



UNIVERSIDADE DO ALGARVE



UA1g

UNIVERSIDADE DO ALGARVE

Sistemas passivos na reabilitação de edifícios - as Coberturas com Vegetação como medida de eficiência energética numa instituição de ensino superior

Maria Helena Martins Rodrigues

2012

Sistemas passivos na reabilitação de edifícios - as Coberturas com Vegetação como medida de eficiência energética numa instituição de ensino superior

Maria Helena Martins Rodrigues

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em
Arquitectura Paisagista

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Orientador: Prof. Doutor Miguel Reimão Lopes da Costa

Co-orientador: Arq. Paisagista José Manuel Martins Marques da Conceição

2012

Sistemas passivos na reabilitação de edifícios - as Coberturas com Vegetação como medida de eficiência energética numa instituição de ensino superior

Maria Helena Martins Rodrigues

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em
Arquitectura Paisagista

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Orientador: Prof. Doutor Miguel Reimão Lopes da Costa

Co-orientador: Arq. Paisagista José Manuel Martins Marques da Conceição

MHMR

Título da Dissertação:

Sistemas passivos na reabilitação de edifícios - as Coberturas com Vegetação como medida de eficiência energética numa instituição de ensino superior

Declaração de autoria de trabalho

Declaro ser a autora deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.

Assinatura: Luís Helena Martins Rodrigues

MHMR

Copyright, 2012, Maria Helena Martins Rodrigues. Direitos de autor. A Universidade do Algarve tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicitar este trabalho através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, de o divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Sistemas passivos na reabilitação de edifícios - as Coberturas com Vegetação como medida de eficiência energética numa instituição de ensino superior

RESUMO

Reflectindo a importância actual da qualidade do ambiente urbano na sustentabilidade global do planeta, há uma tendência crescente em reconhecer a importância dos espaços verdes nas zonas urbanas e como uma das componentes essenciais da morfologia urbana. O valor da natureza urbana e a presença da natureza na cidade oferecem oportunidades únicas para aumentar a sensibilização e a educação neste domínio, desempenhando um papel importante ao suscitar o interesse e a preocupação dos cidadãos no que respeita à perda da biodiversidade. Sendo as cidades europeias tão densamente povoadas, contar com o apoio dos cidadãos para fortalecer os objectivos e as acções para a conservação da natureza é essencial. Neste sentido, as instituições de ensino superior assumem uma responsabilidade essencial na preparação das novas gerações para um futuro viável. Pela reflexão e pela extensa experiência em investigação interdisciplinar, estes estabelecimentos devem não somente advertir, ou mesmo dar o alarme, mas também conceber soluções racionais, implementando medidas práticas que revertam as práticas que contribuem para a degradação ambiental.

É neste contexto que se enquadra a realização desta dissertação, pois é actualmente que se impõe a procura de soluções adaptáveis para os problemas das áreas urbanas perante as alterações climáticas, quer pelo elevado número de pessoas que por elas são directa ou indirectamente afectadas, quer pela extensa área do globo em que estas se fazem sentir. Por estes motivos, este trabalho debruça-se sobre a problemática que se relaciona com o ambiente urbano, no âmbito das eminentes alterações climáticas, da perda de biodiversidade e da eficiência energética do parque edificado, empregando a tecnologia das Coberturas com Vegetação (CcV), como resposta adaptativa com interesse para mais do que um sector ou região e, sobretudo, com capacidade de replicação e cariz transversal.

A proposta de implantação deste sistema passivo é aplicada no edifício 1, na Universidade do Algarve, *Campus* de Gambelas, em Faro.

Palavras-chave: coberturas com vegetação, reabilitação, eficiência energética, sustentabilidade, universidade.

Passive systems in the rehabilitation of buildings - the greenroofs as a measure of energy efficiency in a higher education institution

ABSTRACT

Reflecting the importance of the current quality of the urban environment in global sustainability of the planet, there is a growing trend to recognize the importance of green spaces in urban areas, as one of the essential components of urban morphology.

The value of urban nature and the presence of nature in the city offer unique opportunities to increase awareness and education in this field, playing an important role in raising the interest and concern of citizens towards the biodiversity loss. Being European cities so densely populated is essential to have the support of citizens to strength the goals and actions for the conservation of nature. In this sense, institutions of higher education assume a major responsibility in preparing new generations for a viable future.

These institutions, through reflection and extensive experience in interdisciplinary research, must not only warn, or even give the alarm, but also developed rational solutions, implementing practical measures to reverse the actions that contribute to environmental degradation.

It is in this context that this thesis fits, with climate changes is necessary adaptable solutions to the problems of urban areas, where higher numbers of people are directly or indirectly affected, and also other areas of the globe in which they are felt. For these reasons, this work focuses on issues related to the urban environment, under the eminent climate change, biodiversity loss and energy efficiency of the building stock, using the technology of greenroofs as a response with interest for more than one sector or region, and above all, capable of universal replication.

The proposed implementation of this passive system is applied in building 1 at the University of Algarve, *Campus Gambelas* in Faro.

Keywords: greenroofs, rehabilitation, energy efficiency, sustainability, university.

A todos os que, directa e indirectamente, tornaram possível a concretização deste trabalho, expresso os meus mais sinceros agradecimentos:

Ao Prof. Doutor Miguel Reimão Costa, pelo enorme privilégio de ter tido a sua enriquecedora orientação científica e pelo voto de confiança em acreditar.

Ao Arquitecto Paisagista José Manuel Conceição, por me ter acompanhado em mais uma etapa do meu percurso académico, sentindo-me lisonjeada pela sua importante co-orientação científica.

Ao Digníssimo Reitor da Universidade do Algarve, Prof. Doutor João Guerreiro, pelo acesso a documentos oficiais da instituição, sem os quais não teria sido possível concretizar o objectivo desta dissertação.

Aos Serviços Técnicos da Universidade do Algarve, em particular à Eng^a Márcia Lima e Eng^o João Santana, pela disponibilização de material e informação.

Ao Sector de RD e Arquivo, ao Sr. Paulo Jorge, pelas sugestões e apoio técnico. Pela simpatia.

Aos Serviços Académicos Divisão de Formação Avançada, pelos esclarecimentos e incentivo.

Ao Director da Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade do Algarve, Prof. Doutor Rui Cabral e Silva, por ter facultado a deslocação a eventos no âmbito da dissertação.

Aos amigos, Ana Gonçalves e António Machado, pelo apoio, pelo incentivo e pela energia positiva que sempre me transmitiram.

e a todos que de alguma forma contribuíram.

À minha família grande, pelo apoio.

Ao Chus, pelo apoio e paciência.

À filhota Diana, por tudo.

MHMR

MHMR

MHMR

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	1
Capítulo 1	COMPROMISSO PARA UM AMBIENTE MELHOR	7
1.1.	Enquadramento	7
1.2.	O Contributo das Universidades	11
1.3.	O Contributo da Construção	15
1.4.	Eficiência Energética em Edifícios	21
1.4.1.	Medidas de Eficiência Energética no Estado	25
1.4.2.	Reabilitação de Edifícios no Âmbito da Eficiência Energética	28
1.4.3.	Soluções Passivas na Reabilitação	31
Capítulo 2	COBERTURAS COM VEGETAÇÃO	37
2.1.	Evolução Temporal e Significado das Coberturas Com Vegetação	38
2.1.1.	Tipologias de Coberturas com Vegetação	38
2.1.2.	Precedentes na Arquitectura Vernacular	44
2.1.3.	Pioneiros dos Telhados Verdes	49
2.1.4.	Desenvolvimento da Indústria e Subprodutos	57
2.2.	Benefícios das Coberturas com Vegetação	59
2.2.1.	Qualidade Ambiental	59
2.2.2.	A Qualidade do Ar	64
2.2.3.	Retenção de Águas Pluviais	67
2.2.4.	Pequena Fauna	71
2.2.5.	Parâmetros de Ordem Técnica (económicos)	72
2.2.5.1.	Vida útil da cobertura	72
2.2.5.2.	Valorização estética e funcional	73
Capítulo 3	PROJECTO DE ARQUITECTURA PAISAGISTA PARA ZONAS DE COBERTURA	75
3.1.	Parâmetros de Ordem Conceptual	75
3.1.1.	Uso / Função	75
3.1.2.	Aspectos Estruturais (Condicionantes)	76
3.1.3.	Características Climáticas	79
3.1.4.	Manutenção	80
3.1.5.	Custos	80
3.1.6.	Concepção	81
3.2.	Parâmetros de Ordem Técnica	82
3.2.1.	Camada de Forma	82
3.2.2.	Isolamento Térmico	83
3.2.3.	Impermeabilização	85
3.2.4.	Drenagem	89
3.2.5.	Membrana Filtrante	90

