorve a radiação solar e proporciona o armazenamento do calor, distribuindo-o lenta e retardadamente, dissimulando os picos de calor no espaço adjacente. Este sistema tira partido de processos de condução e radiação, podendo também ser de convecção quando possuir aberturas para a circulação do ar<sup>[72]</sup>.

A parede tem como vantagem a possibilidade de poder ser utilizada como elemento estrutural, e quanto mais espessa for a parede, maior é o seu desempenho. Os materiais mais frequentemente utilizados e com melhor desempenho, devido à sua massa, são o betão armado, a pedra ou o adobe.

Como desvantagens, o sistema apresenta o facto de não ser possível a iluminação natural proveniente destas paredes, uma vez que a orientação mais eficiente é a mesma aconselhada aos envidraçados, ou seja, a Sul. Embora bastante eficiente no Inverno, é aconselhada a previsão de sombreamento no Verão, pois durante esta estação os ganhos térmicos são excessivos.

## PAREDES E COBERTURAS DE ÁGUA

A utilização de paredes ou coberturas de água parte do mesmo princípio anterior do armazenamento térmico. O facto de estas trabalharem por condução assim como por convecção, faz com que a taxa de transferência de calor seja mais alta, no entanto, comparando com outras soluções construtivas, consegue com um volume relativamente menor, o mesmo desempenho de armazenamento térmico<sup>[73]</sup>.

No que diz respeito aos lagos de água, a estas características acrescem outros factores positivos, nomeadamente, a evaporação criada ajuda a controlar a temperatura exterior do ar, e esta pode ser utilizada, por exemplo, para ajudar a arrefecer fachadas de vidro, ou ainda, fornecer radiação indirecta para o interior dos edifícios.

## FACHADAS VENTILADAS

A fachada ventilada, para além de permitir a protecção da exposição das fachadas às condições meteorológicas, resolve essencialmente problemas de carácter térmico.

Este sistema caracteriza-se pelo afastamento entre o revestimento e o isolamento, através de uma estrutura, criando uma caixa-de-ar ventilada, em que o ar (frio) entra pela parte inferior e sai (quente) pela superior. Esta ventilação permite evitar a humidade e condensação, características das fachadas tradicionais, logo, obter um maior conforto térmico, assim como mais economia, relacionada com a redução do consumo de energia.

A nível estético, as possibilidades são grandes, uma vez que este sistema pode ser aplicado com diversificados revestimentos, dos quais são exemplo: o betão polímero, o alumínio, o vidro, a cerâmica, a pedra, a madeira modificada<sup>[74]</sup>.

## EDIFÍCIOS PARCIALMENTE ENTERRADOS

Utilizar a topografia como elemento integrante da construção pode trazer estabilidade térmica a um edifício, designadamente, a protecção contra as condições climatéricas adversas, quer sejam de calor ou frio.

Com uma estreita ligação às propriedades da terra, já abordadas anteriormente, esta técnica *“reduz as perdas e os ganhos de calor em duas maneiras: aumentando a resistência aos fluxos de calor das paredes, telhados, e chão, e reduzindo a diferença de temperatura entre o interior e o exterior. A uma profundidade maior que 0,6m abaixo da superfície, as flutuações diárias de temperatura são insignificantes”*<sup>[75]</sup>, ajudando assim a regular a temperatura interior dos edifícios.

## JARDINS E COBERTURAS VERDES

A paisagem urbana não se deve limitar às construções, mas também ao tratamento das envolventes que, para além dos benefícios ambientais, deve contemplar o conforto, tanto físico, mental, como visual.

A cidade deve ser pensada e tratada como parte de um ecossistema vivo, no qual os jardins e coberturas verdes, com a sua função depuradora, são parte fulcral, tanto na resolução de problemas de poluição atmosférica e da água, como na introdução de organismos vivos benéficos e no aumento da permeabilidade do solo denso urbano<sup>[76]</sup>.

Como características mais importantes destacam-se: a capacidade de absorver a água da chuva, atrasando o escoamento para o sistema de drenagem; consoante as espécies utilizadas, a manutenção ser reduzida; a criação de microclimas favoráveis; e a possibilidade de, no caso de coberturas, beneficiar da inércia térmica resultante.

## REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS

A água é um bem escasso, devendo ser aproveitada ao máximo. Antigamente, quando não havia problemas de poluição, as águas pluviais eram aproveitadas para o consumo humano. Hoje em dia a realidade é diferente, no entanto, não se deve desperdiçar algo que “*cai do céu*” gratuitamente. Apesar de não ser potável para o consumo humano, esta água tem outras aplicações possíveis, como a rega de espaços verdes. Durante as estações húmidas, a água recolhida das coberturas deve ser armazenada em depósitos, para compensar a escassez nos períodos mais secos.

A reciclagem de água é também aconselhável dentro dos edifícios, estando dependente de tratamento, ou não, consoante a sua finalidade. Como exemplo temos o uso nas casas de banho, em que a água dos lavatórios pode ser reciclada, por exemplo para os depósitos dos autoclismos.

## VENTILAÇÃO CRUZADA

*“Sempre que o espaço em que nos encontramos permita a intervenção directa nas alterações dessas condições, isto é, se está ao nosso alcance abrir ou fechar uma porta ou uma janela, descer ou subir um estore, [...], a nossa margem de tolerância à temperatura aumenta”<sup>[77]</sup>.*

O arejamento e ventilação dos espaços são essenciais para a boa qualidade do ar interior mas também para a manutenção dos parâmetros de conforto dos utilizadores. Este arejamento é possível devido às correntes de ar.

O ar tem tendência a sofrer estratificação, ou seja, estar disposto verticalmente por temperaturas, em que o ar quente tem sempre tendência a subir<sup>[78]</sup>. Esta característica pode, e deve ser utilizada na distribuição programática de um edifício, sendo o princípio utilizado nas torres de ventilação.

A técnica da ventilação cruzada permite ao utilizador regular a passagem forçada do ar para, nas estações mais quentes, arrefecer os espaços, aproveitando-se do seu modo de circulação para a remoção de calor, aumentando a sensação de arrefecimento nas pessoas, através do aumento da taxa de evaporação<sup>[79]</sup>.

O dimensionamento das plantas influencia a circulação do ar, estando mais propícios a este fenómeno os espaços amplos, de dimensão reduzida entre fachadas, ou ainda, com comunicação entre pisos.

## COLECTORES SOLARES E PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

A energia solar é utilizada de forma activa, sendo convertida em electricidade. Estas tecnologias reduzem a dependência da electricidade da rede e dos combustíveis fósseis, por parte dos edifícios. A energia solar é assim aplicada para gerar água quente, nos colectores solares, e para gerar electricidade, nos painéis fotovoltaicos.

A eficiência destas tecnologias está interligada com os materiais utilizados, e apesar de implicarem um alto custo inicial, proporcionam um retorno considerável, tanto a nível económico, como ambiental, uma vez que o Sol é uma fonte de

energia disponível (dependendo da localização terrestre e horário), e a utilização destes sistemas não produz a emissão de gases de efeito de estufa.

### ENERGIA EÓLICA

A energia eólica, ou seja, a energia proveniente do vento, é captada através de aerogeradores, que transformam o seu movimento em electricidade. Esta energia, à semelhança da solar, também é limpa e acarreta ganhos significativos quando produzida no local de utilização, uma vez que reduz os desperdícios resultante do seu eventual transporte.

O seu principal problema é o facto de, apesar de existirem zonas mais propícias à captação do vento, é difícil prever a incidência deste num determinado local ao longo do ano.

### GEOTERMIA

Esta técnica consiste em aproveitar o calor da Terra para ajudar na climatização dos edifícios. A partir de uma determinada profundidade, o solo tem variações de temperatura mínimas, independentemente das condições atmosféricas (sol, chuva, vento) e das estações do ano (frias ou quentes), revelando-se uma fonte estável e duradoura.

Existem à disposição vários sistemas que permitem utilizar o calor da Terra, tanto para o aquecimento, como para o arrefecimento, seja através da água ou simplesmente do ar, nomeadamente, os pisos radiantes, as bombas de calor e os tubos enterrados.

## **2.2. EXEMPLOS RELEVANTES**

A título de exemplo, apresentam-se alguns projectos já construídos que foram tomados em consideração, tendo em comum a preocupação de procurar

soluções construtivas focando a sustentabilidade, à semelhança dos objectivos desta dissertação.

Os exemplos apresentados podem não ser os mais eficientes, ou os mais recentes, mas exploraram as diferentes perspectivas, que resolvem a problemática da sustentabilidade. Os projectos repartem-se por diversas localizações, numa tentativa de expor diferentes arquitecturas e soluções, adaptadas a diversas realidades.

O objectivo não é explorar exhaustivamente as obras abordadas, mas sim mostrar pequenos apontamentos considerados relevantes, que vão desde as tecnologias à arquitectura. Há a intenção de abranger vários programas e diferentes tipologias, no entanto, a maior parte dos exemplos baseia-se em edifícios destinados a altas concentrações de pessoas, nomeadamente, edifícios escolares.

### 2.2.1. PORTUGAL

#### EDIFÍCIO SOLAR XXI, LISBOA



FIGURA 3 – EDIFÍCIO SOLAR XXI. FACHADA SUL.

Da autoria dos Arquitectos Pedro Cabrito e Isabel Diniz, este projecto, finalizado em 2006, e incorpora laboratórios, gabinetes e salas de trabalho, tendo

vido desenvolvido com a intenção de explorar técnicas passivas da construção, tanto ao nível do aquecimento como do arrefecimento, beneficiando termicamente do local e clima a que o edifício está exposto.

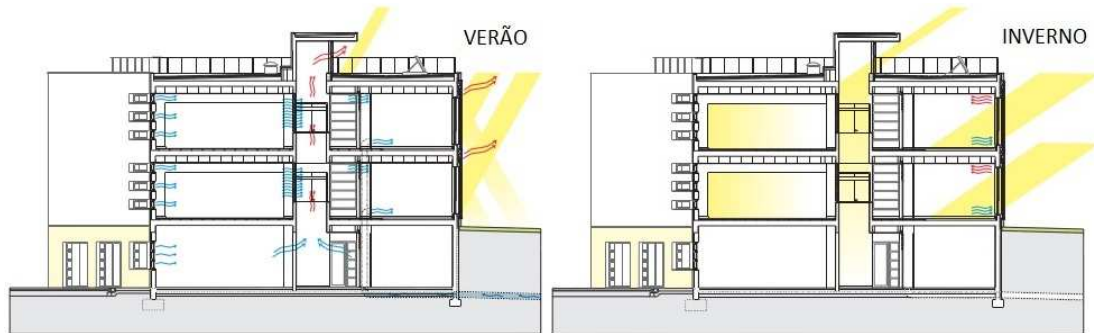


FIGURA 4 – ILUMINAÇÃO NATURAL E VENTILAÇÃO.

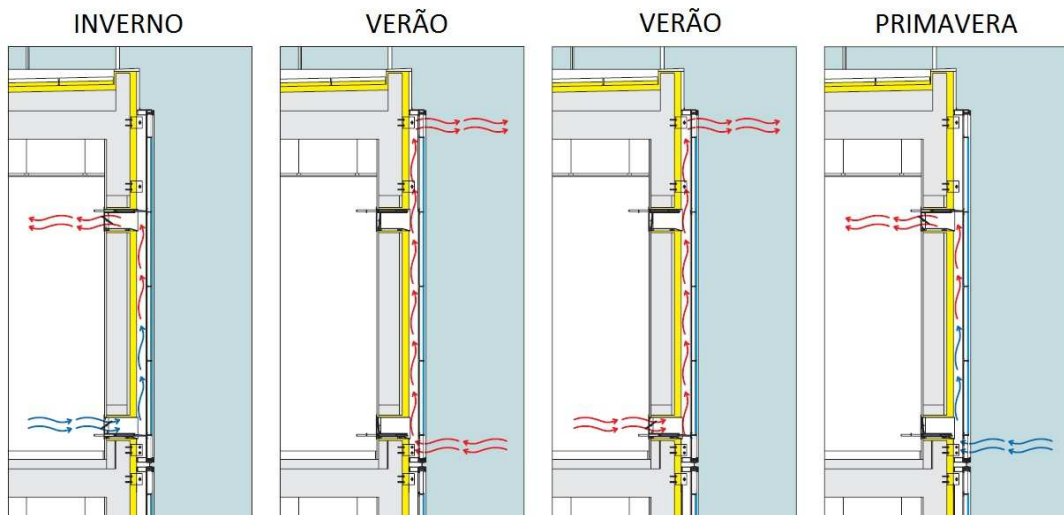


FIGURA 5 – ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO COM APROVEITAMENTO TÉRMICO.

De entre as suas características, salienta-se: a qualidade térmica resultante do forte isolamento, com intuito de reduzir pontes térmicas; os benefícios obtidos da exposição solar, sendo a maior percentagem de envidraçados, como de espaços ocupados, a Sul (FIGURA 3), com possibilidade de oclusão pelo exterior; a adopção de sistemas de iluminação natural, aliados à ventilação (FIGURA 4); a utilização de painéis fotovoltaicos, que para além da produção de energia, interagem termicamente com os ambientes interiores (FIGURA 5); a integração de um sistema de arrefecimento pelo solo (FIGURA 6) para usufruir da temperatura do solo, nas estações mais quentes<sup>[80]</sup>.

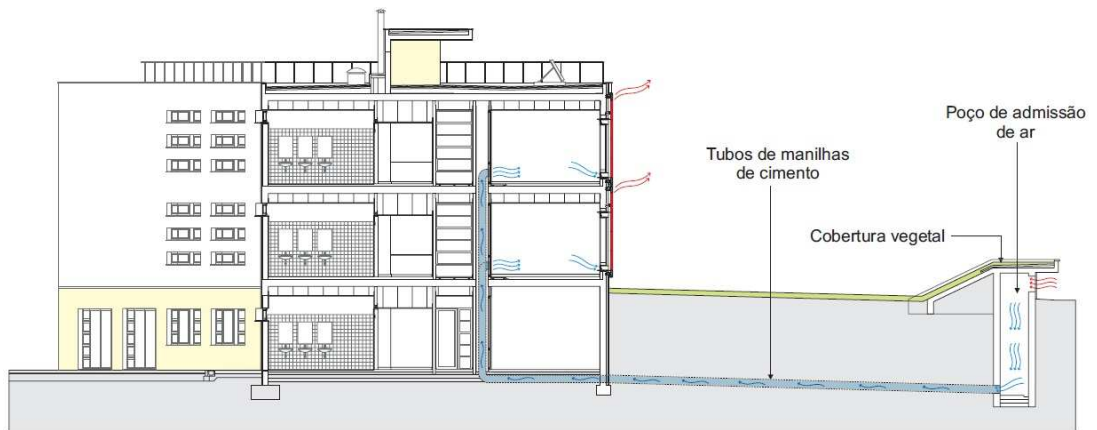


FIGURA 6 – SISTEMA DE ARREFECIMENTO ATRAVÉS DE TUBOS.

### **CENTRO DE CONTROLO OPERACIONAL DA BRISA, CARCAVELOS**



FIGURA 7 – CENTRO DE CONTROLO OPERACIONAL DA BRISA, FACHADA SUL E OESTE.

Da autoria dos arquitectos João Luís Carrilho da Graça, Flávio Barbini e Maria João Barbini, terminado em 2004, este projecto caracteriza-se por um volume rectangular, direccionado no sentido Norte-Sul, que explora as potencialidades do local de implantação.

Tem um carácter extremamente tecnológico, sendo envolvido por uma “pele” de painéis fotovoltaicos (FIGURA 8), nas três fachadas com maior exposição

solar, com o intuito de assegurar que os requisitos energéticos do edifício sejam auto-suficientes.



FIGURA 8 – PAINÉIS FOTOVOLTAICOS.

O cuidado na sua orientação manifesta-se também na fachada a Norte (FIGURA 9), totalmente opaca, revestida a pedra vulcânica, com a capacidade de reter a humidade, promovendo o desenvolvimento de musgo e líquenes, e contrariando a faceta tecnológica do resto do edifício.



FIGURA 9 – FACHADA NORTE.

Os arranjos exteriores possuem um espelho de água, no pátio interior, que proporciona o arrefecimento por evaporação dos envidraçados adjacentes, assim como a plantação de bambus contribui para a melhoria da qualidade do ar<sup>[81]</sup>.

**JARDIM DE INFÂNCIA “POPULAR”, CACÉM**



FIGURA 10 – JARDIM DE INFÂNCIA. FACHADA SUL.

Dos arquitectos Nadir Bonaccorso e Sónia Silva, 2006, este projecto reflecte notórias preocupações no que diz respeito à arquitectura solar. Na sua implantação tem notórias considerações quanto à orientação do volume, estando exposto a Norte-Sul.



FIGURA 11 – PROTECCÃO SOLAR.

As suas principais particularidades baseiam-se em: distribuir os espaços consoante a orientação, protegendo a fachada Norte e, beneficiando de envidraçados as salas de aula, a Sul, para maiores ganhos térmicos, no Inverno,

dotando-as de devida protecção, para evitar ganhos excessivos, no Verão (FIGURA 11); assegurar um maior isolamento térmico através da utilização de fachada ventilada; utilização da luz natural como meio de iluminação dos espaços de transição; aquecimento de águas, para uso normal e piso radiante, através de sistema misto, com painéis solares e caldeira a gás; propiciar a ventilação cruzada por diferença de pressão da extracção forçada de ar; recolher as águas pluviais, redistribuindo-as tanto para os sanitários, como para a rega dos espaços verdes<sup>[82]</sup>.