3.2.6.	Suporte de plantação (Substrato)	91
3.2.7.	Vegetação.....	94
Capítulo 4	PROPOSTA DE UMA COBERTURA COM VEGETAÇÃO - EDIFÍCIO 1	
	Campus de Gambelas , Universidade do Algarve, Faro.....	97
	Memória Descritiva - Enquadramento	97
4.1.	Metodologia de Abordagem e Adequação da Proposta	98
4.2.	Enquadramento Territorial da Área de Estudo onde se insere a Proposta	100
4.3.	Identificação e Caracterização do Edifício em Análise.....	113
4.4.	Proposta.....	123
Capítulo 5	CONSIDERAÇÕES FINAIS e recomendações para desenvolvimentos	
	futuros	135
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	139
	ANEXOS	

ÍNDICE de FIGURAS

Capítulo I

Figura 1.2.1. Interrelação dos eixos: sustentabilidade, organização da universidade e sociedade, na transição para o desenvolvimento sustentável.	14
Figura 1.4.1. Gráfico ilustrativo da dependência energética de Portugal no período 2000 - 2010.	22
Figura 1.4.2. Gráfico ilustrativo do consumo de electricidade nos edifícios do Estado - Portugal.	22

Capítulo II

Figura 2.1.1. Esquema representativo do corte de coberturas com vegetação	40
Figura 2.1.2. Esquema representativo do corte de uma cobertura com vegetação acima do nível do solo	40
Figura 2.1.3. Esquema representativo da relação plantas/ espessura do substrato	42
Figura 2.1.4. Centro Deportivo y de Salud	44
Figura 2.1.5. Rolling Hills, aldeia de termas quentes	44
Figura 2.1.6. Imagem dos Jardins suspensos da Babilónia	45
Figura 2.1.7. Zigurate de Ur, templo à deusa Lua. Data de 2250 a.C.	45
Figura 2.1.8. Localização geográfica da Babilónia.	45
Figura 2.1.9. Safurda ou choça	46
Figura 2.1.10. Torrellha ou choça na Raia	46
Figuras 2.1.11. / 2.1.12. Casas de salão	46
Figura 2.1.13. Telhados herbáceos nas Ilhas Féroé. Escandinávia	48
Figura 2.1.14. Telhados herbáceos em Shógar. Islândia	48
Figura 2.1.15. 419 Lafayette Street.....	49
Figura 2.1.16. Edifício MEC. Roberto Burle Marx. 1936	50
Figura 2.1.17. Oakland Museum. K. Roche, J. Dinkeloo e D. Kiley.1969	50
Figura 2.1.18. Mosteiro La Tourette. Le Corbusier. 1930	50
Figura 2.1.19. Banco Safra. Roberto Burle Marx. 1988	51
Figura 2.1.20. Splice Garden. Martha Schwartz. 1986.	51
Figura 2.1.21. a / b - Freeway Park. Lawrence Halprin. 1976	52
Figura 2.1.22. Waldspirale. Hundertwasser.1998. Darmstadt.....	52
Figura 2.1.23. Esquema representativo das componentes da cobertura com vegetação.	55
Figura 2.1.24. Tapete de <i>Sedum</i> spp	57
Figura 2.1.26. <i>Sedum</i> spp	57
Figura 2.2.1. Secção transversal, generalizada, de uma “ ilha de calor” no meio urbano	60
Figura 2.2.2. Registo de temperatura em duas estações distintas (meio rural e meio urbano) em Viena, ao longo de dois meses representativos, Verão e Inverno	61
Figura 2.2.3. Ilustração esquemática do comportamento de duas superfícies distintas (vegetal e material inerte) quando sujeitas a radiações infravermelhas e do espectro vermelho	62

Figura 2.2.4 Alteração dos valores da temperatura e da humidade relativa do ar sobre uma área verde urbana de 50 por 100m	63
Figura 2.2.5. Substituição do ar quente e poluído que se concentra sobre as superfícies inertes, por ar mais fresco	63
Figura 2.2.6. Probabilidade de ocorrência de «smog» para valores de temperatura superiores a 20°C, verificada em Los Angeles	65
Figura 2.2.7. Comportamento das massas de ar em torno de um edifício	67
Figura 2.2.8. Diagrama representativo do efeito da rugosidade do terreno na velocidade do vento	67
Figura 2.2.9. Esquema representativo do comportamento da água precipitada sobre uma CcV	68
Figura 2.2.10. Retenção das águas da chuva numa cobertura com (a) e sem (b) vegetação implantada	68
Figura 2.2.11. Diagrama comparativo do escoamento originado por uma chuvada de 24 horas, de 85mm para um telhado com cobertura convencional e outro com revestimento vegetal e um substrato de 7,5 cm de espessura.	69
Figura 2.2.12. Comparação da redução da intensidade do escoamento gerado por uma chuvada, para espessuras distintas de substrato	70
Figura 2.2.13 Percentagem de elementos retidos na vegetação sobre cobertura após precipitação	70
Figura 2.2.14. Pequena fauna	71
Figura 2.2.15 Reservatório de água. Basel. Suíça.	71
Figura 2.2.16 Evolução do gradiente de temperatura de diferentes materiais de cobertura. Munique. Alemanha	72
 Capítulo III	
Figura 3.2.1. Revestimento vegetal. Sequência das camadas que assentam sobre a estrutura resistente	83
Figura 3.2.2. Pavimento. Sequência das camadas que assentam sobre a estrutura resistente	83
 Capítulo IV	
Plano 1: .Localização - área de estudo (Figs 4.2.1 a 4.2.5).....	101
Figura 4.2.1. Região do Algarve. Localização do Parque Natural da Ria Formosa (PNRF)	
Figura 4.2.2. Localização do Campus de Gambelas da Universidade do Algarve no PNRF	
Figura 4.2.3. Enquadramento do campus segundo a carta de síntese do POPNRF	
Figura 4.2.4. Morfologia do terreno, à escala da área de estudo	
Figura 4.2.5. Planta altimétrica da área de estudo	
Plano 2: Características climática - área de estudo (Figs 4.2.6 a 4.2.9a).....	105
Figura 4.2.6. Mapa climático segundo a classificação de Köppen-Geiger	

Figura 4.2.7. Distribuição das regiões de Clima Mediterrânico	
Figura 4.2.8. Diagrama característico do Clima Mediterrânico - Precipitação e Temperatura	
Figura 4.2.9. Portugal Continental segundo a classificação climática de Köppen-Geiger	
Figura 4.2.9a. Projecção ortográfica da Europa	
Figura 4.2.10. Temperatura do ar, normais climatológicas, Faro, 1971/2000	107
Figura 4.2.11. Temperatura média e valores máximos e mínimos, mensais	107
Figura 4.2.12. - Precipitação, normais climatológicas, Faro, 1971/2000	110
Figura 4.2.13. - Precipitação acumulada mensal e valores máximo diário	111
Figura 4.3.3. - Zona climática I1 (Inverno) e V2-S (Verão)	114

ÍNDICE de QUADROS e TABELAS

Capítulo II

Quadro 2.1.1. Objectivos, funções e características de coberturas com vegetação	43
---	----

Capítulo III

Quadro 3.2.1. Classificação de materiais empregues na impermeabilização de coberturas	87
---	----

Capítulo IV

Tabela 4.1.1. Síntese das oportunidades resultantes da implantação da proposta face à eficiência energética, construção sustentável e às alterações climáticas, ao nível: edifício, Campus, local / regional e nacional, de acordo com a bibliografia consultada	99
Tabela 4.2.1. Estação meteorológica mais próxima da área de estudo	104
Tabela 4.2.2. Temperatura média anual comparada - Anos 2009 / 2010	108
Tabela 4.2.3. Análise comparada do número de dias com temperatura $\geq 25^{\circ}\text{C}$ e 35°C , Faro, 2009/2010	109
Tabela 4.2.4. Análise comparada do número de dias de precipitação com valores $\geq 1\text{mm}$, Faro, 2009/2010	109
Tabela 4.2.5. Precipitação média anual comparada, Faro - 2009 / 2010	110
Tabela 4.3.1. Exemplos do estado de conservação dos diferentes elementos do sistema de cobertura.....	121

ÍNDICE de PEÇAS DESENHADAS

Capítulo IV

Edifício 1:

Desenho 1 - Localização	113
Fig. 4.3.2. Planta de cobertura ed.1 - 1ª e 2ª fases de construção.	114
Desenho 2 - Cobertura do edifício (área da proposta) e cortes	117

Situação de referência da cobertura do edifício 1 (1ª Fase):

Desenho 3 - Equipamentos e elementos da cobertura	119
pormenor construtivo	115
Desenho 4 - Drenagem	116

Proposta:

Desenho 5 - Conceito da proposta	124
Fig. 4.4.1. Esboço da proposta.....	125
Desenho 6 - Elementos a remover da cobertura do edifício 1 (1ªFase)	127
Desenho 7 - Plano geral da proposta, perspectiva, pormenores construtivos	129

ANEXOS

Anexo A - Plantas do edifício 1 (1ª fase) - UALg

Anexo B - Extracto do PDM Faro : Carta de Ordenamento - Síntese

Anexo C - Tabela síntese das ações de manutenção para os principais elementos de uma cobertura plana

Acrónimos e Siglas

ADENE — Agência para a Energia
APA — Agência Portuguesa do Ambiente
CBD — Convention on Biological Diversity
CCDR — Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional
CCDRAlg - Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Algarve
CE — Comissão Europeia
CIB - Conseil International du Bâtiment
CO₂ — Dióxido de Carbono
CcV — Cobertura com Vegetação
DGEG — Direcção Geral de Energia e Geologia
CPE — Polietileno clorado
CSPE — Polietileno clorossulfurado
DL — Decreto-Lei
DR — Diário da Republica
EEE — European Environment Agency's
EPDM — Monómero de etileno-propileno-dieno
EU — European Communities - Comunidade Europeia
Eurostat — Serviço de Estatística das Comunidades Europeias
FLL - Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau
GEE — Gases com efeito de estufa
GHESP — Global Higher Education for Sustainability Partnership
IEEA - Intelligent Energy Europe Agency
IAU - - International Association of Universities
IM, I.P. — Instituto Meteorologia, Instituto Público
IPCC — Intergovernmental Painel on Climate Change
ITIC — Instituto Técnico para a Indústria da Construção
LNEC — Laboratório Nacional de Engenharia Civil
MEI — Ministério da Economia e Inovação
MOPTC — Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações
OMM — Organização Meteorológica Mundial
ONU - Organização das Nações Unidas
PIB — Produto Interno Bruto
PIB^a — Poli-isobutileno
PNAC — Programa Nacional para as Alterações Climáticas
PNAEE — Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética
PVC — Policloreto vinil
RCCTE — Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RCM — Resolução do Conselho de Ministros
RSECE — Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
SCE — Sistema de Certificação Energética de Edifícios
TPO / FPO — Poliolefinas

UE – União Europeia

ULSF - Association of University Leaders for a Sustainable Future

UNCED – United Nations Conference on Environment and Development

MHMR

MHMR

MHMR

INTRODUÇÃO

O efeito das alterações climáticas é uma preocupação crescente à escala global, não só porque são identificadas como uma das maiores ameaças ambientais, sociais e económicas que o planeta e a humanidade enfrentam na actualidade, mas também porque é muito provável que o aumento observado da temperatura média global, desde meados do século XX, seja na sua maior parte uma consequência do aumento da concentração dos gases com efeito de estufa de origem antropogénica (PCM, 2007).

Perante este cenário, o Homem tem e deve o compromisso de confrontar as alterações climáticas, actuando na origem do problema, isto é, as emissões de gases com efeito de estufa, e preparar as sociedades em todo o mundo para lidar com os impactes biofísicos e sócio-económicos das alterações do clima, uma vez que, segundo os dados do 4º Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2007), é inevitável que ocorra uma alteração do clima face aos padrões que conhecemos hoje. A temperatura média global aumentou em mais de 0,7°C durante o século XX, prevendo-se um aumento na temperatura média global entre 1,4 e 5,8°C até ao final do século XXI, dependendo fortemente do desenvolvimento das acções antropogénicas, que englobam, as emissões de gases com efeito de estufa, os processos industriais, o uso da terra e as alterações na paisagem / território.

Do exposto anteriormente, as alterações climáticas e os seus efeitos apresentam um duplo desafio, por um lado, na atenuação, que é a limitação das alterações climáticas através da redução da produção de gases com efeito de estufa, e por outro lado, na adaptação, conceito definido segundo o IPCC (2007), como “ [...] um ajustamento nos sistemas naturais ou humanos como resposta a estímulos climáticos verificados ou esperados, que moderam danos ou exploram oportunidades benéficas [...]”. É essencial que as alterações climáticas sejam abordadas de uma forma integrada, combinando medidas de protecção climática a longo prazo com medidas de adaptação de curto e médio prazo, ao nível local, como meio de melhorar a coerência das decisões e a afectação de meios financeiros (IPCC, 2007).

De um ponto de vista global, a Europa é um continente bastante urbanizado. Na actualidade, cerca de 80% dos europeus vivem nas cidades, significando que quatro em cada cinco europeus vivem no meio urbano (EC, 2009). Ao longo da história, o desenvolvimento das cidades marcou o crescimento demográfico, tornando-se muito rapidamente a principal força motriz por trás de uma economia de consumo de recursos, nomeadamente na desflorestação, alteração de usos do solo e da paisagem. Baseada na utilização de consumíveis fósseis, gera resíduos, tráfego, poluição do ar e sonora, entre outros efeitos e impactes que ultrapassam os limites administrativos das cidades que os geram com consequências directas na qualidade de vida e na saúde dos seus habitantes. Por outro lado, as cidades são centros de inovação, de criatividade, de cultura, de progresso social, de tecnologia, de investimento económico e de capital humano. Assim, se a maioria dos problemas ambientais que a sociedade actual enfrenta têm origem nas áreas urbanas, são estas que conjugam os compromissos e a capacidade de inovação para os resolver num âmbito de soluções

2 Introdução

que atendam à preservação dos espaços naturais e à relação do Homem com a Natureza.

O aumento populacional que caracteriza o século XX tem determinado a ocupação de áreas cada vez mais extensas pelo Homem, implicando uma diminuição dos espaços naturais, com reflexos graves ao nível dos restantes seres vivos (EEA, 2009).

Reflectindo a importância actual da qualidade do ambiente urbano na sustentabilidade global do planeta, vários projectos internacionais e relatórios foram criados, de que são exemplo os projectos Habitat (UNCHS, 2009), a Agenda 21 Local e a Campanha das Cidades Sustentáveis (ICLEI, 2009). Esta última, abriu caminho para uma acção melhorada que culminou com o lançamento de uma estratégia sobre o tema.

Ao nível das políticas urbanas, dos decisores em planeamento urbano, há uma tendência crescente em reconhecer a importância dos espaços verdes nas zonas urbanas, no sentido do reconhecimento das funções que desempenha como amenidade ambiental, como suporte de recreio e lazer e como uma das componentes essenciais da morfologia urbana (Magalhães, 2001), exige uma perspectiva de intervenção que tenha em vista potenciar as suas funções no tecido urbano. O papel da biodiversidade continua a ser, no entanto, menos conhecido e muitas vezes esquecido. Embora «biodiversidade» e «espaços verdes» não sejam sinónimos e possam, eventualmente, rivalizar, ambos oferecem oportunidades importantes e valorizadas para o exercício psíquico, a interacção social, o relaxamento, a paz e a tranquilidade, contribuindo significativamente para melhorar a qualidade de vida dos cidadãos.

O valor da natureza urbana, porém, vai bem além da sua mera influência na qualidade de vida dos habitantes. Em primeiro lugar, ela tem o seu próprio valor intrínseco. As áreas urbanas são surpreendentemente ricas em biodiversidade, que hospedam uma grande variedade de espécies e de habitats, incluindo algumas raras e ameaçadas a nível europeu (EEA, 2009).