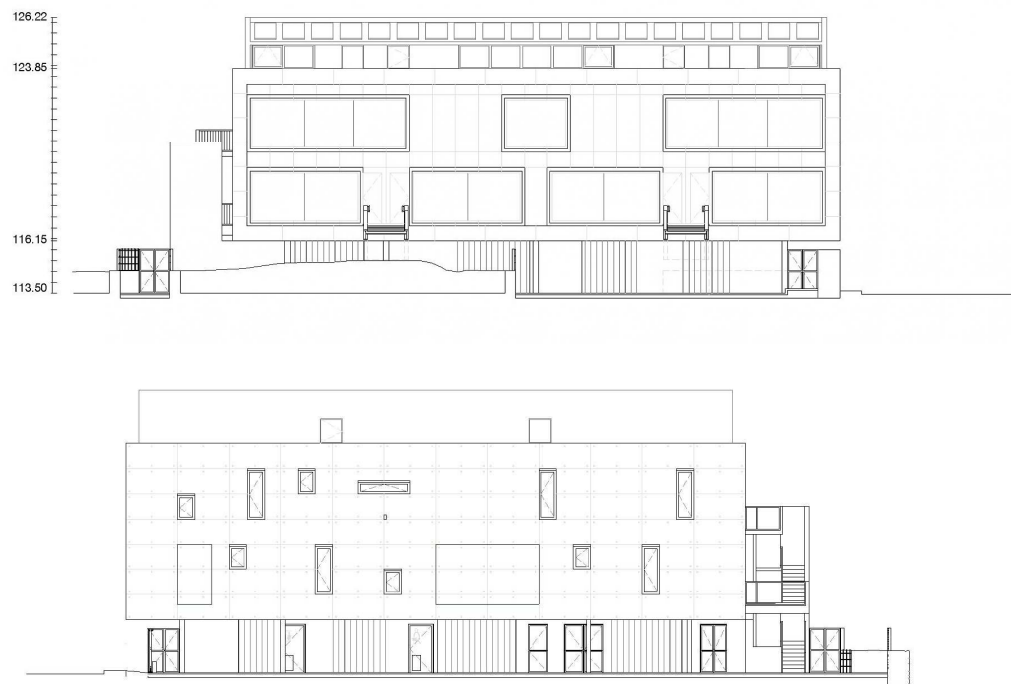


FIGURA 12 – FACHADA SUL E NORTE, RESPECTIVAMENTE. DISTRIBUIÇÃO DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS.

## 2.2.2. EUROPA/AMÉRICA/ÁFRICA/ORIENTE

### SOLAR CITY, LINZ-PICHLING (ÁUSTRIA)



FIGURA 13 – PLANTA DA CIDADE SOLAR.

Este projecto surgiu em 1990, como necessidade de reorganização da estrutura da cidade de Linz, devido à falta de habitação dentro dos limites da cidade, esta situação gerava problemas de especulação imobiliária, tráfego, entre outros.

O planeamento da extensão urbana foi previsto para uma zona menos concentrada, Pichling, em que foram tomados em consideração os crescentes problemas ambientais, tentando conjugar o crescimento económico, o equilíbrio ecológico e o progresso social, resultando numa cidade ecológica.

O urbanista, Prof. Roland Rainer, foi o responsável pelo planeamento urbano desta nova parte da cidade, com capacidade para cerca de 25.000 pessoas. A sua construção tem sido faseada, tendo vários arquitectos, entre os quais, alguns de renome, como Herzog, Rogers e Foster, que contribuiram para o desenho dos edifícios<sup>[83]</sup>.

O projecto destina-se a obedecer aos princípios da arquitectura solar, tanto passiva como activa, melhorando o bem-estar das pessoas, tanto no interior como

no exterior dos edifícios, através da orientação das fachadas a Sul e afastamento dos edifícios para que não haja sombras sobre eles. Este bem-estar foi também assegurado através do próprio desenho urbano que proporcionou a integração social nas áreas residenciais.



FIGURA 14 – INFANTÁRIO NA CIDADE SOLAR.

A cidade é baseada em meios de transporte públicos não poluentes, e a utilização de energias renováveis é outro meio para atingir este objectivo. A relação com a Natureza, nomeadamente, jardins, hortas e parques são parte importante da consciencialização ecológica existente, também patente nas soluções adoptadas para a eliminação e tratamento de resíduos<sup>[84]</sup>.

### **BEDZED, LONDRES (REINO UNIDO)**

BedZed é uma comunidade sustentável, finalizada em 2002, com o projecto realizado por *Bill Dunster Architects*, e com o objectivo de promover a ecologia na sua construção e no estilo de vida dos seus habitantes, “*procurando estabelecer uma renaturalização da cidade*”<sup>[85]</sup>. Não se baseia unicamente numa tipologia residencial, mas sim numa mistura, com espaços de trabalho, pretendendo atenuar as deslocações diárias, aumentando a qualidade de vida dos habitantes.

Na sua construção tem em consideração: a integração de espaços verdes nos locais públicos, assim como em cada terraço das habitações; a utilização de materiais provenientes de um raio de 80km do local de construção; a combinação de medidas passivas de construção, incluindo a orientação das fachadas envidraçadas a Sul; a aplicação de tecnologias economicamente eficientes; a

redução do impacto ambiental no processo de construção; a utilização da biomassa para produção de energia; o tratamento de resíduos no local; a reciclagem de águas pluviais; a utilização das correntes de ar para ventilação natural; o uso de coberturas verdes<sup>[86]</sup>.



FIGURA 15 – BedZed. PERSPECTIVA DE UM TERRAÇO.

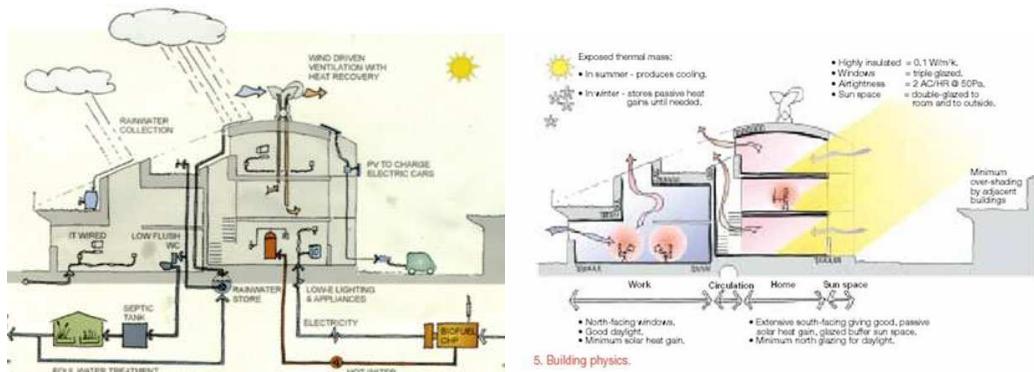


FIGURA 16 – ESQUEMAS DE FUNCIONAMENTO DE UMA DAS UNIDADES.

**LICEU JOSEPH-MARIE JACQUARD, CAUDRY (FRANÇA)**



FIGURA 17 – LICEU JOSEPH-MARIE JACQUARD

O arquitecto Lucien Kroll projectou uma escola profissional com cerca de 12.000m<sup>2</sup>, com o desafio de implementar uma consciência ecológica nos seus utilizadores, assim como assegurar a qualidade dos ambientes, o que foi atingido através da implantação racional na paisagem; escolha de materiais não tóxicos; poupança da água, assim como sua reutilização; a poupança energética.

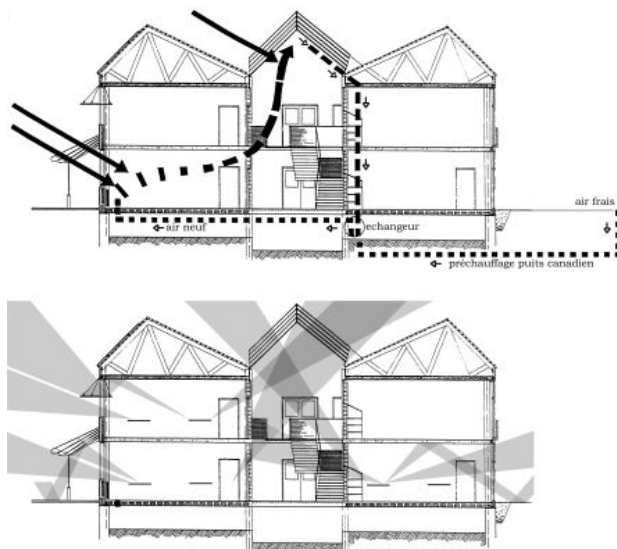


FIGURA 18 – ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO, EM CORTE.

Quanto à sua construção, é composta por vários edifícios, distribuídos pelo local de implantação, maioritariamente construídos em madeira, possuindo estufas

em vidro que permitem o aproveitamento de métodos de bioclimatização solar passiva. Outros sistemas contribuem ainda para a melhoria do desempenho final do edifício, como: a interação com a vegetação e lago na envolvente; a inércia térmica dos materiais aplicados; os sistemas de ventilação através de torres; os *brise-soleil* para bloquear a luz excessiva; a iluminação natural, em corredores e zonas de passagem, e zenital, na biblioteca; a aplicação de colectores solares para aquecimento de águas quentes; a reciclagem de águas cinzentas; a aplicação de coberturas verdes, com solo do próprio local; o aproveitamento do calor do solo através de tubos enterrados<sup>[87] [88]</sup>.

### **CHUM CREEK OUTDOOR EDUCATION CENTRE, VICTORIA (AUSTRÁLIA)**

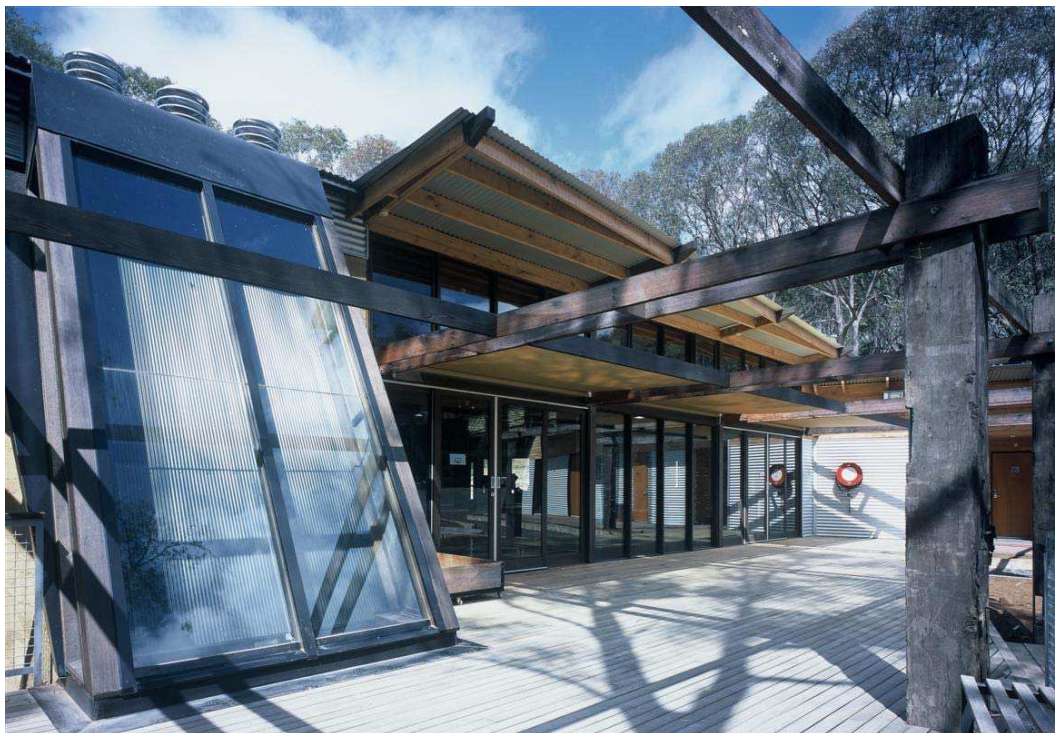


FIGURA 19 – CHUM CREEK OUTDOOR EDUCATION CENTRE, ENTRADA.

Projectado pela firma *FMSA Architects*, terminado em 2001, o funcionamento deste Centro ao ar livre baseia-se na auto-aprendizagem, através do contacto com o meio ambiente por parte dos alunos. A fim de melhorarem o seu bem-estar, são encorajados a intervir no meio que frequentam, como o aquecimento, o arrefecimento e a ventilação, abrindo ou fechando janelas,

expandindo ou retraindo os toldos ou ainda, ligando o sistema de gotejamento de água.

As suas características passam por: utilização de materiais com grande massa térmica incorporada; arrefecimento evaporativo passivo através dos tanques de recolha de água; distribuição das janelas de forma a provocar ventilação cruzada; ventoinhas no tecto que forçam a circulação do ar; chaminés solares que oferecem ganhos, no Inverno, e induzem a circulação do ar, no Verão (FIGURA 20); janelas com vidros duplos e sombreadas por palas exteriores ajustáveis; uso de produtos não tóxicos; reaproveitamento das águas pluviais<sup>[89] [90]</sup>.

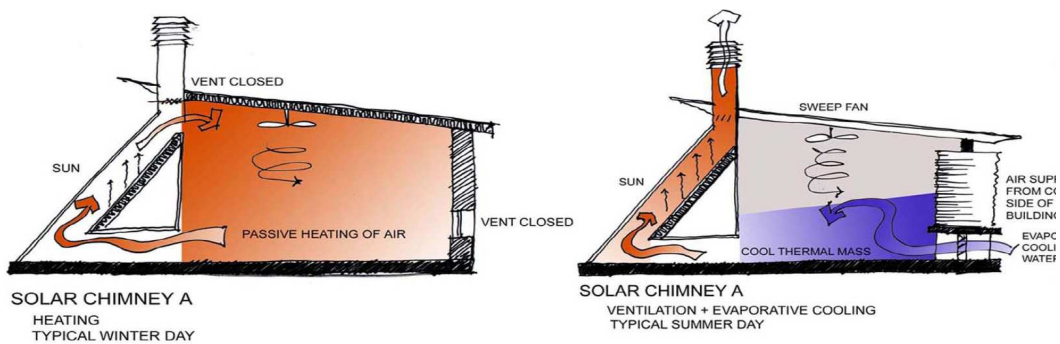


FIGURA 20 – ESQUEMA DE CIRCULAÇÃO DE AR, EM CORTE.

**NUEVA SCHOOL HILLSIDE LEARNING COMPLEX, HILLSBOROUGH, CALIFÓRNIA (E.U.A.)**



FIGURA 21 – NUEVA SCHOOL HILLSIDE LEARNING COMPLEX . EDIFÍCIO DO BAR.

*Leddy Maytum Stacy Architects* desenvolveram este projecto que foi, em 2008, considerado pela *AIA (American Institute of Architects)* um dos “*Top Ten*” projectos de Arquitectura Sustentável, nos E.U.A., por integrar sistemas naturais e tecnologia, contribuindo para o aumento que qualidade de vida da comunidade, e possuir baixo impacto no ambiente.

No projecto foram utilizadas estratégias como: a reutilização de estruturas existentes; a ligação a sistemas de trânsito públicos; a utilização de materiais de construção sustentáveis e recicláveis; o uso de coberturas verdes e de pavimento que favorece a infiltração de águas; a forma do edifício influencia a qualidade do ar interior, através de uma correcta orientação, e resultante iluminação e ventilação; o aproveitamento térmico, dado estar parcialmente enterrado; a adopção por luzes económicas e com sensores de presença; a satisfação de parte das suas necessidades por parte de painéis fotovoltaicos<sup>[91]</sup>.

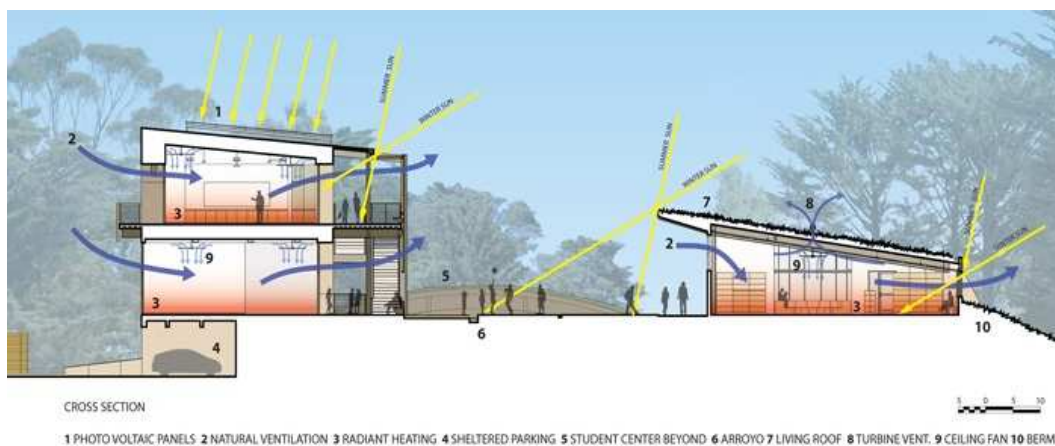


FIGURA 22 – ESQUEMA DE ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO, EM CORTE.