A presença da natureza na cidade também oferece uma oportunidade única para aumentar a sensibilização e a educação neste domínio, desempenhando um papel importante ao suscitar o interesse e a preocupação dos cidadãos no que respeita à perda da biodiversidade. Sendo as cidades europeias tão densamente povoadas, contar com o apoio dos cidadãos para fortalecer os objectivos e as acções para a conservação da natureza é essencial.

Para os moradores da cidade, o campo e a vida selvagem podem parecer distantes e remotos e, independentemente das suas vidas diárias, o seu primeiro encontro com a natureza é feito no ambiente urbano. Aqui a natureza aparece em grande plano e pessoal.

Uma vista aérea sobre uma cidade contemporânea revela que grandes áreas da paisagem urbana, e especialmente da cidade consolidada, estão ocupadas por superfícies impermeáveis, como estradas, telhados e estacionamento. As coberturas das construções são na generalidade de cor escura e preenchidas, em larga maioria, por equipamentos de ar condicionado. Estas superfícies não são apenas sub utilizadas como também contribuem para os problemas ligados à cidade ao nível da qualidade ambiental como sejam o efeito de “ilha de calor” urbano e o aumento do escoamento superficial das águas pluviais.

A variação do escoamento superficial em áreas urbanas é fundamentalmente devido ao

aumento das áreas impermeáveis, à deflorestação em áreas a montante, e à adopção de canais artificiais para a água que tendem a aumentar a velocidade do fluxo provocando picos de inundação devido à diminuição do tempo de residência (Liébard, 2005). Este efeito tem vindo a ser agravado pelo crescimento urbano desde o século XX.

Os ecossistemas urbanos são mosaicos complexos onde as dinâmicas que favorecem a mudança são muito intensas (Liébard, 2005). Nestas áreas a continuidade de fluxos é também muito importante e a aplicação das redes ecológicas ou das estruturas ecológicas urbanas (Magalhães, 2001) contribuem para a manutenção de uma certa continuidade de espaços abertos urbanos que permitem assegurar essa continuidade de fluxos de energia e de matéria.

A continuidade de espaços naturais é assim um factor chave na manutenção de um ecossistema sustentável (Magalhães, 2001), particularmente importante nas áreas urbanas sujeitas a uma maior pressão no sentido da colmatção dos vazios urbanos por materiais inertes e impermeáveis.

Neste sentido, as universidades, assim como todos os estabelecimentos de ensino superior, assumem uma responsabilidade essencial na preparação das novas gerações para um futuro viável. Pela reflexão e pela extensa experiência em investigação interdisciplinar, estes estabelecimentos devem não somente advertir, ou mesmo dar o alarme, mas também conceber soluções racionais, implementando medidas que revertam as práticas que contribuem para a degradação ambiental.

É neste contexto que se enquadra a realização da dissertação, pois é actualmente que se impõe a procura de soluções adaptáveis para os problemas das áreas urbanas perante as alterações climáticas, quer pelo elevado numero de pessoas que por elas são directa ou indirectamente afectadas, quer pela extensa área do globo em que estas se fazem sentir. Por estes motivos, este trabalho irá debruçar-se sobre a problemática que se relaciona com o ambiente urbano, no âmbito das eminentes alterações climáticas e da perda de biodiversidade, empregando a tecnologia das Coberturas com Vegetação (CcV), como solução de adaptação que “ [...] se possam constituir como respostas adaptativas com interesse para mais do que um sector ou região e, sobretudo, com capacidade de replicação e cariz transversal.” (PCM, 2010).

Assim, pretendemos demonstrar a importância da reconversão da cobertura de edifícios construídos, com vegetação, como contributo para um ambiente local melhor, “replicando” o ambiente destruído com a implementação do edifício. A presença destes sistemas não pode constituir uma mera consequência residual do planeamento urbano porque o reconhecimento das funções que desempenha como promotor da qualidade de vida, de amenidade ambiental, criadora de condições de conforto bioclimático, que assegura o funcionamento dos sistemas naturais e enquanto elemento do sistema urbano, é capaz de contribuir para a sua qualidade, por influenciar diversos componentes que fazem igualmente parte desse complexo sistema.

As acções de aplicação de vegetação nas coberturas dos edifícios não servem de compensação à necessidade de conservação e implantação de espaços verdes urbanos, estes, elementos permeáveis, são constituintes de um sistema mais vasto, designado por estrutura ecológica urbana que visa a preservação dos ecossistemas.

Objectivos e Estrutura

Pretende-se com esta dissertação reflectir sobre a aplicação de medidas adaptáveis e mitigadoras às alterações climáticas, no âmbito da qualidade ambiental e da perda de biodiversidade, no meio urbano. Este trabalho explora a concepção de Coberturas com Vegetação (CcV) dentro de uma estratégia de arquitectura sustentável, concentrando-se nas seguintes questões: Como é que os edifícios existentes podem ser reabilitados, reciclados, por forma a contribuir para o aumento da qualidade do ambiente urbano perante as alterações climáticas actuais e previsíveis, de uma forma sustentável? A instalação de sistemas vivos “artificiais” como “segunda pele” dos edifícios será viável em climas quentes e de invernos amenos? Como gerar e preservar diferentes habitats nas cidades?

A pesquisa foi focada nas CcV, como meio e método para melhorar a “qualidade de vida” no e do ambiente urbano (Niachou, 2001; Eumorfopoulou, 2009) e no seu contributo para o aumento da biodiversidade nas cidades. As Coberturas com Vegetação são “envelopes de vida”, de vegetação, instaladas no topo dos edifícios na optimização do desempenho energético e para auxiliar na conservação e propagação de recursos naturais e de habitats (humano, animal, plantas ...) (EEA, 2009).

Neste trabalho são alvo de estudo as Coberturas com Vegetação de carácter extensivo *i.e.* sistemas de vegetação em planos horizontais, como ferramenta ecológica e estética, a incluir no planeamento urbano, em clima mediterrânico, considerando que a região Mediterrânica e o Sul da Europa, segundo o IPCC (2007), é uma das regiões mais vulneráveis às alterações climáticas e que irá sofrer impactes graves mais significativos. Analisa-se o conjunto de iniciativas políticas a nível nacional, europeu e mundial nas questões relacionadas, directa ou indirectamente, com as alterações climáticas, a biodiversidade e a rede Natura 2000, nas áreas urbanas.

O objectivo desta pesquisa é desenvolver estratégias de projecto na aplicação de medidas mitigadoras e adaptáveis às alterações climáticas (IPCC, 2007) e à integração da biodiversidade, no meio urbano, apresentando uma alternativa de projecto através do qual podem ser realizadas.

A proposta de implantação destes sistemas a apresentar na dissertação será aplicada no edifício 1, na Universidade do Algarve (UALg), *Campus* de Gambelas, em Faro. Trata-se de um edifício que teve dois momentos de construção, a primeira fase, constituída pelo volume correspondente às fachadas sul e poente, terminado em 1991 e a segunda fase, conclusão do projeto, em 1996, de que fizeram parte as fachadas nascente e norte. É sobre a primeira fase que recai a proposta apresentada neste trabalho, doravante designada por “edifício 1” ou “edifício”.

O *Campus* está inserido no Parque Natural da Ria Formosa (figura legal criada ao abrigo do Decreto-Lei nº373/87, de 9 de Dezembro), que engloba áreas integradas no sítio da Rede Natura 2000 Ria Formosa – Castro Marim (PTCON0013) e uma zona de protecção especial da ria Formosa (PTZPE0017), conforme PCM (2009).

A dissertação será desenvolvida em duas partes essenciais: a primeira versará uma

abordagem teórica, sobre medidas adaptáveis à problemática ambiental urbana actual e a segunda, numa perspectiva de apresentar estratégias de projecto na aplicação dessas medidas, versará a abordagem prática.

Abordagem teórica:

- definição do tema e âmbito da dissertação, de acordo com os objectivos definidos,
- revisão de conceitos de enquadramento à temática das alterações climáticas, da qualidade ambiental e à perda da biodiversidade, no meio urbano,
- panorama actual das cidades em relação à qualidade ambiental e à presença da natureza nas cidades, bem como, os problemas actuais com os quais se deparam e que fazem com que seja urgente promover acções mitigadoras e adaptáveis em prol do ambiente urbano, aferindo-se o estado da arte na temática em estudo,
- o papel das universidades no desenvolvimento sustentável das sociedades,
- análise da politica de ambiente urbano / eficiência energética, iniciativas, programas e instrumentos em vigor,
- o contributo do sector da construção no desenvolvimento sustentável e,
- estado das Coberturas com Vegetação

Abordagem prática:

- análise da área em estudo, e dos seus elementos estruturantes,
- referente ao período 1988 - 1996, tomou-se por base as cartas de ante-projecto e projecto do edifício 1 (fase 1 e 2), datadas de 1988 e 1996, respectivamente, e procedeu-se ao seu tratamento digital e passagem ao formato dwg e skp,
- o cruzamento da informação temática foi integrada com o levantamento planimétrico *in situ* e com elementos de melhor definição presentes noutras cartas, igualmente submetidas a tratamento digital e,
- proposta de implantação de uma Cobertura com Vegetação no edifício 1 da Universidade do Algarve, no *Campus* de Gambelas, como sistema passivo a empregar na reabilitação de edifícios em termos de desempenho energético -ambiental.

O presente trabalho está estruturado nos seguintes capítulos:

- Introdução;
- Capítulo I – Compromisso para um ambiente melhor;
- Capítulo II – Coberturas com Vegetação;
- Capítulo III – Projecto de Arquitectura Paisagista para zonas de cobertura;
- Capítulo IV – Proposta de uma Cobertura com Vegetação - edifício 1, *Campus* de Gambelas, Universidade do Algarve, Faro,
- Capítulo V – Considerações finais e propostas de trabalho.

Na introdução apresenta-se o tema em estudo, a sua relevância e objectivos. No primeiro capítulo é apresentada uma revisão do estado da arte em matéria de programas e relatórios de biodiversidade, qualidade do ambiente urbano, o papel das universidades no desenvolvimento

6 Introdução

sustentável e o contributo do sector da construção na mitigação dos consumos energéticos e, por último, a eficiência energética, medidas e soluções a preconizar na reabilitação de edifícios.

O segundo capítulo assenta numa revisão bibliográfica das Coberturas com Vegetação, evolução temporal e benefícios da implementação destes sistemas passivos como medida de eficiência energética na reabilitação de edifícios.

No terceiro capítulo são analisados alguns aspectos, tanto ao nível da concepção como ao nível técnico, considerados determinantes para o sucesso de instalação de uma Cobertura com Vegetação, sendo dada especial atenção ao sistema extensivo.

No quarto capítulo trabalhou-se os vários componentes focados nos capítulos anteriores para a criação de uma proposta.

A convergência das linhas orientadoras expressas nos capítulos anteriores deu origem ao quarto capítulo no qual se desenvolveu uma composição passível de ser aplicada em vários níveis, a partir de planos orientadores, para soluções detalhadas, para elementos específicos. A composição pode ser vista como um exemplo de como uma evolução resiliente do *Campus* pode assumir a forma física. Isto é, não significa terminar o processamento de uma proposta, devendo ser considerada como uma base para estudos posteriores no desenvolvimento do projecto ambiental por uma universidade mais sustentável. Dado o carácter interdisciplinar de que se reveste o tema em análise, há um conjunto de questões em aberto que não possibilita o avanço da proposta, a qual poderá ser encarada, como acima referido, como uma ferramenta, como um elemento de estudo a contribuir no desenvolvimento de estratégias de projecto inovadoras na reabilitação dos edifícios na Universidade do Algarve.

Por último, são apresentadas algumas considerações finais sobre o tema.

1. COMPROMISSO PARA UM AMBIENTE URBANO MELHOR

1.1. Enquadramento

As questões relativas ao clima e à biodiversidade encontram-se, nos dias de hoje, entre as prioridades de grande parte dos países. As inter-relações das causas de perda de biodiversidade com a mudança do clima e o funcionamento dos ecossistemas apenas agora começam a ser vislumbradas (EEA, 2009). Três razões principais justificam a preocupação com a conservação da diversidade biológica. Primeiro porque se acredita que a diversidade biológica é uma das propriedades fundamentais da natureza, responsável pelo equilíbrio e estabilidade dos ecossistemas. Segundo porque se acredita que a diversidade biológica representa um imenso potencial de uso económico, em especial pela biotecnologia. Terceiro porque se acredita que a diversidade biológica está a deteriorar-se, inclusive com aumento da taxa de extinção de espécies, devido ao impacto das actividades antropogénicas. E a manutenção da diversidade biológica é essencial para a qualidade de vida no planeta terra, podendo ser um factor limitante (CBD, 2009).

Não há uma definição consensual de Biodiversidade. A definição “totalidade dos genes, espécies e ecossistemas de uma região”, unifica os três níveis de diversidade entre seres vivos, diversidade dentro da espécie, entre espécies e diversidade comparativa entre ecossistemas (CBD, 2009).

A 20 de Dezembro de 2006, na 61ª sessão da Assembleia-geral da ONU – Organização das Nações Unidas, foi adoptada a Resolução 61/203, proclamando 2010 como o Ano Internacional da Biodiversidade. Esta iniciativa, inaugurada a 11 de Janeiro de 2010, em Berlim, teve como objectivo “celebrar a diversidade da vida na Terra e contrariar a perda da biodiversidade no mundo”.

Allmed Djoghla, secretário executivo da Convenção da Diversidade Biológica (CBD), informou que os dois relatórios sobre a mudança do clima, da biodiversidade e da acidificação dos oceanos apresentados pela Convenção da Diversidade Biológica na Conferência de Copenhaga sobre as Alterações Climáticas, em Dezembro de 2009 (UNCHS, 2009), indicavam ser urgente mobilizar a comunidade científica para apoiar a interacção entre as alterações climáticas e a biodiversidade. Dos relatórios submetidos nessa conferência, 89 de 110, identificaram as alterações climáticas como uma importante força motriz por trás das perdas da biodiversidade. Os relatórios demonstraram que aproximadamente 10% das espécies avaliadas até agora têm um risco crescente de extinção a cada aumento de 1°C na temperatura global. Por outro lado, a mudança climática está a ser agravada pela perda de biodiversidade. Actualmente, estima-se que a desflorestação é responsável por 20% das emissões de dióxido de carbono anuais induzidas pelo homem.

Perante esta realidade, todos os sectores da sociedade devem contribuir. Como actuar? Que acções podem e devem ser levadas a cabo a curto e a médio prazo após 2010? Estas foram algumas das questões colocadas na conferência on-line intitulada “Aichi-Nagoya International

E-Conference on the Post 2010 Biodiversity Target”, que teve por objectivo incentivar a participação activa a nível mundial para a conservação da biodiversidade (ANIEC, 2010).

As alterações climáticas que presenciamos actualmente, e que se julga intensificar em anos futuros, antecipam um impacte que poderá vir a ser catastrófico para a vida no planeta Terra, pondo em causa o equilíbrio natural do planeta, resultando em tempestades, cheias, secas, furacões entre outros cataclismos, cuja periodicidade seria mais espaçada não fosse resultado deste desequilíbrio, gerando destruição de habitats e colocando espécies em vias de extinção, entre as quais a humana, cujos territórios vemos hoje em dia a ser prejudicados.

A acrescer a esta situação prevê-se um aumento considerável na dependência de fontes energéticas que, segundo dados do Programa Eco-Europa (2008), em 2030, o consumo de energia será 50% superior ao actual.

As cidades, onde se concentra grande parte da população, da riqueza e da capacidade de desenvolvimento das sociedades contemporâneas, são responsáveis por uma quota importante dos consumos energéticos, contribuem de modo significativo para a emissão de gases com efeito de estufa e são também particularmente vulneráveis aos efeitos previsíveis das alterações climáticas (DGOTDU, 2009). A qualidade do ambiente urbano é portanto, e cada vez mais, um factor importante para os cidadãos.

As zonas urbanas têm um importante papel a desempenhar tanto na adaptação às alterações climáticas como na minimização das emissões de gases com efeito de estufa. Estas áreas são vulneráveis às consequências das alterações climáticas, tais como inundações, ondas de calor, secas mais frequentes e intensas. Os planos de gestão urbana integrada deverão incluir medidas para limitar os riscos ambientais de forma a permitir que as zonas urbanas enfrentem melhor essas alterações.