### **INCUBATION ON CAMPUS HONJO WASEDA, HONJO CITY (JAPÃO)**

Este complexo, projectado por *Nihon Sekkei, Inc.*, terminado em 2004, é um centro de pesquisa orientado para investigação relativa ao ambiente.

A sua arquitectura reflecte o propósito da sustentabilidade, através: do controlo da amplitude solar, consoante as estações; do uso da ventilação cruzada com chaminés de ventilação, para manter a qualidade e temperatura do ar interior;

da utilização de sistemas de poupança e reciclagem de água; da aplicação de áreas e coberturas verdes; da presença de iluminação natural nos espaços comuns<sup>[92]</sup>.



FIGURA 23 – FACHADAS ORIENTADAS A SUL.

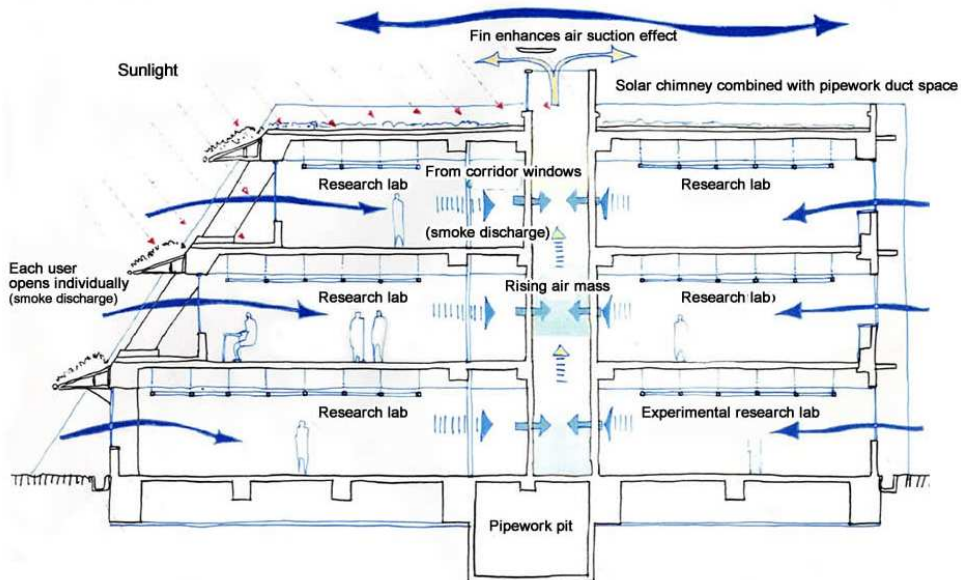


FIGURA 24 – ESQUEMA DE INSOLAÇÃO E CIRCULAÇÃO DE AR, EM CORTE.

**BUILDING OFFICE, NEW DELHI (ÍNDIA)**



FIGURA 25 – SEDE DA *DEVELOPMENT ALTERNATIVES*

Este projecto surgiu quando a *Development Alternatives* decidiu mudar de sede, tendo sido elaborado por *Ashok B. Lall Architects*, e finalizado em 2008.

De carácter tipicamente Indiano, a sua construção é essencialmente em



FIGURA 26 – POÇO DE LUZ. ILUMINAÇÃO NATURAL.

tijolos e blocos de terra comprimida, com adição de cimento, o que caracteriza o seu aspecto exterior. Teve, no que diz respeito à sustentabilidade, em consideração: a integração na envolvente; a utilização de materiais resistentes e locais, tanto naturais como reciclados, com baixa energia incorporada e elevada capacidade térmica; a poupança, reciclagem e tratamento de águas; o uso de pouca tecnologia; a previsão de manutenção reduzida; a presença de iluminação e ventilação natural (FIGURA 26)<sup>[93]</sup>.

### **SECONDARY SCHOOL, DANO (BURKINA FASO)**



FIGURA 27 – PORMENOR DA FACHADA

Francis Kéré foi o arquitecto que projectou esta escola, estando pensada para o clima Africano. A sustentabilidade advém da necessidade de utilizar técnicas que aumentam o conforto dos ocupantes, sendo quase uma imposição devido à falta de recursos e ao clima severo que se faz sentir nesta região.

A planta, simples, é composta por apenas um piso, onde são as salas de aula, elaborada numa pedra característica da região. O telhado é ostentado por uma estrutura, em barras de ferro modulares, que o separa do corpo do edifício, para efeitos de ventilação

e arrefecimento natural. Caracteriza-se ainda pela: orientação a Sul; sombreamento das fachadas pelo telhado; protecção das janelas regulável (FIGURA 27); espaços de permanência exterior protegidos (FIGURA 29 – ANFITEATRO EXTERIOR SOMBREADO.FIGURA 29); ventilação natural; utilização de mão-de-obra local na construção<sup>[94]</sup>.

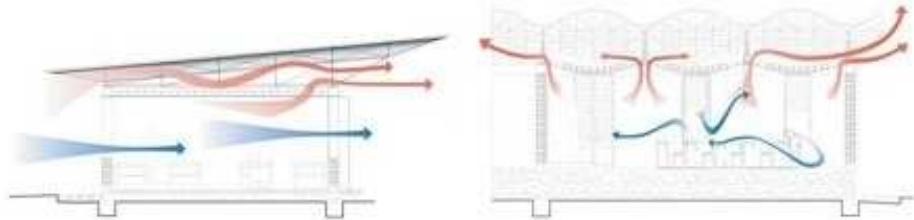


FIGURA 28 – ESQUEMA DE CIRCULAÇÃO DE AR, EM CORTE.



FIGURA 29 – ANFITEATRO EXTERIOR SOMBREADO.

**2.3. NOTAS CAPÍTULO 2**

- [62] – *in* EDWARDS, Brian, HYETT, Paul – **Guía Básica de la Sostentabilidad**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2004, pág. 4.
- [63] – *in* MATEUS, Ricardo; BRAGANÇA, Luís – **Tecnologias Construtivas para a Sustentabilidade da Construção**. Porto: Edições Ecopy, 2006. (col. Prometeu), pág. 31-35.
- [64] – *in* A.A.V.V. – **Técnicas “Solares Passivas” em Edifícios**, Lisboa: Instituto Superior Técnico - Departamento de Engenharia Civil, Fevereiro 1986, pág. 12.
- [65] – *in* MATEUS, Ricardo; BRAGANÇA, Luís – **Tecnologias Construtivas para a Sustentabilidade da Construção**. Porto: Edições Ecopy, 2006. (col. Prometeu), pág. 45.
- [66] – *in* BROWN, G. Z.; DeKAY, Mark – **Sun, Wind & Light. Architectural Design Strategies**. USA: John Wiley & Sons, Inc. (2<sup>nd</sup> edition), 2001, pág. 153.
- [67] – *in* TIRONE, Livia; NUNES, Ken – **Construção Sustentável. Soluções Eficientes Hoje, a nossa Riqueza de Amanhã**. Sintra: Tirone Nunes, SA, 2007, pág. 132.
- [68] – *in* MALATO, João; SILVA, Armando – **Geometria da Insolação de Edifícios**. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Dezembro 1969, pág. 51.
- [69] – *“A luz do sol reflectida pelo chão normalmente representa cerca de 10-15% da iluminação total que chega a uma janela vertical, a qual pode ser mais de 50% quando a janela é sombreada de radiação directa.”* *in* BROWN, G. Z.; DeKAY, Mark – **Sun, Wind & Light. Architectural Design Strategies**. USA: John Wiley & Sons, Inc. (2<sup>nd</sup> edition), 2001, pág.27.
- [70] – *in* *Idem*, pág. 38.
- [71] – *in* MATEUS, Ricardo; BRAGANÇA, Luís – **Tecnologias Construtivas para a Sustentabilidade da Construção**. Porto: Edições Ecopy, 2006. (col. Prometeu), pág. 175.
- [72] – *in* A.A.V.V. – **Técnicas “Solares Passivas” em Edifícios**, Lisboa: Instituto Superior Técnico - Departamento de Engenharia Civil, Fevereiro 1986, pág. 4.
- [73] – *in* BROWN, G. Z.; DeKAY, Mark – **Sun, Wind & Light. Architectural Design Strategies**. USA: John Wiley & Sons, Inc. (2<sup>nd</sup> edition), 2001, pág. 174.
- [74] – *in* Construlink – **Fachada Ventilada, Dossier técnico-económico n.º2**. Construlink, Outubro 2006. [consult. 12 Junho de 2010] Disponível na WWW: <<https://woc.uc.pt/darq/getFile.do?tipo=2&id=276>>.
- [75] – *in* BROWN, G. Z.; DeKAY, Mark – **Sun, Wind & Light. Architectural Design Strategies**. USA: John Wiley & Sons, Inc. (2<sup>nd</sup> edition), 2001, pág. 203.
- [76] – *in* RODRIGUES, Jacinto – **Sociedade e Território. Desenvolvimento Ecologicamente Sustentado**. Porto: Profedições, 2006, pág. 123.
- [77] – *in* TIRONE, Livia; NUNES, Ken – **Construção Sustentável. Soluções Eficientes Hoje, a nossa Riqueza de Amanhã**. Sintra: Tirone Nunes, SA, 2007, pág. 36.
- [78] – *in* BROWN, G. Z.; DeKAY, Mark – **Sun, Wind & Light. Architectural Design Strategies**. USA: John Wiley & Sons, Inc. (2<sup>nd</sup> edition), 2001, pág. 162.
- [79] – *in* *Idem*, pág. 146.
- [80] – *in* Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação – **PRIME – Edifício Solar XXI**. INETI, 2007. [consult. 13 Junho de 2010] Disponível na WWW: <[http://www.ineti.pt/projectos/projectos\\_frameset.aspx?id=325](http://www.ineti.pt/projectos/projectos_frameset.aspx?id=325)>.

- [81] – *in* João Luís Carrilho da Graça Arquitectos, Lda – **Operation Co-Ordination Centre Of Brisa, Carcavelos, Portugal (2002-2004)**. João Luís Carrilho da Graça Arquitectos, Lda. [consult. 13 Junho de 2010] Disponível na WWW: <<http://www.jlcg.pt/brisa>>.
- [82] – *in* Nadir Bonaccorso Arquitectos Associados – **Jardim de Infância Popular - Cacém, Sintra**. Nadir Bonaccorso Arquitectos Associados [consult. 15 Junho de 2010] Disponível na WWW: <[http://www.nbaa.pt/P\\_PUBLICO/obra/jip/jip-pt.html#](http://www.nbaa.pt/P_PUBLICO/obra/jip/jip-pt.html#)>.
- [83] – *in* RODRIGUES, Jacinto – **A Água do Imaginário da Urbanidade**. A Página: Edição n.º78, Março de 1999. [consult. 17 Junho de 2010] Disponível na WWW: <<http://www.apagina.pt/?aba=7&cat=78&doc=7618&mid=2>>.
- [84] – *in* Solar City Pichling – **Project**. [consult. 17 Junho de 2010] Disponível na WWW: <<http://www.linz.at/english/life/3199.asp>>.
- [85] – *in* RODRIGUES, Jacinto – **Sociedade e Território. Desenvolvimento Ecologicamente Sustentado**. Porto: Profedições, 2006, pág. 292.
- [86] – *in* ZedFactory, Lda – **Practice Profile**. ZedFactory [consult. 17 Junho de 2010] Disponível na WWW: <[http://www.zedfactory.com/practice%20profile\\_090514.pdf](http://www.zedfactory.com/practice%20profile_090514.pdf)>.
- [87] – *in* RODRIGUES, Jacinto – **Liceu de Caudry - uma Escola Eco-sustentável**. A Página: Edição n.º114, Julho de 2002. [consult. 18 Junho de 2010] Disponível na WWW: <<http://www.apagina.pt/?aba=7&cat=114&doc=8922&mid=2>>.
- [88] – *in* A.A.V.V. – **L'Esquisse Verte. Annales Du Cycle De Conferences Novembre 2004 À Juin 2005**. Arene et Ademe, (3ème édition), 2004-2005, pág. 11-16. [consult. 12 Junho de 2010] Disponível na WWW: <[http://www.areneidf.org/medias/publications/Esquisse\\_vertre Annales .pdf](http://www.areneidf.org/medias/publications/Esquisse_vertre Annales .pdf)>.
- [89] – *in* FORD, Alan – **Designing the Sustainable School**. Australia: Images Publishing, 2007, pág 74-77.
- [90] – *in* FMSA Architects – **Chum Creek Outdoor Education Campus**. [consult. 17 Junho de 2010] Disponível na WWW: <<http://www.fmsa.com.au/#/projects/Chum%20Creek%20Outdoor%20Education%20Campus/>>.
- [91] – *in* AIA/COTE Top Ten Green Projects – **Nueva School Hillside Learning Complex**. The American Institute of Architects. [consult. 18 Junho de 2010] Disponível na WWW: <<http://www.aiatopten.org/hpb/overview.cfm?ProjectID=1022>>.
- [92] – *in* Japan Sustainable Building Database - **Incubation on Campus Honjo Waseda**. [consult. 18 Junho de 2010] Disponível na WWW: <<http://www.ibec.or.jp/jsbd/AE/index.htm>>.
- [93] – *in* WENTZ, Daniel – **Development Alternatives world headquarters. Office building in India**. Magden: Holcim Foundation, 2008.
- [94] – *in* Kere Architecture – **Secondary School, Dano, Burkina Faso**. Diébédo Francis Kéré. [consult. 20 Junho de 2010] Disponível na WWW: <[http://www.kere-architecture.com/bf/bf\\_201.html](http://www.kere-architecture.com/bf/bf_201.html)>.

### **CAPÍTULO 3 – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES**

*“A construção é uma das formas como o ser humano se exprime culturalmente. O desafio cultural de cada geração é encarar com criatividade a transformação implícita da evolução da sociedade e exprimir esteticamente – com profundidade, transparência e honestidade possíveis – o espírito do seu tempo, o ‘zeitgeist’”<sup>[95]</sup>.*

À Modernidade designa-se o “espírito dos tempos”. No início do século XX, as vanguardas artísticas pressupunham uma premissa intitulada o “grau zero”, este seria o ponto de partida para uma “nova originalidade” relegando para segundo plano todo o passado e tradição.

Hoje, o Homem procura encontrar um espaço de aprofundamento de saberes relacionados com novas práticas arquitectónicas, tecnológicas e urbanísticas, através de uma reflexão teórica e crítica da contemporaneidade. Estas preocupações e reflexões pretendem estabelecer uma nova visão da sociedade, em que a intervenção profissional se situe num patamar de progresso social, económico, tecnológico e pedagógico, partindo da problemática ecológica e das questões de codesenvolvimento. Este suposto “progresso” só será possível com a transdisciplinaridade de vários saberes, e com uma abordagem sistémica, que promova uma cidadania coerente com novas tipologias, novas formas de habitar, novas formas de construir e novas formas de planear; uma tecnologia ao dispor do saber, do conhecimento, do Homem e da Natureza.

No entanto, o mundo contemporâneo proporcionou uma sociedade de consumo e capitalista, em que se enalteceu a solidão, a individualidade e um conjunto de espaços a que Marc Augé designou de não-lugares<sup>[96]</sup>. O lugar deixou de ser antropológico e esta nova complexidade veio introduzir alterações profundas na abordagem da sociedade, do espaço urbano e da cultura arquitectónica e urbanística.

Segundo alguns autores, teóricos e profissionais, a busca de um novo paradigma urbano será o grande desafio deste início do século XXI, mas julgamos

que este novo paradigma urbano só será possível com um “novo” paradigma construtivo, que assente na reformulação das questões, e que procure oportunidades e resposta para as novas necessidades.

Ao longo da história foi possível, muitas das vezes, fazer renascer um equilíbrio a partir de elementos opostos, assim, será possível uma “consolidação” da arquitectura e do urbanismo a partir do passado e do presente, da tradição e da tecnologia, da realidade e do sonho e de todas as memórias do habitar, que nos permitam uma nova dimensão e consciência colectiva que se projecta no futuro, no conforto habitável.

Retomar a dimensão enunciada, a partir da ecologia deve ser o elemento uniformizador de um novo pensamento, em que a ecologia é ruptura e corte epistemológico. O modelo actual assente nas energias fósseis e num crescimento constante de contaminação e de poluição deve ser substituído por uma alternativa de sociedade ecologicamente sustentável.

Independentemente, de uma visão mais optimista ou catastrófica da situação actual, existem um conjunto de desafios que permanece por resolver: a destruição dos ecossistemas; os problemas da insegurança, da pobreza e dos refugiados; as desigualdades e assimetrias entre regiões, povos e classes; as questões da pedagogia, da informação, da formação, da tecnologia e da cultura; a constante sobrepopulação dos aglomerados urbanos; e, finalmente, a relação do indivíduo com todo o ambiente que o rodeia.