As cidades portuguesas evidenciam ainda uma vulnerabilidade excessiva aos fenómenos climáticos extremos, como o demonstram os importantes prejuízos materiais e humanos que resultam sempre que ocorrem situações de pluviosidade intensa.

Qualquer estratégia de reabilitação das cidades deve apelar à capacidade da arquitectura de contribuir para uma vida mais sã. A acção conjunta de diferentes áreas profissionais de que são exemplo a arquitectura, o urbanismo e a arquitectura paisagista, podem ajudar a recuperar as cidades da contaminação, da alienação e do caos (Edwards, 2004).

Diversos programas internacionais da ICLEI (2009) como a Agenda 21 Local, Cidades Sustentáveis, Habitat (UNCHS, 2009) e Cidades Saudáveis (WHO, 2008), nos quais a ONU está envolvida, são disso mesmo uma prova. A «Nova Carta de Atenas 2003» da responsabilidade do Conselho Europeu de Urbanistas (CEU, 2009), centra-se nos habitantes e nos utilizadores da cidade e nas suas necessidades num mundo em grandes mudanças. Debruça-se sobre a “Cidade Coerente” e as grandes questões e desafios que se colocam à cidade do futuro – alterações sociais e políticas, económicas, ambientais e urbanas. Segundo Alves (2004), trata-se de um “ [...] instrumento orientador e prospectivo de bons princípios da prática urbanística para a cidade do futuro [...] onde os processos de construção e a arquitectura, em geral, adquirem uma

responsabilidade enorme no destino sustentável do ambiente urbano”.

O ambiente urbano é também uma das prioridades da Comissão Europeia, mais concretamente do Sexto Programa de Acção em matéria de Ambiente “Ambiente 2010: o nosso futuro, a nossa escolha” (CE, 2009), que lhe dedica uma estratégia temática (entre sete). Esta tem como objectivo global “ [...] melhorar o desempenho ambiental e a qualidade das zonas urbanas e assegurar um ambiente de vida saudável para os cidadãos urbanos na Europa, reforçando a contribuição ambiental para o desenvolvimento urbano sustentável, tendo simultaneamente em conta as questões económicas e sociais conexas”. No mesmo documento, é feita referência à importância das autarquias locais “ [...] têm um papel crucial a desempenhar na melhoria das condições de vida dos habitantes das cidades, devendo procurar soluções para os seus problemas ambientais e que melhorem a qualidade de vida dos seus cidadãos, tendo sistematicamente em conta o factor ambiental no planeamento urbano.”

As áreas prioritárias para as autoridades locais em matéria de redução das emissões de gases com efeito de estufa são os transportes, a construção, a gestão e a concepção urbana. A construção sustentável de novos edifícios e respectivas infraestruturas e a renovação sustentável de edifícios existentes pode ajudar a uma melhoria do desempenho ambiental das cidades e da qualidade de vida dos seus cidadãos.

A construção sustentável melhora a eficiência energética, com uma redução consequente das emissões de dióxido de carbono (CO₂). As autoridades locais podem promover o estabelecimento e a aplicação de normas e a adopção das melhores práticas nos seus edifícios e nos edifícios que adjudiquem através de contratos públicos ecológicos. Neste contexto, reveste-se de importância considerável a remodelação dos edifícios existentes. A Comunidade Europeia incentiva fortemente os Estados-Membros, bem como as autoridades regionais e locais, a elaborar programas para promover a construção sustentável nas suas cidades, incorporando códigos de construção, normas e regulamentos nacionais, utilizando, sempre que possível, uma abordagem baseada no desempenho, em lugar de sugerir técnicas ou soluções específicas.

Neste contexto, a arquitectura e o urbanismo podem desenvolver novos meios de reconciliar os assentamentos humanos com a natureza, ressaltando as questões de integração da biodiversidade nas zonas urbanas porque, segundo a Agência Europeia do Ambiente, a maior parte das cidades europeias são lar de uma fauna surpreendentemente rica e variada, desempenhando um papel importante para travar a perda da biodiversidade na Europa (EEA, 2009).

Considerando que em trinta e duas das principais cidades da Europa estão presentes sítios Natura 2000 e que a Rede Natura 2000¹ é uma rede ecológica para o espaço Comunitário da União Europeia resultante da aplicação das Diretivas nº 79/409/CEE (Diretiva Aves) e nº 92/43/CEE (Diretiva Habitats) e tem por objectivo contribuir para assegurar a biodiversidade através da conservação dos habitats naturais e da fauna e da flora selvagens no território europeu dos Estados-membros em que o Tratado é aplicável, as actividades humanas deverão ser compatíveis com a preservação destes valores, visando uma gestão sustentável do ponto de vista ecológico,

1 Composta por áreas de importância comunitária para a conservação de determinados habitats e espécies.

económico e social. A garantia de uma boa prossecução destes objectivos passa necessariamente por uma articulação das políticas sectoriais, nomeadamente de conservação da natureza, agro-silvopastoril, turística ou de obras públicas, por forma a encontrar os mecanismos para que os espaços incluídos na Rede Natura 2000, sejam espaços vividos e produtivos de uma forma sustentável (ICNB, 2009).

Colectivamente, cerca de uma centena dos sítios Natura 2000 são o lar de 40% dos tipos de habitats ameaçados (na maior parte florestas e pastagens semi-naturais), e metade das espécies de pássaros e um quarto das espécies de borboletas raras estão na lista das duas Diretivas comunitárias da CE (EEA, 2009).

Um nível assim elevado de biodiversidade pode parecer surpreendente à primeira vista, mas as cidades têm, de facto, uma estrutura muito heterogénea que, por sua vez, induz a um mosaico de diferentes habitats muito diversificados. Naturalmente, muitas áreas urbanas tendem a abrigar uma gama relativamente diversificada de plantas e animais em comparação com as áreas rurais vizinhas. Algumas espécies de morcegos, aves e insectos estão particularmente bem adaptados ao ambiente urbano.

Outro factor importante para a biodiversidade urbana é o facto de que ela não se limita às reservas naturais clássicas nem aos amplos espaços abertos. A estrutura do habitat e a qualidade tem tanta importância quanto a dimensão. É a razão porque, muitas vezes se descobre a biodiversidade urbana em lugares não convencionais, por exemplo ao longo das vias-férreas e das bermas das estradas, em antigas zonas de construções abandonadas, nas hortas e jardins privados, ao longo dos cursos de água, nos cemitérios e mesmo sobre os telhados, nas paredes dos edifícios e nos edifícios altos.

É neste contexto que se enquadra a realização da presente dissertação pois é actualmente que se impõe a procura de soluções adaptáveis para os problemas das áreas urbanas perante as alterações climáticas, quer pelo elevado número de pessoas que por elas são directa ou indirectamente afectadas, quer pela extensa área do globo em que estas se fazem sentir. Por estes motivos, este trabalho irá debruçar-se sobre a problemática que se relaciona com o ambiente urbano, no âmbito das eminentes alterações climáticas e da perda de biodiversidade, propondo a tecnologia das coberturas com vegetação como medida na reabilitação do Edifício 1 que “ [...] possa constituir como resposta adaptativa com interesse para mais do que um sector ou região e, sobretudo, com capacidade de replicação e cariz transversal.” (PCM, 2010), porque o *Campus* de Gambelas, da Universidade do Algarve, está inserido no Parque Natural da Ria Formosa, parque que engloba, entre outras, áreas integradas no sítio da Rede Natura 2000. E, dado que constituem uma das principais fontes de novos conhecimentos, as universidades desempenham no processo do desenvolvimento sustentável um papel cada vez mais importante. As suas actividades têm um impacto local frequentemente importante no plano económico, social e cultural, contribuindo para fazer delas um instrumento de desenvolvimento regional (CE, 2009).

1.2. O Contributo das Universidades

A crise energética da década de 70 (73 e 79), fez despertar consciências para a escassez dos combustíveis fósseis e para a importância de um consumo energético mais sustentável. Mas é na década de 80, com o Relatório de Brundtland – “O Nosso Futuro Comum”, emitido pela Comissão Mundial das Nações Unidas para a Protecção Ambiental e o Desenvolvimento Económico, a Brundtland Commission, criada em 1987, que se define um dos conceitos mais importantes a nível ambiental, o conceito de desenvolvimento sustentável. Este é definido como: “desenvolvimento que dê resposta às necessidades do presente, sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras darem resposta às delas”.

Esta definição veio, para sempre, criar novos paradigmas no pensamento das sociedades do que deveria ser uma correcta evolução das diferentes actividades humanas.

Segundo Mayor (1999), a educação é a chave do desenvolvimento sustentável, auto-suficiente – uma educação fornecida a todos os membros da sociedade, segundo modalidades novas e com a ajuda de tecnologias novas, de tal maneira que cada um tenha acesso a se instruir ao longo da vida. Devemos estar preparados, em todos os países, para remodelar o ensino, de forma a promover atitudes e comportamentos que sejam portadores de uma cultura da sustentabilidade.

As universidades, assim como todos os estabelecimentos de ensino superior, assumem uma responsabilidade essencial na preparação das novas gerações para um futuro viável. Pela reflexão e pela extensa experiência em investigação interdisciplinar, estes estabelecimentos devem não somente advertir, ou mesmo dar o alarme, mas também conceber soluções racionais. Devem tomar a iniciativa e indicar possíveis alternativas, elaborando esquemas coerentes para o futuro. Devem, enfim, fazer com que se tome uma maior consciência dos problemas e das soluções através dos seus programas educativos e dar, eles mesmos, o exemplo (Couto, 2005).

Os trabalhos desenvolvidos dentro das instituições de ensino superior têm um efeito multiplicador, pois cada estudante, convencido das boas ideias da sustentabilidade, influencia o conjunto, a sociedade, nas mais variadas áreas de actuação (Morin, 2003).

Na sequência do Relatório Brundtland, grupos de universidades constituíram-se em signatários de Cartas e Declarações elaboradas em torno dos princípios e dos axiomas da sustentabilidade expressos pelo relatório (Graham, 2004).

Segundo Couto (2005), as questões do desenvolvimento sustentável estão em relação directa com as funções da universidade uma vez que a educação é essencial para suscitar mudanças no comportamento esperado do indivíduo enquanto que a investigação e a inovação social, científica e tecnológica, funcionam como alavancas do desenvolvimento sustentável (Webster, 2005). Por outro lado, enquanto instituições de significativa importância económica, as universidades contribuem para o dinamismo da região onde se inserem e representam assim um importante elemento na implementação de um estratégia de desenvolvimento sustentável.

Das conferências da ONU no período de 1972 a 1992 emergiu um novo consenso quanto

12 Capítulo I

ao papel e importância da educação no desenvolvimento sustentável. A educação, vista até ao momento como um objectivo, passa a ser vista como um meio de alcançar o desenvolvimento sustentável (Mazurkiewicz, 1998).

Foram elaborados e assinados vários acordos, entre os quais destacam-se: a Declaração de Talloire (1990), a Declaração de Halifax (1991), a Declaração de Swansea (1993), a Declaração de Quioto (1993), a Carta Universitária para o Desenvolvimento Sustentável – Copernicus (1994), a Declaração Thessalónica (1997), a Declaração de Luneburgo (2001), Declaração de Ubuntu (2002) e, mais recentemente, a Declaração da Iniciativa de Sustentabilidade da Educação Superior Rio+20 (2012) (UNCDS, 2012). Dos princípios e objectivos expressos nestes acordos, será relevante citar, de forma sucinta, algumas das acções planeadas em prole de um melhor desempenho ambiental da universidade porque serviram de enquadramento e eixo condutor à proposta apresentada nesta dissertação, tais como:

- a degradação do ambiente e a delapidação dos recursos naturais, são realidades que podem motivar os responsáveis das universidades para dar os primeiros passos no sentido de incentivar e estimular à mobilização de recursos internos e externos para que as suas organizações sejam capazes de responder rapidamente a esses desafios;
- o compromisso da universidade em colocar em prática os princípios do desenvolvimento sustentável e em cooperar com todos e cada um dos segmentos da sociedade, tendo em vista a implementação de medidas práticas que revertam as práticas que contribuem para a degradação ambiental;
- definir e disseminar uma noção clara de desenvolvimento sustentável e incentivar a prática de princípios de desenvolvimento sustentável mais apropriados ao nível local, nacional e global;
- utilizar os recursos da universidade para melhorar os conhecimentos sobre os perigos físicos, biológicos e sociais enfrentados pelo planeta e reconhecer a dimensão internacional do Desenvolvimento Sustentável;
- promover a compreensão da ética ambiental no meio académico e entre o público em geral;
- demonstrar um compromisso institucional real para com a teoria e prática das questões ambientais e de sustentabilidade no seio da comunidade académica;
- incentivar as universidades a rever as suas próprias operações de modo a que espelhem as melhores práticas de Desenvolvimento Sustentável;
- a educação ambiental numa perspectiva de educação para um futuro viável, ao serviço do desenvolvimento sustentável.

Em 2000, a Associação Internacional das Universidades (International Association of Universities - IAU), a Associação dos Líderes Universitários para um Futuro Sustentável (University Leaders for a Sustainable Future - ULSF), o COPERNICUS – CAMPUS e a UNESCO uniram-se para formar uma Parceria Global do Ensino Superior para a Sustentabilidade (Global Higher Education for Sustainability Partnership - GHESP). Através desta parceria pretendeu-se unir forças para um

maior empenhamento do ensino superior no processo de desenvolvimento sustentável. Entre os objectivos desta parceria destacam-se:

- a promoção do conhecimento e a implementação efectiva de estratégias para a incorporação do desenvolvimento sustentável na universidade;
- a identificação e ampla disseminação de modelos e boas práticas de sustentabilidade;
- a elaboração de recomendações baseadas na investigação desenvolvida e na auscultação à comunidade envolvente.

Através das Declarações de Luneburgo e de Ubuntu, é feito apelo aos estabelecimentos de ensino superior para que, respectivamente, seja incluída nas suas actividades uma forte componente de reflexão sobre valores e normas para o desenvolvimento sustentável e relembrar e pressionar os estados presentes para que sejam desenvolvidos esforços para implementar a Agenda 21. Na universidade de Rhodes (2002), em Grahamstown, na África do Sul, decorreu a Conferência Environmental Management for Sustainable Universities (EMSU), subordinada ao tema: O Papel do Ensino Superior no Desenvolvimento Sustentável. Durante a sessão de encerramento, foi sugerido às universidades, no âmbito do desempenho ambiental, que (Wemmenhove, 2002):

- fomentem um maior envolvimento de todos nas actividades do *Campus* associadas com operações de sustentabilidade;
- mudem para uma abordagem baseada na procura das comunidades locais;
- partilhem o conhecimento universitário com a comunidade envolvente;
- desenvolvam indicadores que permitam mensurar o grau de integração do desenvolvimento sustentável.

Entre as comunicações apresentadas neste evento destaca-se um modelo, apresentado pela Universidade Politécnica da Catalunha que evidencia as funções a desempenhar pela universidade na procura do desenvolvimento sustentável e agrega os contributos das declarações assinadas desde a década de 70. Das diferentes medidas apresentadas, é importante destacar a medida “ [...] A implementação de campus universitários como exemplos práticos de sustentabilidade à escala local [...]” (Ferrer-Ballas, 2002).

Couto (2005), sistematizou as áreas de incidência do envolvimento das universidades na transição para a sustentabilidade, Fig. 1.2.1., com base em estudos de caso de universidades pertencentes à GHESP (GHESP, 2001): universidades signatárias de uma, ou mais, das Declarações ou Cartas, que assumiram explicitamente o compromisso formal com o desenvolvimento sustentável no quadro das agendas da Comunidade Internacional, nomeadamente das Nações Unidas.

A abordagem do processo interrelaciona três eixos considerados fundamentais para o exame do papel das universidades na criação dos alicerces da sustentabilidade: sustentabilidade, organização da universidade e sociedade.