Tal como em todos as áreas dos saberes, sejam elas mais científicas ou mais artísticas, a constante metamorfose da sociedade provoca, simultaneamente, progressos e retrocessos constantes. Tendo em conta esta realidade, o arquitecto deve assumir o seu papel de técnico generalista, dado que tem que justapor um conjunto de conhecimentos de todas as especialidades intervenientes no projecto, não nos revemos na visão desmistificadora ou, assumidamente, salvadora da arquitectura, mas sim num “prestador de serviços”; aquele que se pode revelar através de uma resposta às novas necessidades, com um desejo de transformação ideológico, social, económico e cultural.

De um modo geral, a análise desenvolvida neste trabalho procurou uma visão holística baseada em autores muito distintos. Devido a uma bibliografia tão vasta, as leituras tornaram-se múltiplas, sem prejuízo das escolhas do autor. Só estas escolhas nos permitem adoptar certas referências, uma estrutura e uma metodologia capaz de construir uma investigação descritiva, analítica e crítica.

### 3.1. NOTAS CAPÍTULO 3

[95] – *in* TIRONE, Livia; NUNES, Ken – **Construção Sustentável. Soluções Eficientes Hoje, a nossa Riqueza de Amanhã.** Sintra: Tirone Nunes, SA, 2007, pág. 28.

[96] – Não-lugar – Na cidade e arquitectura contemporânea a ideia de lugar (*genius loci*) tem-se vindo a afastar das questões conceptuais do projecto. Após as formulações de Martin Heidegger e de Christian Norberg-Schultz, Marc Augé define, em 1994, o conceito de “não-lugar” através daquilo que designou de *sobremodernidade*, da qual se destaca a *super-abundância* e o *excesso*.

## **PARTE II – PROJECTO E CONCRETIZAÇÃO**

### **CAPÍTULO 4 – CENTRO DE FORMAÇÃO PARA A SUSTENTABILIDADE**

- 4.1. OBJECTIVOS / DESCRIÇÃO
- 4.2. LOCALIZAÇÃO / ENQUADRAMENTO ARQUITECTÓNICO
- 4.3. FACTORES CLIMÁTICOS
- 4.4. PROGRAMA: FUNCIONALIDADE E PROCESSO CRIATIVO
- 4.5. TECNOLOGIAS, FORMAS E MATERIAIS – CONCEITO (RELAÇÃO TEORIA/PRÁTICA)

## **CAPÍTULO 4 – PROJECTO: CENTRO DE FORMAÇÃO PARA A SUSTENTABILIDADE**

### **4.1. OBJECTIVOS / DESCRIÇÃO**

A metodologia deve espelhar e depender de um programa específico, de um cliente, das características climáticas / geográficas de um lugar e das condicionantes orçamentais estipuladas; assim, o arquitecto tem, como objectivo principal, analisar e avaliar através de uma reflexão crítica e objectiva um conjunto de elementos, que lhe permita estabelecer uma estratégia definidora dos princípios estruturantes do projecto, ou seja, o conceito. Deve, rigorosamente, tomar decisões, atribuindo hierarquias a todos os elementos que compõem o exercício do projecto.

O profissionalismo requer que as questões estéticas e formais adquiram uma componente tectónica e tecnológica que seja coerente e integrante das componentes mais sensíveis, sem nunca descurar o espaço, a habitabilidade e o conforto, leia-se conforto nos factores mais abrangentes: térmico, acústico, visual, económico e funcional.

Independentemente das questões contemporâneas relacionadas com o analógico e o digital, o esboço e o desenho devem exprimir um conjunto de saberes; a representação como motor de todo o processo e metodologia projectual, o intermediário da ideia e da etapa final, a construção.

É com esta intenção que se concretiza o projecto proposto, um Centro de Formação para a Sustentabilidade, enquadrado no âmbito do concurso “*Leading Edge Competition – Zero-Net Now*”<sup>[97]</sup>, em que é necessário dar uma resposta ao desafio de projectar um edifício sustentável, num determinado local pré-estabelecido. A fase de projecto tem início após a pesquisa, e posterior contextualização, necessárias para uma interpretação e resposta objectiva do pretendido.

Apesar de se tratar de um exercício meramente académico, sem qualquer fim construtivo, a solução apresentada pretende responder aos desafios propostos

da maneira mais fidedigna possível, com o objectivo de criar uma aliança saudável e compatível entre Arquitectura e Sustentabilidade.

#### **4.2. LOCALIZAÇÃO / ENQUADRAMENTO ARQUITECTÓNICO**

Durante um largo período histórico a integração entre arquitectura e natureza foi conotada como uma mimese da primeira em relação à segunda. Nos nossos dias interpretamos esta “ideia” como ultrapassada e retrógrada, porque as questões conceptuais da designada arquitectura ecológica e sustentável passam pelo equilíbrio entre a construção e o ambiente (natureza).

Não nos compete, nem seria de todo, uma mais-valia para esta investigação, realizar uma análise histórica ou teórica sobre o conceito e a evolução das várias correntes que se debruçaram sobre o tema – lugar; é certo que a relação directa entre arquitectura e natureza tem a sua “ideia base” nas concepções de Martin Heidegger. Para o filósofo alemão, a arquitectura estrutura-se numa ideia de lugar, porque, os espaços habitados, antes de tudo são lugares. Hoje, uma arquitectura de matriz ecológica deve-se integrar num processo global de reciclagem, evitando um conjunto de formas ligadas ao passado e, assumir um verdadeiro interesse tecnológico, estético e cultural; sabendo que pertence a um determinado lugar. Assim, apesar de a sociedade ser cada vez mais globalizante, em que a cultura da comunicação electrónica se sobrepõe à comunicação física e às culturas do espaço tradicional, sabemos que cada lugar é irrepetível, proporcionando um conjunto de oportunidades e de variáveis que se tornam únicas.

Esta unicidade de contexto (económico, social, cultural e antropológico), de ambiente e de natureza caracteriza e imprime uma variação profunda e uma forte complexidade em definir normas e regras gerais. É esta constante heterogeneidade que deve estimular a criatividade na procura de novas tipologias, e de novos materiais e sistemas construtivos.

Todos os contextos, com as suas características, permitem, hoje, avaliar e potencializar essas mesmas características. Qualquer que seja a situação mais díspar ou inóspita; sol, água, chuva, vento, calor, frio são elementos que podem ser

incorporados e aproveitados para a definição da construção e dos espaço a desenvolver. É na procura de resposta às novas necessidades, e numa constante reflexão e crítica ao modelo actual, que os técnicos podem construir um novo modelo, assente num desejo de transformação cultural, tecnológica e estética, procurando novas linguagens, novas formas e novos espaços – um novo habitar.

Não é difícil perceber que a cidade e o espaço urbano se têm alterado nas últimas décadas de uma forma radical. A cidade europeia é bem diferente da cidade americana; enquanto a primeira suporta uma tradição e uma memória da Antiguidade Clássica ou Medieval, a segunda goza de uma “liberdade”, apesar das grelhas ortogonais, que lhe advém de um curto tempo histórico de formação.

Desde os anos 60, do século passado, que as cidades foram “povoadas” por um conjunto de novos elementos, que vieram alterar significativamente a imagem e vivência destes espaços, referimo-nos a imagens de publicidade, edifícios com novas funções, aumento e alteração das estruturas viárias, novas concepções de espaços de fluxo e, finalmente, objectos artísticos muito diversificados. Mas, a principal alteração não foi apenas relativa aos novos elementos, deu-se ao nível dos objectos arquitectónicos, que no mundo Ocidental, estruturavam e definiam o conjunto urbano, a catedral, a igreja, o castelo e a praça. Estes deixaram de ser os espaços simbólicos da cidade, transferindo essa condição para os aeroportos, os centros comerciais, os museus, os estádios e as estações rodo e ferroviárias. Com esta nova ideia de lugar, o urbanista e cidadão não devem abandonar a questão tradicional e longínqua do “espaço público”, eles devem permanecer de uma forma coerente, transportando um passado, uma memória e um simbolismo, só possível através de uma reestruturação das malhas urbanas.

O projecto apresentado localiza-se na cidade costeira de Long Beach, estado da Califórnia, Estados Unido da América. Long Beach está situada entre a foz dos rios Los Angeles e San Gabriel, tendo sensivelmente 8km entre eles, preenchidos por uma larga praia de areia branca, que dá o nome à cidade.



FIGURA 30 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA CIDADE DE LONG BEACH NOS E.U.A.

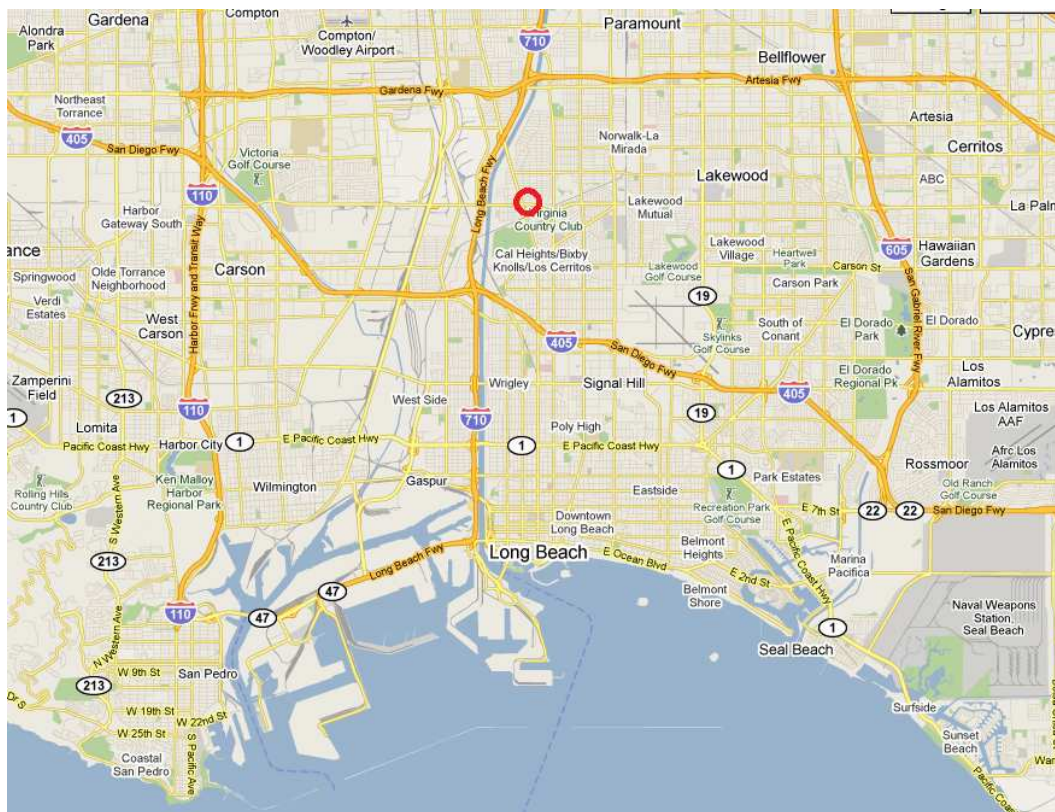


FIGURA 31 – LOCALIZAÇÃO DO TERRENO NA CIDADE.

No seu percurso histórico, antes de ser ocupada por colonos espanhóis por volta do século XVI, era apenas uma zona de inundações, uma vez que os povos nativos preferiam instalar-se em zonas do interior, mais altas, e com acesso a água doce. Anteriormente a ser elevada a cidade, em 1888, a zona tornou-se um rentável conjunto de fazendas de criação de gado, que começou a atrair riqueza para a região. Algumas destas construções, de influência espanhola, encontram-se ainda presentes na cidade, sendo de realçar que o sistema construtivo utilizado era o adobe.



FIGURA 32 – HOTEL BROADLIND, UM DOS EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DA CIDADE.

O maior desenvolvimento deu-se com o desenrolar do século XX, onde aproveitou a sua boa localização geográfica para se desenvolver industrialmente, tornando-se de carácter essencialmente industrial, o que atraiu um grande número de população que nela se fixou. A descoberta de poços de petróleo, que ainda pontuam a paisagem; a fixação de grandes empresas produtoras, como por exemplo a Boeing; e o estabelecimento de um centro de treino da Marinha americana, levaram a um elevado desenvolvimento industrial que culminou na necessidade da criação do porto da cidade, que nos dias de hoje, é o segundo mais movimentado dos E.U.A., e representa uma parte significativa da paisagem.

Como particularidade, realça-se a data de 1932, em que a baixa da cidade e arredores foram parcialmente destruídas por um terramoto de grande magnitude, destruindo vários edifícios, entre os quais escolas, e provocando cerca de cem mortes, o que levou à implementação da obrigatoriedade de resistência sísmica em todos os edifícios escolares.

O terreno para a implantação do edifício situa-se no cruzamento da *Long Beach Boulevard* e da *East 49<sup>th</sup> Street*, e está inserido na fronteira de dois bairros distintos: Bixby Knolls, a Sul, e North Long Beach (ou Northtown), a Norte. Bixby

Knolls é um dos bairros mais ricos da cidade, sendo o lar de algumas das mais antigas comunidades em Long Beach. Por sua vez, o bairro de North Long Beach é caracterizado por ser um bairro modesto, de classe operária, com grandes proporções de residentes hispânicos, assim como minorias.

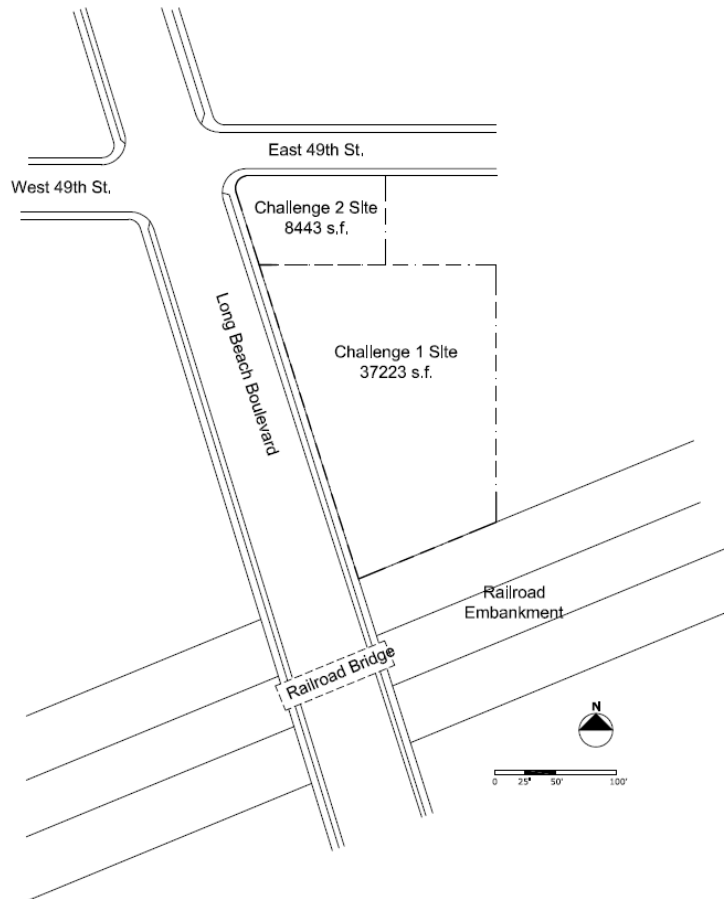


FIGURA 33 – LOCAL DE IMPLANTAÇÃO (CHALLENGE 1 SITE)



FIGURA 34 – TERRENO. VISTA PARA NORTE.

Apesar de a cidade possuir uma malha que se pode definir como ortogonal, o terreno de implantação não se insere dentro do típico padrão de quarteirão, uma vez que é intersectado por uma avenida, em diagonal, assim como pela linha de comboio, que é a barreira física que separa os diferentes bairros descritos anteriormente.



FIGURA 35 – TERRENO. VISTA PARA O TALUDE.

O terreno é assim limitado, a Norte, e em metade da sua dimensão, por um espaço destinado a receber um edifício dormitório, para apoio ao Centro de Formação (numa outra variante do mesmo concurso), e na outra metade, assim como a Este, cercado por habitação existente. A Sul, impõe-se um talude artificial que se destina à passagem em altura do comboio, com destino ao porto da cidade. O talude é interrompido por uma ponte, sob a qual passa a movimentada *Long Beach Boulevard*, limite Oeste do terreno, com uma frente com cerca de 80m, e único acesso possível.



FIGURA 36 – BAIRRO NAS PROXIMIDADES.

As imediações são compostas essencialmente por habitações, nas ruas adjacentes à avenida, enquanto na avenida se denota um carácter social mais distinto, onde estão localizados os serviços. No lado da rua oposto ao terreno, destaca-se a presença de uma igreja, um motel e um restaurante.

A organização da envolvente é caracterizada por uma distribuição concentrada do espaço, pontuada por sucessivos afastamentos das fachadas perante o espaço público, nos quais se encontram pequenos jardins privados. As construções residenciais são essencialmente moradias de um piso, ou no máximo até dois, com telhado de duas ou mais águas. Os edifícios de serviços são, geralmente, de um aspecto mais rígido e impessoal, no que diz respeito à barreira criada entre espaço público e a fachada do edifício, sendo ainda caracterizados pelas coberturas planas.

Os aspectos focados pretendem caracterizar e dar a entender a realidade da zona em questão, de modo a uma mais fácil percepção e compreensão de certos elementos a utilizar no projecto.

### **4.3. FACTORES CLIMÁTICOS**

A arquitectura na sua génese começou por ser utilizada como elemento de defesa perante as condições climatéricas, nem sempre favoráveis à permanência num determinado lugar. Hoje em dia, passamos grande parte dos nossos dias confinados a espaços interiores, e é essencial que estes possuam uma determinada qualidade para garantir a sua habitabilidade, tanto a nível da composição do ar interior, como a nível térmico, acústico e visual. Para garantir esta qualidade, devem-se então analisar factores como a localização do edifício, assim como as condições meteorológicas existentes ao longo das diferentes estações do ano.

O estado do tempo está impreterivelmente associado ao tipo de clima existente, assim como a elementos tais como a temperatura, a precipitação, a humidade, a pressão atmosférica, a nebulosidade, o vento, entre outros. É com base nestes factores que dependem algumas decisões tomadas em projecto, nomeadamente, espessuras de paredes e isolamento, tipos de materiais

(resistência à erosão), tipos de envidraçados (resistência térmica) e tipo de exposição solar pretendida.

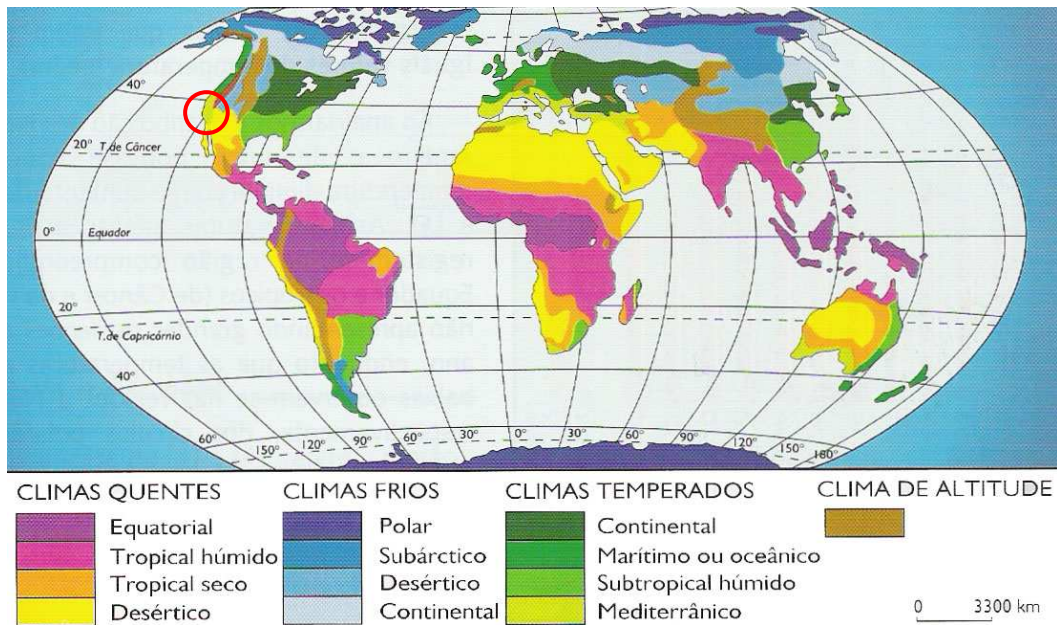


FIGURA 37 – MAPA MUNDIAL DE CLIMAS.

Long Beach possui, à semelhança de Portugal continental, um clima temperado mediterrânico, possuindo também quatro estações do ano distintas: Primavera, Verão, Outono e Inverno.

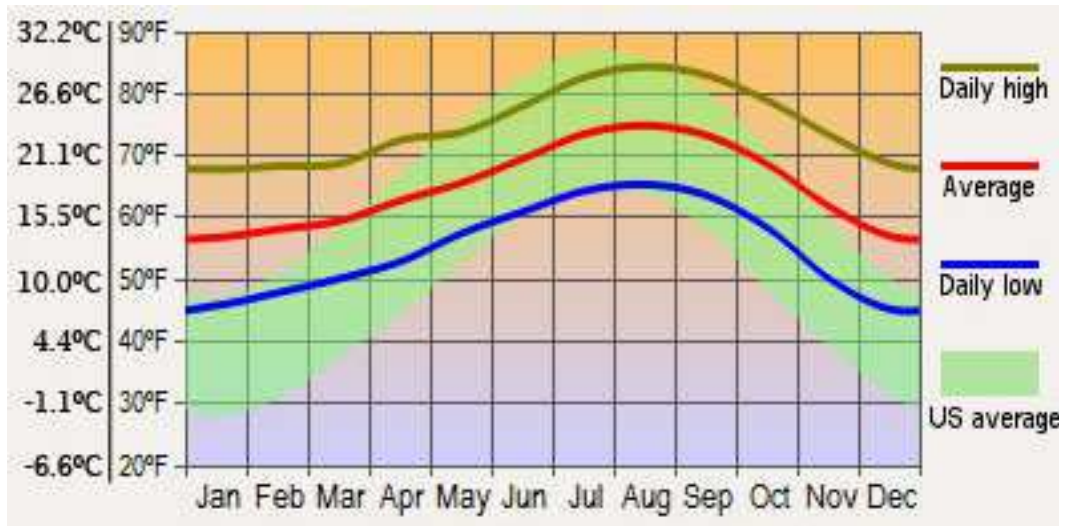


GRÁFICO 2 – MÉDIA ANUAL DA TEMPERATURA, NA CIDADE DE LONG BEACH.

Na generalidade, os dias são caracterizados como amenos, com nebulosidade matinal e temperaturas de Verão influenciadas pela proximidade do Oceano Pacífico, em que a brisa oceânica de Oeste impede que as temperaturas se

tornem extremas durante o ano, o que faz com que a amplitude térmica anual seja pouco acentuada.

As temperaturas médias (GRÁFICO 2) situam-se entre os 20 e 25°C, no Verão, e entre os 13 e 20°C, no Inverno. A média das temperaturas mais baixas situam-se por volta dos cinco, raramente descendo abaixo de zero. Comparando com a média do país, nota-se uma clara diferença essencialmente nos meses mais frios.



GRÁFICO 3 – MÉDIA ANUAL DA PRECIPITAÇÃO, NA CIDADE DE LONG BEACH.

A precipitação (GRÁFICO 3), quando comparada com a média do país, é inferior e irregular, concentrando-se principalmente nos meses de Primavera, Outono e Inverno, sendo escassa nos meses de Verão.



GRÁFICO 4 – MÉDIA ANUAL DA VELOCIDADE DO VENTO, NA CIDADE DE LONG BEACH.

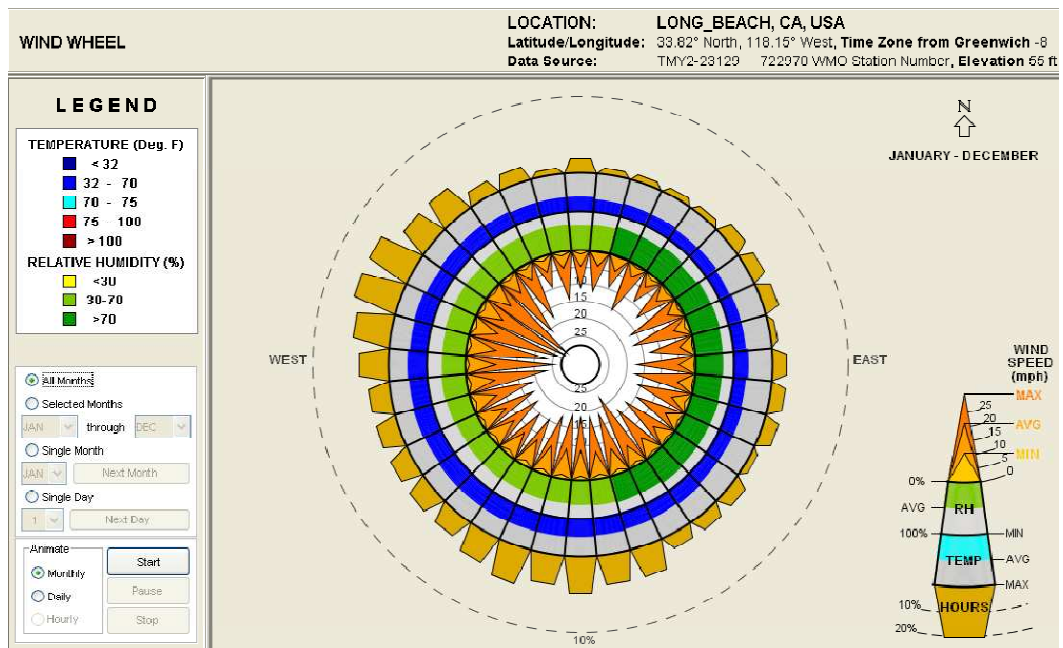


GRÁFICO 5 – MÉDIA ANUAL DA DIRECÇÃO DO VENTO, NA CIDADE DE LONG BEACH.

Quanto ao vento (GRÁFICOS 4 E 5), apenas apresenta ligeiras brisas, com rajadas que variam entre os 8 e os 12km/h, estando presentes maioritariamente nas estações quentes. Apesar de ao longo das horas estar presente em todas as direcções, manifesta-se maioritariamente de Oeste.

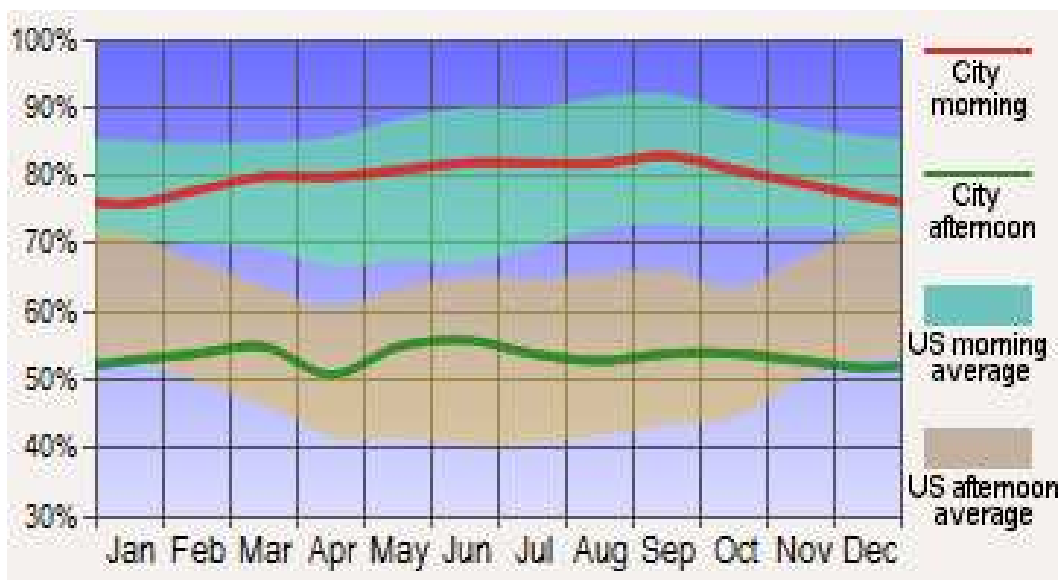


GRÁFICO 6 – MÉDIA ANUAL DA HUMIDADE, NA CIDADE DE LONG BEACH.

A quantidade de humidade (GRÁFICO 6) vai de encontro à média nacional, tendo dois períodos distintos, o da manhã e o da tarde, que rondam, respectivamente, valores entre 75 e 83%, de manhã, e 50 e 57%, à tarde.

A presença de nuvens (GRÁFICO 7) influencia tanto a quantidade de insolação solar, assim como a quantidade de claridade no céu. Pode-se verificar que em cerca de 50% os dias do ano, não existem nuvens no céu, o que possibilita um grande ganho solar, estando estes distribuídos quase uniformemente, apenas com ligeiro aumento no Verão. Em relação aos dias restantes, subdividem-se em parcialmente nublados e nublados, estando ambos mais presentes nas estações frias, a par da precipitação.

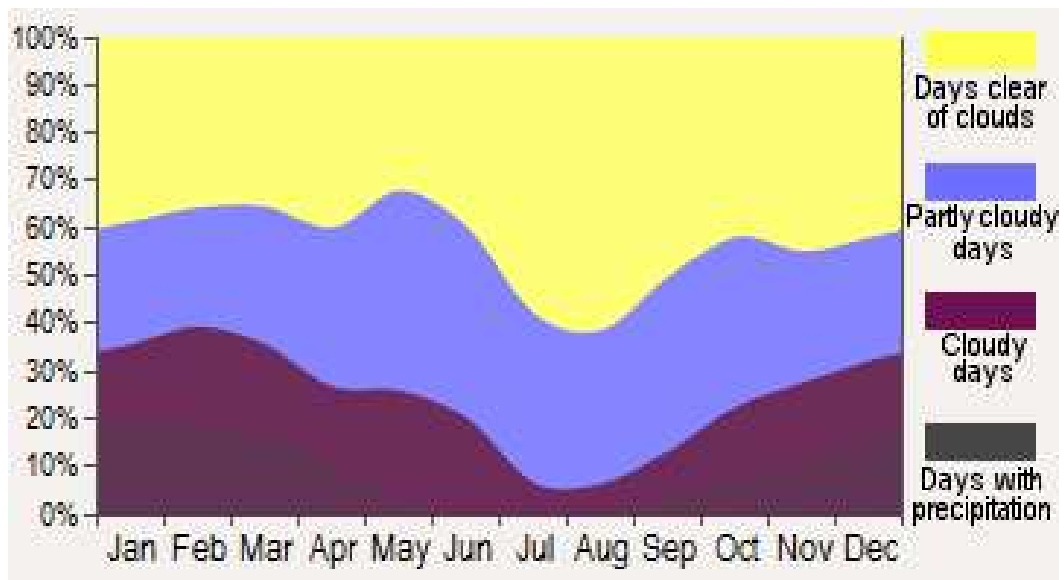


GRÁFICO 7 – MÉDIA ANUAL DA NEBULOSIDADE, NA CIDADE DE LONG BEACH.

Em conformidade com o gráfico da nebulosidade, estes dados (GRÁFICO 8) revelam que a luz presente na atmosfera tem uma percentagem bastante equilibrada ao longo do ano, situando-se geralmente nos 70%.

Devido às temperaturas positivas constantes ao longo do ano, assim ao facto de ser uma cidade costeira, muito perto do nível do mar, não se verificam as condições necessárias para a formação e queda de neve (GRÁFICO 9), em Long Beach.

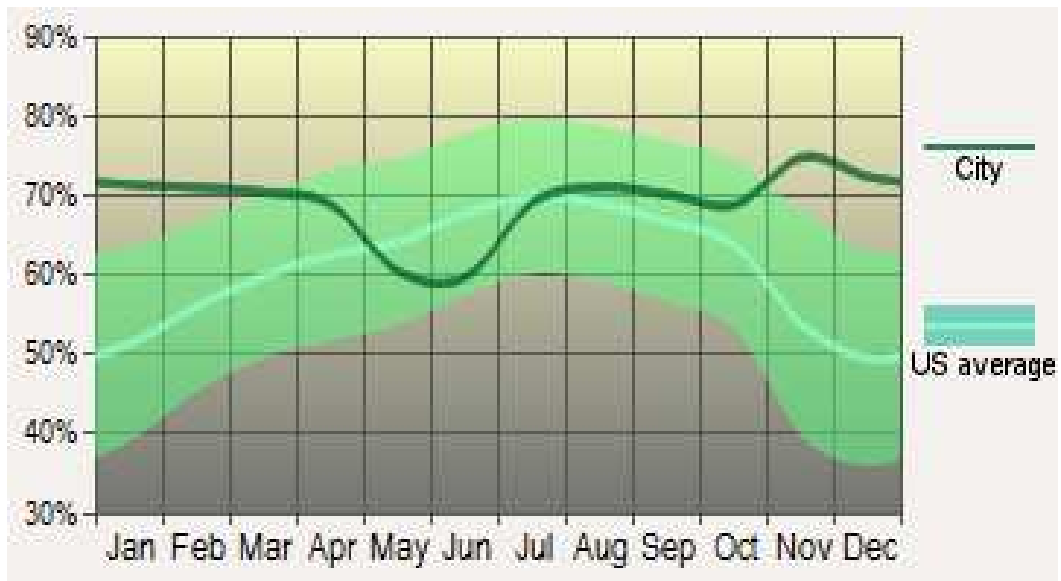


GRÁFICO 8 – MÉDIA ANUAL DA LUMINOSIDADE, NA CIDADE DE LONG BEACH.

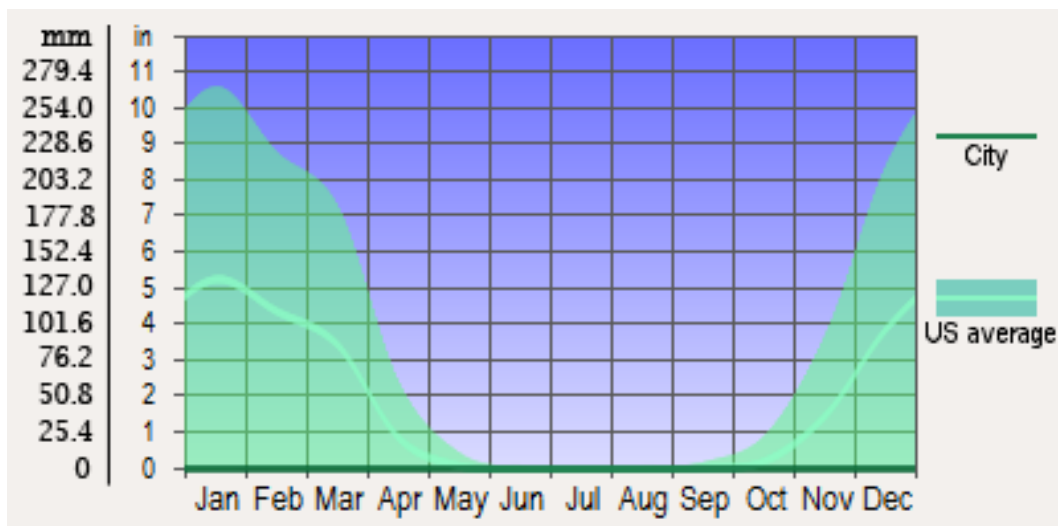


GRÁFICO 9 – MÉDIA ANUAL DA QUEDA DE NEVE, NA CIDADE DE LONG BEACH.

#### 4.4. PROGRAMA: FUNCIONALIDADE E PROCESSO CRIATIVO

Um programa de arquitectura, de uma forma geral, cria, não mais que, um organigrama; em que se definem áreas, relações e hierarquias entre os espaços, e se estabelecem algumas questões funcionais. Para Jacinto Rodrigues<sup>[98]</sup>, há uma triunicidade na formulação projectual que se define pelo programa, pela opção estrutural e pelo sítio; assim, a beleza e a forma plástica advêm de uma relação

entre o múltiplo e o uno, da síntese desses três elementos: lugar, estrutura, programa.

*“Isto porque criar é não impor conceitos abstractos ao real mas participar activamente no fluxo implícito que decorre da metamorfose da vida entre o caos e a ordem”<sup>[99]</sup>.*

A tipologia de um edifício é um dos aspectos fundamentais e de referência desse próprio edifício, neste caso particular, não podemos fugir à questão e à importância da dimensão técnica e tecnológica. Mas as questões programáticas devem, por vezes, ser questionadas, tendo em conta os elementos orçamentais, construtivos e simbólicos que o edifício deve conter.

Neste caso em particular, a eficiência energética define, dificulta ou orienta a suposta organização e distribuição espacial, assim como as concepções formais e estéticas. Todos estes factores se tornam fundamentais no acto de projectar, mas, não devem tomar uma atitude castradora, de exclusão ou de sobreposição; devem sim, contribuir para uma atitude de inclusão, de homogeneidade e de equilíbrio entre todas as condicionantes técnicas e espaciais.

A conceptualização do projecto surge então como o resultado da exploração formal; das condicionantes relativas à sustentabilidade; do terreno seleccionado para a implantação; e da imposição de um conteúdo programático rígido, com a definição funcional dos espaços necessários, assim como as respectivas áreas.

O Centro de Formação é um espaço que tem como finalidade a passagem de conhecimentos relacionados com a Sustentabilidade e as práticas “amigas” do ambiente, aos trabalhadores ligados ao ramo da construção, pertencentes à cidade de Long Beach e à zona de Los Angeles, destinando-se tanto à educação teórica, em sala de aula, prática, em ateliê, como ao aconselhamento profissional na área. Algumas das disciplinas propostas para serem nele leccionadas passam por: construção sustentável – metodologia de construção e paisagismo; tecnologia fotovoltaica – reparação e instalação; tecnologia de turbinas eólicas; procedimentos de auditoria energética; tecnologias de climatização.

O objectivo principal do edifício é que seja o mais energeticamente eficiente quanto possível, e que a Arquitectura consiga integrar e respeitar os propósitos que

pretende transmitir aos alunos, como que se de uma maquete em tamanho real se tratasse, e nela seja possível observar o desempenho das técnicas aplicadas.

No que diz respeito aos dados fornecidos, são apresentadas restrições, especificamente, em relação ao afastamento da construção aos limites do terreno, em que tem de se formar um corredor com cerca de 6m, em todos os lados, excepto no adjacente à avenida; o corpo do edifício tem um limite de altura de 13,5m; aproximadamente 50% da área de implantação deve ser tratada como área verde.

Quanto ao conteúdo programático, apresenta-se na seguinte tabela a designação, o número e as áreas requeridas. De realçar que os valores são aproximados, uma vez que foram adaptados para o Sistema Internacional. Apesar da tentativa de respeitar estes valores, apresenta-se a possibilidade de os valores serem abordados com uma margem de erro de 10%.

N.º	DESIGNAÇÃO	m <sup>2</sup> (CADA)	m <sup>2</sup> (TOTAL)
1	Hall de entrada	93	93
1	Auditório	140	140
3	Sala de aula	93	279
5	Ateliê	93	465
1	Sala de computadores / Biblioteca	93	93
10	Escritório para professores e formadores	14	140
1	Gabinete de aconselhamento ao emprego	23	23
3	Gabinetes de orientação empresarial	14	42
2	Sala de orientação empresarial	46	92
3	Sala de entrevistas	10	30
1	Sala de espera para as entrevistas	18	18
	Administração: recepção, gabinete da direcção, gabinete da administração, sala de conferências, sala de cópias	110	110
1	Bar (zona de atendimento)	46	46
1	Bar (zona de estar)	140	140
1	Bar (zona de armazém)	46	46

2	Instalações sanitárias	32	64
1	Zona técnica	46	46
Soma de áreas			1867
40% para circulação			746,8
Total do espaço interior			2613,8

O processo criativo desenvolveu-se ao longo de diversas fases de conceptualização, com sucessivos avanços e retrocessos, na tentativa de perceber e melhorar o desempenho do edifício e das técnicas aplicadas. Este processo, desenvolvido em esquisso, é seguidamente exposto, com o intuito de demonstrar o projecto como método que permitiu um conjunto de mutações, ao longo do seu período de concepção.

Tendo como ponto de partida a localização e a análise climatérica, as questões relativas à orientação do edifício, tornam-se fundamentais. As características do terreno imposto tornaram-se num desafio, no que diz respeito à procura da maior exposição solar possível. Para tal, foram consideradas várias abordagens quanto à volumetria, que afastaram a hipótese de projectar um corpo sólido e compacto, por vezes característico de edifícios escolares, possuidores de densos programas.

A evolução, passou assim, pela separação de um sólido inicial, em vários volumes, com largura reduzida e um comprimento considerável; e ainda pela exploração de diversos ângulos entre os elementos, resultantes da procura da organização funcional e arquitectónica.

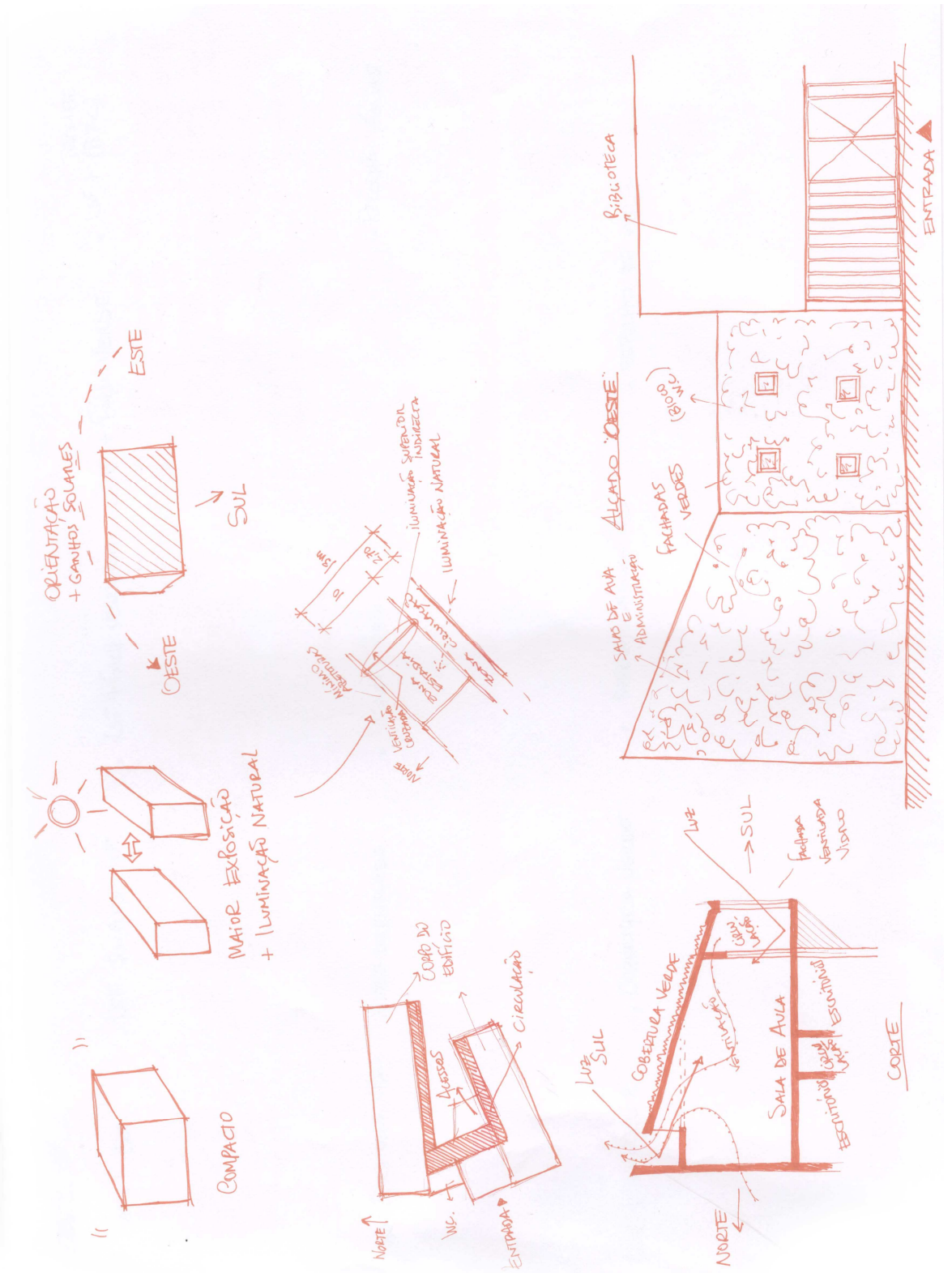


FIGURA 38 – ESQUISSOS I

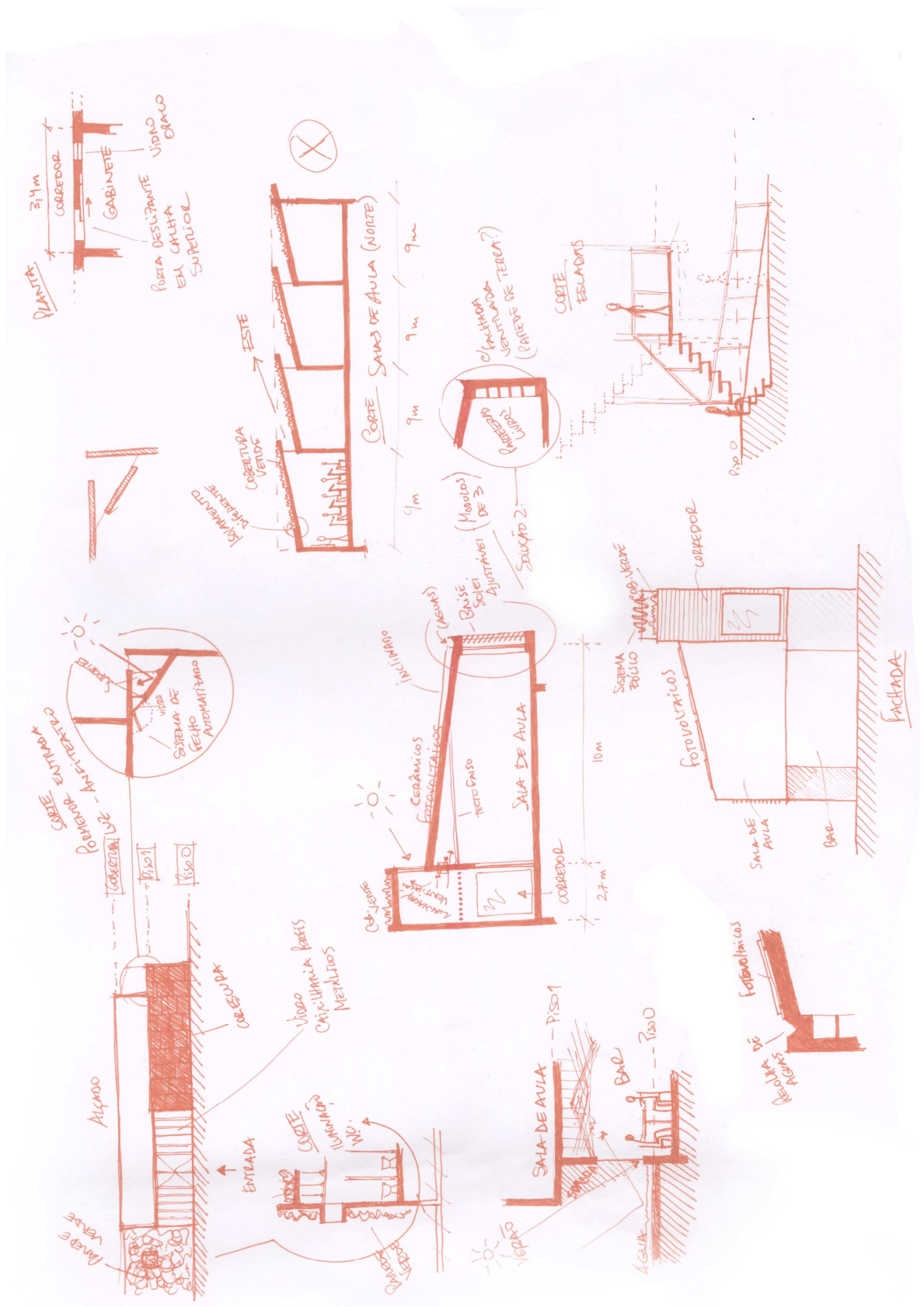


FIGURA 39 – ESQUISSOS II (NA HORIZONTAL)

A solução adoptada foi a que melhor respondeu à orientação pretendida, em que ambos os corpos beneficiam de ampla exposição solar, em conjugação com os limites do respectivo lote, não esquecendo o facto, não menos importante, da interacção da fachada com a via pública.

Ainda quanto aos corpos, existe uma clara distinção das diferentes zonas, em que os elementos fixos – acessos e instalações sanitárias –, são os organizadores do espaço, mantendo uma localização central, unificadora, a partir da qual surgem os restantes elementos.

Ao nível do programa, considerou-se a funcionalidade como factor essencial para a distribuição dos espaços. O edifício possui apenas dois pisos, com diferenciadas funções. No piso térreo, existem duas zonas demarcadas, o bar / zona de convívio e a administração /zona de gabinetes, considerados como de acesso mais imediato, às pessoas exteriores ao Centro. No piso 1 localiza-se as salas de aula / ateliês e bibliotecas, em que dado o acesso ser feito maioritariamente por alunos / professores, o seu acesso não é tão directo.

Como podemos verificar, ao analisar as plantas, a questão dos percursos e acessos, não se limita ao espaço interior, as transições para o exterior, jardim, são de extrema importância, pois permitem uma relação directa entre os vários espaços, dinâmica que foi aproveitada nas questões conceptuais - a disposição dos volumes - e formais. Estas áreas exteriores funcionam, no piso térreo, como o prolongamento da organização funcional interior, permitindo ao utilizador um conjunto de ambientes muito diversificados.

#### **4.5. TECNOLOGIAS, FORMAS E MATERIAIS – CONCEITO (RELAÇÃO TEORIA/PRÁCTICA)**

Hoje, o mundo mediático, o cidadão comum, o meio empresarial, o profissional e todos os agentes envolvidos no processo de construção, colocaram uma fasquia muito elevada e um fascínio por este processo, pelos materiais utilizados e pela pormenorização que cada construção pode oferecer. No entanto, existe um conjunto de arquitectos que retomou uma relação directa com os

métodos e materiais tradicionais e ancestrais explorando, de forma mais ou menos eficaz, as técnicas construtivas de outros tempos. O conhecimento das novas tecnologias permite soluções alternativas, e estas duas opções construtivas estão em consonância com as suas diferentes linguagens arquitectónicas; mas qualquer que seja a opção é o método da construção e a natureza do material utilizado que determina a abordagem ao projecto por parte do projectista.

A construção deve, hoje, ser mais exigente que o “simples” custo final, dado que a importância da manutenção e da eficiência dos edifícios é de extrema relevância no seu ciclo de vida. Sabe-se, através de inúmeros estudos, que um conjunto de situações encarece a construção; a incorporação de painéis fotovoltaicos, de painéis solares, de isolamentos térmicos e acústicos maximizados, de sistemas de recolha das águas da chuva, de lagos de filtragem de águas e de muitos outros; mas estas soluções, dependendo dos casos, tornam-se benéficas a médio ou longo prazo. Não podemos, por mais que queiramos, ignorar as questões relacionadas com as ecologias e energias alternativas, elas devem ser um elemento activo e fazer parte integrante na procura de soluções para o projecto.

Tendo como factor preponderante, a importância de tais questões, a delimitação do projecto baseou-se na relação das formas, tecnologias e materiais nele incorporados, pretendendo alcançar um melhor desempenho através da união de todos os elementos, em que a Arquitectura se alia à Sustentabilidade, mas esta última não se impõe como limitadora estética do edifício. A intenção não passa pela restrição da Arquitectura a técnicas tradicionais, mas sim pela utilização de tecnologias hoje disponíveis.

A exploração de técnicas que possibilitem a redução da utilização de energia conferem ao edifício algumas características formais próprias, assim como a utilização de elementos que possibilitem a captação ou produção de energia, conferem-lhe um carácter mais tecnológico.

No que diz respeito ao do processo construtivo, tomaram-se em consideração os pontos descritos no Capítulo 2, em que a adopção dessas medidas se revela extremamente importante no resultado final alcançado.

A situação geográfica do local de implantação foi tida como de extrema importância, tanto na sua localização, como nos factores climáticos nela presentes. O terreno imposto, possuidor de uma geometria peculiar, apresentou-se como um desafio para a definição da forma do edifício, caracterizando-se essencialmente por uma grande exposição a Este-Oeste, e ainda por uma disparidade entre o lado Norte, maior, e o Sul, mais pequeno.

Com o propósito de beneficiar da maximização da exposição solar a Sul, houve a necessidade da organização racional do espaço, dada a impossibilidade espacial da criação de uma fachada contínua, o que resultou na sua repartição e afastamento, aumentando assim a área de insolação.

O tratamento das fachadas também realça as imposições da orientação, situando-se, a Sul, o maior número de envidraçados e sistemas que permitam captar a energia solar, assim como, os respectivos sistemas de oclusão. A Norte, a redução do número de aberturas, em número e em tamanho, tenta evitar perdas térmicas. No que diz respeito à orientação Este-Oeste, e dada a localização na planície, sem qualquer tipo de obstrução, assim como ser abrangido por condições meteorológicas que têm uma base regular a grande incidência solar, estas fachadas exigem uma especial atenção, pois as variações entre as diversas estações do ano, nomeadamente entre Verão e Inverno, não são tão demarcadas como a Sul, e os baixos ângulos de incidência, nos períodos da manhã e da tarde interferem directamente no comportamento térmico do edifício. Optou-se assim por reduzir o número de entradas de luz directa nestas orientações, através da disposição de espaços que não careçam de tanta iluminação solar, favorecendo assim o uso de luz zenital.

No que diz respeito à forma, os corpos do edifício, para além de serem longitudinais, são ainda estreitos com o intuito de beneficiar da presença de iluminação natural em todos os espaços, proporcionando um bom conforto visual e reduzindo os consumos de electricidade, assim como propiciando a ventilação cruzada, mantendo uma boa qualidade do ar interior.

A geometria adoptada proporciona o sombreamento através de palas e de corpos balançados, que favorece a correcta entrada de luz ao longo do ano. A

inclinação dos telhados, orientada a Sul, para além de ser utilizada para a circulação cruzada do ar por estratificação, deve-se ao facto da existência e procura de maior rendimento dos painéis fotovoltaicos, em que os painéis fazem parte integrante da “pele” do edifício, em vez de serem abordados, como uma adição, numa qualquer estrutura.

A estratégia energética adoptada consiste num diverso número de factores, para além da orientação e da forma. Todas as partes do edifício foram desenhadas para melhorar o seu desempenho, variando as técnicas aplicadas, conforme requerido. Os materiais utilizados são escolhidos pelas suas características a nível da composição, da capacidade térmica, da resistência, da energia incorporada, da eficiência energética, da durabilidade e da necessidade de manutenção. A composição final do edifício é, portanto, conseguida de diversas formas, dependendo de qual a parte específica do projecto.

Quanto ao sistema construtivo, utiliza maioritariamente o aço leve (*Light Steel Framing*), constituído por perfis de aço galvanizado de baixa espessura, que foi adoptado pelas suas características, devido a ser um sistema leve, acartando menores custos ambientais, no que diz respeito ao transporte, e tendo os seus componentes a capacidade de serem totalmente reciclados, o que proporciona um maior proveito e alargamento do ciclo de vida do material, diminuindo assim a extracção deste recurso<sup>[100]</sup>. Ainda a emergir em Portugal, teve-se em consideração que é um sistema bastante utilizado nos E.U.A., e que vai de encontro aos requisitos anti-sísmicos impostos para os edifícios escolares na região. Apesar dos custos iniciais de construção, requer muito menos mão-de-obra, é de aplicação mais rápida e não causa desperdícios ou poluição no sítio de implantação, em comparação, por exemplo, com o sistema construtivo em betão. A utilização de outros sistemas, como por exemplo perfis de aço é usada apenas pontualmente, e para satisfazer os requisitos estruturais dos grandes vãos pretendidos.

Nas paredes, a utilização do sistema construtivo em aço leve, com os seus perfis de espessura reduzida, permite a utilização de uma espessura de isolamento (cerca de 15cm), sem ter aumentado a espessura da parede, o que aliada ainda à aplicação da fachada ventilada, com a sua caixa-de-ar, aumenta ainda mais a

resistência térmica do edifício. Pontualmente, em locais devidamente protegidos no período de Verão, utiliza-se ainda paredes de Trombe, com a parede de grande massa concretizada em blocos de terra comprimidos (da terra não vegetal do local de implantação), que permitam maximizar os ganhos térmicos no Inverno. A fachada verde, através do sistema de painéis modulares de substrato vegetal, também se enquadra na perspectiva de aumentar o conforto térmico interior, se bem que contribui ainda para outros factores, como aumentar a biodiversidade e favorecer a redução do CO<sub>2</sub> existente na atmosfera.

As coberturas verdes obedecem ao mesmo princípio das fachadas verdes, se bem que em vez da utilização dos mesmos painéis, se utiliza o conceito de cobertura verde “tradicional”, usufruindo da terra vegetal retirada do local de implantação, tanto no rebaixamento da zona do bar, como na zona do lago. Na restante área são aplicados painéis cerâmicos fotovoltaicos, escolhidos pelo seu desempenho energético, estético, assim como térmico.

O sistema de arrefecimento por ventilação está directamente ligado com a geometria do edifício, em que as formas propiciam a fluidez do ar, direccionando-o de encontro às torres de ventilação, onde se concentra o ar mais quente. O controlo destes sistemas de ventilação, nomeadamente, a abertura das janelas, para entrada de ar, e das torres de ventilação, para a sua saída, depende dos ocupantes, que são convidados a interagir no que diz respeito ao alcance e à manutenção do seu conforto térmico. Nas estações mais quentes, é ainda utilizado um sistema de arrefecimento pelo solo, que se baseia na captação do ar exterior, conduzido por uma série de tubos enterrados no solo, que reduz a sua temperatura, e depois volta a ser introduzido no edifício, essencialmente nos espaços com maior número de utilizadores, mediante sistemas que possibilitem o controlo de utilização, com a intenção de excluir o uso de sistemas de arrefecimento artificial e com alto consumo energético, como sistemas de ar condicionado.

As correntes de ar são ainda captadas para a produção de energia, através de geradores eólicos implantados nos pontos mais altos do edifício. A escolha da localização destes consistiu na análise das correntes e velocidade do vento, sendo

considerado, como já analisado, que este apenas se apresenta em ligeiras brisas. Ao nível do solo, o vento, com todos os obstáculos urbanos presentes, torna-se imprevisível e mais fraco, facto que é ainda mais saliente pela presença do talude existente nas proximidades; houve a necessidade da procura de correntes em pontos mais elevados.

Outro recurso utilizado é a água, que desempenha no projecto várias funções distintas. O reaproveitamento e a correcta gestão da água são essenciais em qualquer projecto, e neste em particular. A escassez de água verificada na região, em quase metade do ano, aumenta a importância deste recurso e denota a necessidade de armazenamento desta nas estações de maior precipitação. O edifício prevê sistemas de recolha e armazenamento das águas pluviais com fim ao abastecimento, tanto dos sanitários, como do espelho de água exterior, e à rega dos grandes espaços verdes exteriores. Este sistema, para além da diminuição de dependência da rede pública, também diminui consideravelmente o volume de água infiltrada no solo, aquando da queda de precipitação, cuidado este também considerado na pouca impermeabilização do terreno adjacente à construção.

O espelho de água tem como intenção o resfriamento da fachada mais a Sul, possuidora de grandes envidraçados, pretendendo criar um micro clima, através de processos de evaporação. Também tem como objectivo a iluminação indirecta da zona adjacente de envidraçados, em que a intenção é projectar a imagem dos reflexos fluidos da água, no tecto desse espaço.

Os espaços verdes são interpretados consoante a necessidade de ocupação ou protecção desejada. Segundo as directrizes do projecto, pressupõe-se a utilização de vegetação que não necessite nem de muita água, nem de constante manutenção, sendo essencialmente constituída por prado natural e flores silvestres, que aumentem a pouca biodiversidade existente nesta densa área urbana. A vegetação maior distribui-se consoante seja de folha caduca ou perene, estando esta última na parte Sul do terreno, com a intenção de criar uma barreira, visual e essencialmente acústica, para os ruídos característicos de uma importante ferrovia de mercadorias. Esta barreira é reforçada pelo maior afastamento possível do edifício em relação à ferrovia.

#### 4.6. NOTAS CAPÍTULO 4

[97] – Toda a documentação fornecida pelo concurso disponível na WWW em <<http://www.leadingedgecompetition.org/index.htm>>.

[98] – in RODRIGUES, António Jacinto – **Teoria da arquitectura - O projecto como processo integral na arquitectura de Álvaro Siza**. 1ª ed. Porto: FAUP publicações, 1996.

[99] – *in Idem*, pág. 61.

[100] – *in* MATEUS, Ricardo; BRAGANÇA, Luís – **Tecnologias Construtivas para a Sustentabilidade da Construção**. Porto: Edições Ecopy, 2006. (col. Prometeu), pág. 144.

**PARTE III – DOCUMENTAÇÃO FINAL**

**CAPÍTULO 5 – ÍNDICE ICONOGRÁFICO; ÍNDICE DE GRÁFICOS**

5.1. ÍNDICE ICONOGRÁFICO

5.2. ÍNDICE DE GRÁFICOS

**CAPÍTULO 6 – BIBLIOGRAFIA**

6.1. BIBLIOGRAFIA GERAL

6.2. BIBLIOGRAFIA ESPECÍFICA

6.3. DOCUMENTAÇÃO ELECTRÓNICA

## **CAPÍTULO 5 – ÍNDICE ICONOGRÁFICO; ÍNDICE DE GRÁFICOS**

### **5.1. ÍNDICE ICONOGRÁFICO**

FIGURA 1 – MAPA MUNDIAL DE CONSUMO DE ÓLEO, PER CAPITA. (2009)

Fonte: [http://www.bp.com/popupimage.do?img\\_path=liveassets/bp\\_internet/globalbp/globalbp\\_uk\\_english/reports\\_and\\_publications/statistical\\_energy\\_review\\_2008/STAGING/local\\_assets/2010\\_charts\\_maps/570x\\_oil\\_map\\_oil\\_consumption\\_per\\_capita.gif%20&alt\\_tag=Map%20of%20oil%20consumption%20per%20capita](http://www.bp.com/popupimage.do?img_path=liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2008/STAGING/local_assets/2010_charts_maps/570x_oil_map_oil_consumption_per_capita.gif%20&alt_tag=Map%20of%20oil%20consumption%20per%20capita).

FIGURA 2 – ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DOS MATERIAIS.

Fonte: Autoria Pessoal.

FIGURA 3 – EDIFÍCIO SOLAR XXI. FACHADA SUL.

Fonte: [http://www.ineti.pt/projectos/projectos\\_frameset.aspx?id=325](http://www.ineti.pt/projectos/projectos_frameset.aspx?id=325).

FIGURA 4 – ILUMINAÇÃO NATURAL E VENTILAÇÃO.

Fonte: *in Idem*.

FIGURA 5 – ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO COM APROVEITAMENTO TÉRMICO.

Fonte: *in Idem*.

FIGURA 6 – SISTEMA DE ARREFECIMENTO ATRAVÉS DE TUBOS.

Fonte: *in Idem*.

FIGURA 7 – CENTRO DE CONTROLO OPERACIONAL DA BRISA, FACHADA SUL E OESTE.

Fonte: <http://www.jlcg.pt/brisa>

FIGURA 8 – PAINÉIS FOTOVOLTAICOS.

Fonte: *in Idem*.

FIGURA 9 – FACHADA NORTE.

Fonte: *in Idem*.

FIGURA 10 – JARDIM DE INFÂNCIA. FACHADA SUL.

Fonte: [http://www.nbaa.pt/P\\_PUBLICO/obra/jip/jip-pt.html#](http://www.nbaa.pt/P_PUBLICO/obra/jip/jip-pt.html#)

FIGURA 11 – PROTECÇÃO SOLAR.

Fonte: *in Idem*.

FIGURA 12 – FACHADA SUL E NORTE, RESPECTIVAMENTE. DISTRIBUIÇÃO DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS.

Fonte: [http://www.arquitectura.pt/forum/f105/projecto-jardim-de-inf-ncia-popular-cac-m-\\_nbaa-6277.html](http://www.arquitectura.pt/forum/f105/projecto-jardim-de-inf-ncia-popular-cac-m-_nbaa-6277.html)

FIGURA 13 – PLANTA DA CIDADE SOLAR.

Fonte: <http://www.linz.at/english/life/3195.asp>

FIGURA 14 – INFANTÁRIO NA CIDADE SOLAR.

Fonte: [http://www.ecoes-a.ro/docs/Linz\\_solarCity\\_english.pdf](http://www.ecoes-a.ro/docs/Linz_solarCity_english.pdf)

FIGURA 15 – BEDZED. PERSPECTIVA DE UM TERRAÇO.

Fonte: [http://www.zedfactory.com/practice%20profile\\_090514.pdf](http://www.zedfactory.com/practice%20profile_090514.pdf)

FIGURA 16 – ESQUEMAS DE FUNCIONAMENTO DE UMA DAS UNIDADES.

Fonte: <http://greenlineblog.com/wp-content/uploads/2007/11/bedzed-image-21.jpg> e [http://www.floornature.com/media/photos/21/2/bedzed\\_04\\_popup.jpg](http://www.floornature.com/media/photos/21/2/bedzed_04_popup.jpg)

FIGURA 17 – LICEU JOSEPH-MARIE JACQUARD.

Fonte: [http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Lycée\\_Jacquard\\_Caudry.jpg](http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Lycée_Jacquard_Caudry.jpg)

FIGURA 18 – ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO, EM CORTE.

Fonte: [http://www.indire.it/lucabas/lkmw\\_img/aesse//liceo\\_Caudry/n.28\\_\\_\\_disegno.jpg](http://www.indire.it/lucabas/lkmw_img/aesse//liceo_Caudry/n.28___disegno.jpg)

FIGURA 19 – CHUM CREEK OUTDOOR EDUCATION CENTRE, ENTRADA.

Fonte: <http://www.fmsa.com.au/#/projects/Chum%20Creek%20Outdoor%20Education%20Campus/>

FIGURA 20 – ESQUEMA DE CIRCULAÇÃO DE AR, EM CORTE.

Fonte: [http://www.education.vic.gov.au/edulibrary/public/teachlearn/innovation/lpd/iledconference/sketch\\_fmsa.pdf](http://www.education.vic.gov.au/edulibrary/public/teachlearn/innovation/lpd/iledconference/sketch_fmsa.pdf)

FIGURA 21 – NUEVA SCHOOL HILLSIDE LEARNING COMPLEX . EDIFÍCIO DO BAR.

Fonte: [https://nuevaschool.org/base.php?q\\_\\_=ngKrnhGvrqODnoRilpaIMRdMTMU8dxBQoZ%2Bni8hkGvCsf%2BhLgk9BIG2509ZjJxP6](https://nuevaschool.org/base.php?q__=ngKrnhGvrqODnoRilpaIMRdMTMU8dxBQoZ%2Bni8hkGvCsf%2BhLgk9BIG2509ZjJxP6)

FIGURA 22 – ESQUEMA DE ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO, EM CORTE.

Fonte: [http://www.imagineschooldesign.org/uploads/pics/NUEVA\\_SECTION\\_DIAGRAM.jpg](http://www.imagineschooldesign.org/uploads/pics/NUEVA_SECTION_DIAGRAM.jpg)

FIGURA 23 – FACHADAS ORIENTADAS A SUL.

Fonte: <http://www.ibec.or.jp/jsbd/AE/index.htm>

FIGURA 24 – ESQUEMA DE INSOLAÇÃO E CIRCULAÇÃO DE AR, EM CORTE.

Fonte: <http://www.ibec.or.jp/jsbd/AE/tech.htm>

FIGURA 25 – SEDE DA DEVELOPMENT ALTERNATIVES

Fonte: WENTZ, Daniel – **Development Alternatives world headquarters. Office building in India**. Magden: Holcim Foundation, 2008, pág. 6-7.

FIGURA 26 – POÇO DE LUZ. ILUMINAÇÃO NATURAL.

Fonte: WENTZ, Daniel – **Development Alternatives world headquarters. Office building in India**. Magden: Holcim Foundation, 2008, pág. 57.

FIGURA 27 – PORMENOR DA FACHADA

Fonte: <http://architectafrica.com/Dano-School-details>

FIGURA 28 – ESQUEMA DE CIRCULAÇÃO DE AR, EM CORTE.

Fonte: [http://www.kere-architecture.com/bf/img/201/img\\_008.jpg](http://www.kere-architecture.com/bf/img/201/img_008.jpg)

FIGURA 29 – ANFITEATRO EXTERIOR SOMBREADO.

Fonte: <http://architectafrica.com/Dano-School-exterior>

FIGURA 30 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA CIDADE DE LONG BEACH NOS E.U.A.

Fonte: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:USA\\_location\\_map.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:USA_location_map.svg)

FIGURA 31 – LOCALIZAÇÃO DO TERRENO NA CIDADE.

Fonte: Google Earth.

FIGURA 32 – HOTEL BROADLIND, UM DOS EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DA CIDADE.

Fonte: [http://www.leadingedgecompetition.org/documents/LE\\_09-10\\_Sec\\_2\\_Design\\_Challenge.pdf](http://www.leadingedgecompetition.org/documents/LE_09-10_Sec_2_Design_Challenge.pdf)

FIGURA 33 – LOCAL DE IMPLANTAÇÃO (CHALLENGE 1 SITE)

Fonte: [http://www.leadingedgecompetition.org/documents/LE\\_09-10\\_Site\\_Plan.pdf](http://www.leadingedgecompetition.org/documents/LE_09-10_Site_Plan.pdf)

FIGURA 34 – TERRENO. VISTA PARA NORTE.

Fonte: [http://www.leadingedgecompetition.org/documents/LE\\_09-10\\_Sec\\_2\\_Design\\_Challenge.pdf](http://www.leadingedgecompetition.org/documents/LE_09-10_Sec_2_Design_Challenge.pdf)

FIGURA 35 – TERRENO. VISTA PARA O TALUDE.

Fonte: *in Idem.*

FIGURA 36 – BAIRRO NAS PROXIMIDADES.

Fonte: *in Idem.*

FIGURA 37 – MAPA MUNDIAL DE CLIMAS.

Fonte: [http://www.citi.pt/citi\\_2005\\_trabs/antonio\\_carvalho/images/Tipos%20de%20Clima.jpg](http://www.citi.pt/citi_2005_trabs/antonio_carvalho/images/Tipos%20de%20Clima.jpg)

## 5.2. ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – PEGADA ECOLÓGICA. (1961-2005)

Fonte: [http://wwf.panda.org/about\\_our\\_earth/all\\_publications/living\\_planet\\_report/footprint/](http://wwf.panda.org/about_our_earth/all_publications/living_planet_report/footprint/)

GRÁFICO 1 – PEGADA ECOLÓGICA. (1961-2005)

Fonte: <http://www.city-data.com/city/Long-Beach-California.html>

GRÁFICO 2 – MÉDIA ANUAL DA TEMPERATURA, NA CIDADE DE LONG BEACH.

Fonte: *in Idem.*

GRÁFICO 3 – MÉDIA ANUAL DA PRECIPITAÇÃO, NA CIDADE DE LONG BEACH.

Fonte: *in Idem.*

GRÁFICO 4 – MÉDIA ANUAL DA VELOCIDADE DO VENTO, NA CIDADE DE LONG BEACH.

Fonte: *in Idem.*

GRÁFICO 5 – MÉDIA ANUAL DA DIRECÇÃO DO VENTO, NA CIDADE DE LONG BEACH.

Fonte: *in Idem.*

GRÁFICO 6 – MÉDIA ANUAL DA HUMIDADE, NA CIDADE DE LONG BEACH.

Fonte: *in Idem.*

GRÁFICO 7 – MÉDIA ANUAL DA NEBULOSIDADE, NA CIDADE DE LONG BEACH.

Fonte: *in Idem.*

GRÁFICO 8 – MÉDIA ANUAL DA LUMINOSIDADE, NA CIDADE DE LONG BEACH.

Fonte: *in Idem.*

GRÁFICO 9 – MÉDIA ANUAL DA QUEDA DE NEVE, NA CIDADE DE LONG BEACH.

Fonte: *in Idem.*

## **CAPÍTULO 6 – BIBLIOGRAFIA**

### **6.1. BIBLIOGRAFIA GERAL**

A.A.V.V. – **A Green Vitruvius, Princípios e Práticas de Projecto para uma Arquitectura Sustentável**. [s.l.]: Ordem dos Arquitectos, 2001.

A.A.V.V. – **Biblioteca Atrium de la Construcción. Materiais para la Construcción (vol.1)**. España: Ed. Oceano/ Centrum, [s.d.].

A.A.V.V. – **Fraîcheur sans clim’ – Le guide dès alternatives écologiques**. Mens: Terre Vivante, 2006.

A.A.V.V. – **Guía de la Edificación Sostenible – Calidad Energética y Medioambiental en Edificación**. Madid: Institut Cerdá, Ministerio de Fomento e IDAE, Julho 1999.

A.A.V.V. – **Técnicas “Solares Passivas” em Edifícios**, Lisboa: Instituto Superior Técnico - Departamento de Engenharia Civil, Fevereiro 1986.

A.A.V.V. – **Tecnologias Construtivas para a Sustentabilidade da Construção**. Porto: Edições Ecopy, 2006.

AICHER, Otl – **Analógico y digital**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, SA, 2001.

AMADO, Miguel Pires – **Planeamento Urbano Sustentável**. [s.l.]: Edição e Artes Gráficas Caleidoscópio, 2005. (Col. Pensar arquitectura).

AMENDOLA, Giandomenico – **La Ciudad Postmoderna**. Madrid: Celeste Ediciones, 2000.

AUGÉ, MARC – **Não-lugares. Introdução a uma Antropologia da Sobremodernidade**. s/l: 90 Graus Editora, 2005.

BIRKELAND, Janis – **Design for Sustainability, a sourcebook of integrated ecological solutions**. London: Earthscan, 2007.

BROWN, G. Z.; DeKay, Mark – **Sol, Vento & Luz, Estratégias para o Projeto de Arquitectura**. 2ª Edição. Bookman: São Paulo, 2004.

CALVINO, Italo – **Seis propostas para o próximo milénio**. 2ª ed. Lisboa: Editorial Teorema, 1992.

CLÉMENT, Gilles – **Gilles Clément une école buissonnière**. Paris: Éditions Hazan, 1997.

COMISSÃO EUROPEIA – **Cidades Europeias Sustentáveis, Relatório - Grupo de Peritos sobre o Ambiente Urbano**. Luxemburgo: Serviço das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias, 1998.

COMISSÃO MUNDIAL DO AMBIENTE E DO DESENVOLVIMENTO – **O Nosso Futuro Comum**. Lisboa: Meribérica/Liber Editores, 1991.

CONSELHO EUROPEU DE URBANISTAS – **A Nova Carta de Atenas 2003. A visão do Conselho Europeu de Urbanistas sobre as Cidades do séc. XXI**. Lisboa: CEU, 2003.

DELORS, Jacques – **A Educação para o Século XXI, Questões e Perspectivas**. [s.l.]: Artmed, 2005.

DELORS, Jacques (compilação) – **Educação: Um Tesouro a Descobrir. Relatório para a Unesco da Comissão Internacional sobre Educação para o Século XXI**. [s.l.]: Diversos Editores, 2006.

EDWARDS, Brian – **Sustainable Architecture**. [s.l.]: Architectural Press, 1999.

EDWARDS, Brian; HYETT, Paul – **Guía Básica de la Sostentabilidad**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2004.

EDWARDS, Brian; TURRENT, David (editor) – **Sustainable Housing – Principles & Practice**. New York: E & FN SPON, 2000.

FEURSTEIN, Günther – **Biomorphic architecture: human and animal forms in architecture**. Stuttgart: Axel Menges, 2002.

FORD, Alan – **Designing the Sustainable School**. Australia: Images Publishing, 2007.

GISSSEN, David (Editor) – **Big & Green, Toward Sustainable Architecture in the 21<sup>st</sup> Century**. New York: Princeton Architectural Press, 2002.

GONZÁLEZ, F. Javier Neila – **Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible**. Madrid: Editorial Munilla-Lería, 2004. (Col. Arquitectura y Tecnología ; 4).

GORE, Al – **Uma verdade inconveniente**. Edição Especial Público. Lisboa: Esfera do Caos Editores Lda, 2007.

HERTZBERGER, Herman – **Making Space, Leaving Space, Lessons for Students in Architecture** 1. Rotterdam: 010 Publishers, 1991.

HERTZBERGER, Herman – **Space and the Architect, Lessons in Architecture 2**. Rotterdam: 010 Publishers, 2000.

HERTZBERGER, Herman – **Space and Learning, Lessons in Architecture 3**. Rotterdam: 010 Publishers, 2008.

HERZOG, Bruno – **Le puits canadien**. Paris: Éditions Eyrolles, 2000.

INSTITUTO DO AMBIENTE – **Estratégia da CEE/ONU para a Educação para o Desenvolvimento Sustentável 2005-2014**. Amadora: Instituto do Ambiente, 2006.

LANDRY, Charles – **The Creative City, a toolkit for urban innovators**. 2<sup>nd</sup> Edition. London: Earthscan, 2008.

MALATO, João; SILVA, Armando – **Geometria da Insolação de Edifícios**. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Dezembro 1969.

MATEUS, Ricardo; BRAGANÇA, Luís – **Tecnologias Construtivas para a Sustentabilidade da Construção**. Porto: Edições Ecopy, 2006. (col. Prometeu)

MEADOWS, Donella; MEADOWS, Dennis; RANDERS, Jørgen; BEHRENS III, William – **The Limits to Growth**. New York: Signet, 1972.

MEADOWS, Donella; MEADOWS, Dennis; RANDERS, Jørgen – **Além dos Limites, da catástrofe total ao futuro sustentável**. Lisboa: Difusão Cultural, 1993.

MOLINA, Juan José Gómez [coord.] – **Estrategias del Dibujo en el arte contemporáneo**. Madrid: Ediciones Cátedra, S. A., 1999.

MORIN, Edgar – **As grandes questões do nosso tempo**. 6<sup>a</sup> ed. Lisboa: Notícias editorial, 1999.

MORIN, Edgar – **O MÉTODO V. A humanidade da humanidade – a identidade humana**. Lisboa: Publicações Europa América, 2003.

RODRIGUES, António Jacinto – **Eco-desenvolvimento, Arte, Urbanismo e Arquitectura**. Porto: Edições Figueirinhas, 1993.

RODRIGUES, António Jacinto – **Arte Natureza e a Cidade**. Porto: Ed. Cooperativa de Actividades Artísticas, CRL, 1993.

RODRIGUES, António Jacinto – **Teoria da arquitectura - O projecto como processo integral na arquitectura de Álvaro Siza**. 1ª ed. Porto: FAUP publicações, 1996.

RODRIGUES, Jacinto – **Sociedade e Território – Desenvolvimento Ecologicamente Sustentado**. 1ª ed. Porto: Profedições, Lda., 2006.

ROMERO, Marta Adriana Bustos – **Arquitectura Bioclimática de Espaço Público**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2001. (Col. Arquitectura e Urbanismo).

SCHULZ-DORNBURG, Julia – **Arte y arquitectura: nuevas afinidades. Art and architecture new affinities**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2000.

SERRA, Rafael – **Arquitectura y climas**. 4ª tirada. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, SA, 2004. (Colección GG Básicos).

THOMAS, Randall – **Sustainable Urban Design, An Environmental Approach**. London and New York: Spon Press, 2003.

TIRONE, Livia ; NUNES, Ken – **Construção Sustentável. Soluções Eficientes Hoje, a nossa Riqueza de Amanhã**. Sintra: Editora Tirone Nunes, SA, 2007.

UNDERWOOD, Lynn – **The Green Home. A Decision Making Guide for Owners and Builders**. USA: Delmar, Cengage Learning, 2010.

WACHBERGER, Michael y Hedy – **Construir com o sol, Utilização da energia solar passiva**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1984.

WINES, James – **Green Architecture**. Köln: Benedikt Taschen Verlag GmbH, 2000.

VIQUEIRA, Manuel Rodríguez (editor); AAVV – **Introducción a la Arquitectura Bioclimática**. México: Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco/Limusa Noriega Editores, 2005.

VIRILIO, Paul – **Cibermundo: a Política do Pior**. Lisboa: Editorial Teorema, Lda., 2000.

## 6.2. BIBLIOGRAFIA ESPECÍFICA

A.A.V.V. – **Sustainable Architecture White Papers** (Earth Pledge Foundation Séries on Sustainable Development). [s.l.]: Earth Pledge, 2005.

COMISSÃO EUROPEIA – **Cidades Europeias Sustentáveis, Relatório-Grupo de Peritos sobre o Ambiente Urbano**. Luxemburgo: Serviço das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias, 1998.

CONSELHO EUROPEU DE URBANISTAS – **Try it this way. Desenvolvimento sustentável ao nível local**. [S.I.]: CEU, 2002.

CONSELHO EUROPEU DE URBANISTAS – **A Nova Carta de Atenas 2003. A visão do Conselho Europeu de Urbanistas sobre as Cidades do séc. XXI**. Lisboa: CEU, 2003.

INSTITUTO DO AMBIENTE – **Estratégia da CEE/ONU para a Educação para o Desenvolvimento Sustentável 2005-2014**. Amadora: Instituto do Ambiente, 2006.

MELO, Ana – **Passive Downdraught Evaporate Cooling: Using Low Income – Prototype and Traditional Chimney as case studies in Moura**. Covilhã: Universidade da Beira Interior, 2004. Dissertação de Mestrado (texto policopiado).

RODRIGUES, Luís – **Património Sustentável – (Re) Pensar a Arquitectura**. Covilhã: Universidade da Beira Interior, 2009. Dissertação de Mestrado (texto policopiado).

SILVA, Joel; SILVA, Sara – **Tecnologias Solares em Edifícios**. Covilhã: Universidade da Beira Interior, 2005/2006. Seminário (texto policopiado).

WENTZ, Daniel – **Development Alternatives world headquarters. Office building in India**. Magden: Holcim Foundation, 2008.

### 6.3. DOCUMENTAÇÃO ELECTRÓNICA

HERNÁNDEZ, Isaac – **40 Años del Día de la Tierra**. El Mundo Blogs: Crónicas desde EEUU. São Francisco e Santa Bárbara. [consult. 21 Abril 2010] Disponível na WWW: <<http://www.elmundo.es/blogs/elmundo/cronicasdesdeeeuu/2010/04/18/40-anos-del-dia-de-la-tierra.html>>.

International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN); United Nations Environment Programme (UNEP); World Wildlife Found (WWF) – **World Conservation Strategy - Living Resource Conservation for Sustainable Development**. Switzerland: [s.e.], 1980. [consult. 3 Maio 2010] Disponível na WWW: <<http://data.iucn.org/dbtw-wpd/edocs/WCS-004.pdf>>.

United Nations – **The Habitat Agenda. Istanbul Declaration on Human Settlements**. [consult. 14 Maio 2010] Disponível na WWW: <[http://www.unhabitat.org/downloads/docs/2072\\_61331\\_ist-dec.pdf](http://www.unhabitat.org/downloads/docs/2072_61331_ist-dec.pdf)>.

United Nations Commission on Sustainable Development – **Framing Sustainable Development. The Brundtland Report - 20 Years On**. [s.l.]: United Nations, 2007. [consult. 13 Maio 2010] Disponível na WWW: <[http://www.un.org/esa/sustdev/csd/csd15/media/backgrounder\\_brundtland.pdf](http://www.un.org/esa/sustdev/csd/csd15/media/backgrounder_brundtland.pdf)>.

United Nations Department of Economic and Social Affairs (DESA) – **Report of the World Commission on Environment and Development**. [s.l.]: United Nations, 11 December 1987. [consult. 13 Maio 2010] Disponível na WWW: <<http://www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm>>.

United Nations Economic Commission for Europe – **Convention on Long-range Transboundary Air Pollution**. Geneva: United Nations. [consult. 22 Abril 2010] Disponível na WWW: <<http://www.unece.org/env/lrtap/full%20text/1979.CLRTAP.e.pdf>> e <[http://www.unece.org/env/lrtap/status/lrtap\\_s.htm](http://www.unece.org/env/lrtap/status/lrtap_s.htm)>.

United Nations Environment Program – **Handbook for the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer**. Nairobi: United Nations Environment Program, 2006 (7<sup>th</sup> edition). [consult. 13 Maio 2010] Disponível na WWW: <<http://books.google.pt/books?id=nxeVIMFWd8UC&printsec=frontcover&dq=Handbook+For+The+Montreal+Protocol+On+Substances+That+Deplete+The+Ozone+Layer&ei=85TsSWpCITKyQSri4mwCA&cd=1#v=onepage&q&f=false>>.

United Nations Environment Programme – **Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment**. Estocolmo: United Nations. [consult. 22 Abril 2010] Disponível na WWW: <<http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=97&ArticleID=1503>>.

United Nations Framework Convention on Climate Change – **Kyoto Protocol**.  
[consult. 14 Maio 2010] Disponível na WWW:  
<[http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php)>.