No âmbito da sustentabilidade, o domínio ambiental é aquele que tem merecido mais atenção por parte das universidades na sua aprendizagem da construção de uma sociedade sustentável, começando na maior parte das vezes pelo envolvimento prioritário no objectivo de criação de um campus-verde, “universidade verde”, respondendo ao princípio de que a universidade

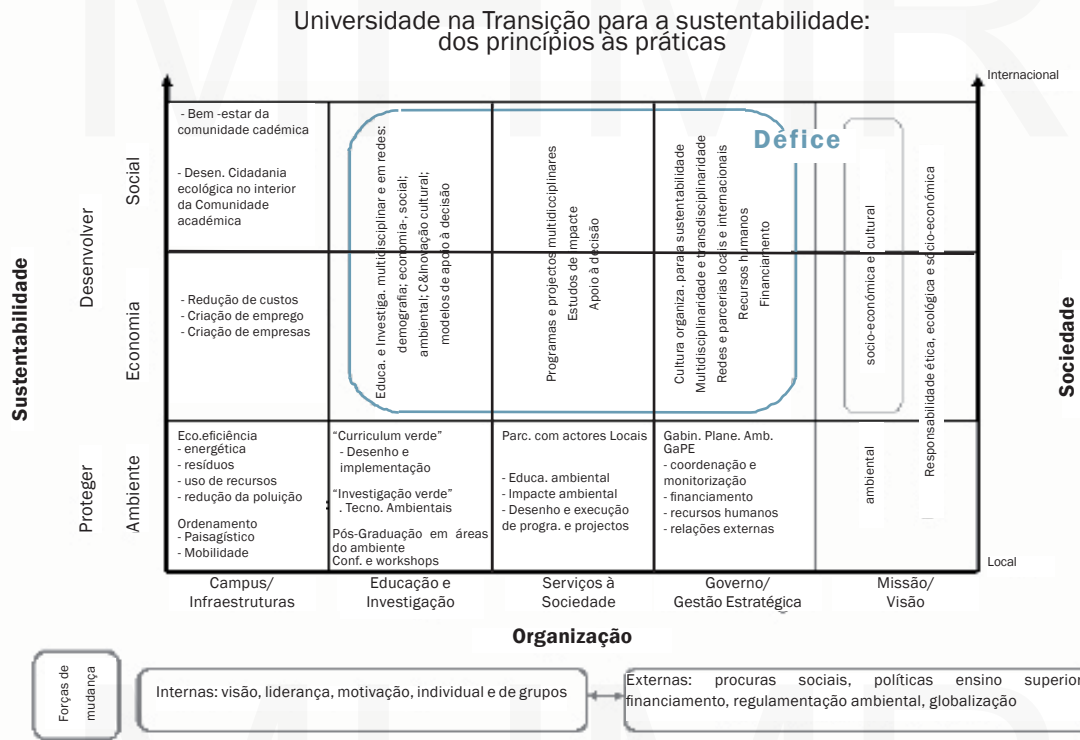


Figura 1.2.1. Interrelação dos eixos: sustentabilidade, organização da universidade e sociedade, na transição para o desenvolvimento sustentável.

Fonte: Adaptado de Couto, 2005

deve praticar o que ensina (Thompson, 2005).

Segundo Couto (2005), esta trajetória procura incutir uma cultura ambiental orientada para comportamentos sustentáveis dos membros da comunidade académica implicando, entre outros factores, uma procura de elevados níveis de desempenho em termos de eco-eficiência nos domínios causadores de maior pressão ambiental como a energia, transportes, resíduos e qualidade do ar. Esta abordagem é muitas vezes enquadrada no quadro das actividades de educação e de investigação. A estratégia para Ferrer-Balas (2002) é considerar a universidade como um laboratório de investigação a partir do qual se produz conhecimento através de uma dinâmica de interacção social densa por parte dos elementos da academia. A universidade procura afirmar-se como uma referência de boas-práticas ambientais e estimular a sua transferibilidade através dos mecanismos de interacção com a sociedade: estudantes, docentes, técnicos, investigadores, entre outros.

Contudo, segundo vários autores, neste domínio o progresso tem sido lento e os desafios a superar são significativos. Ferrer-Balas (2002), no seu estudo sobre a Universidade Técnica da Catalunha, salienta a necessidade de uma maior ligação entre a educação, formação, investigação e as actividades operacionais do campus universitário, a promoção da coordenação e informação, o estímulo ao envolvimento da comunidade académica, maior investimento na educação e investigação de natureza multidisciplinar e a criação de um sistema de indicadores operacionais. Já M. Shriberg (2002) identifica, entre outros, a prioridade de outras iniciativas, a falta de financiamento, a falta de tempo, a complexidade do tema, o insuficiente compromisso dos

governos na universidade, insuficiências de coordenação, de estruturas e de recursos humanos, rigidez organizacional, falta de informação e o medo da mudança como barreiras que exercem forte constrangimento a um protagonismo mais activo e bem sucedido.

No que respeita às universidades portuguesas, segundo Couto (2005), “[...] em Portugal a discussão em torno do papel da Universidade para o Desenvolvimento Sustentável tem sido quase inexistente [...] verificando-se que apenas algumas instituições integram o programa Copernicus e só uma assinou a Declaração de Talloire” e, de um modo geral, as instituições procuram “[...] criar um modelo de universidade mais “verde”, com maiores preocupações ambientais [...]”, incluindo medidas de que são exemplo: uma utilização mais eficiente de recursos como o papel, a água; uma maior responsabilização, nomeadamente na conservação dos recursos naturais, nas políticas de construção e nos custos ambientais subjacentes a determinadas decisões e, a formação e investigação em temáticas do meio ambiente.

Analisando a dimensão do património edificado das universidades, não é estranho que as políticas de construção façam parte das medidas a implantar por uma instituição mais sustentável. A relação do edificado com o desempenho ambiental implica uma procura por resultados, quer ao nível da redução do impacte da construção sobre o ambiente, quer de reduções nos consumos energéticos.

1.3. O Contributo do Sector da Construção

A necessidade de fontes de energia rentáveis está presente nas várias actividades humanas, entre elas, a da indústria da construção. Esta, para além do consumo energético assume também um lugar preponderante na extracção e impacte sobre os recursos naturais, estimando-se que o sector da construção seja responsável por mais de um terço do consumo total de energia e recursos naturais do planeta e que os edifícios produzam 35% das emissões de gases com efeito de estufa (GEE) (EEA, 2009).

Para além da energia consumida na operação dos edifícios, a produção de materiais e a construção em si mesma, consomem energia, usualmente designada por energia incorporada e estimada em cerca de 10 a 15%, quando considerado o seu ciclo de vida global.

Ao elevado consumo energético e de produção de GEE, o sector da construção contribui com outros impactes sobre o ambiente nomeadamente os efeitos, e suas consequências, das diferentes etapas do ciclo de vida de edifícios, de que são exemplo (Pinheiro, 2006):

- Extracção das matérias-primas – Redução das funções ambientais; degradação da paisagem e da capacidade de regeneração; redução das disponibilidades de matérias-primas;
- Produção de materiais de construção e de elementos estruturais; emissão de substâncias nocivas; deposição de resíduos;
- Construção – Produção de substâncias nocivas e destruidoras da camada de ozono;
- Demolição - Produção de substâncias nocivas; deposição de entulhos; desperdício de

matérias-primas;

- Terreno de implantação - Destruição ou redução do desempenho ambiental da área, por exemplo, a preparação da área para a construção; Perturbação por ruídos e odores, segurança externa; Alteração do clima (CO₂) devida ao consumo de energia em transportes, em particular o fluxo/refluxo diário;
- Utilização dos edifícios - Alteração do clima (CO₂) devida ao consumo de energia, sobretudo para climatização;
- Manutenção e gestão das construções (em particular dos edifícios) - “Ataque” à camada de ozono, produção de substâncias nocivas; deposição de resíduos.

As quantidades de resíduos provenientes da actividade de construção são elevadas, estimando-se que o edificado e actividades afins originem cerca de 40% do total de resíduos produzidos (CIB, 1999).

O Protocolo de Quioto² impôs um limite nas emissões para a atmosfera de CO₂ e outros gases³ responsáveis pelo aumento do efeito de estufa e que contribuem para o aquecimento global. Cada Estado signatário do Protocolo obrigou-se a tomar as medidas necessárias para limitar a produção de GEE no seu território, impondo a criação de mecanismos de actuação e definição de políticas, de curto e médio prazo, que reduzam as emissões de GEE, com o propósito de serem alcançados níveis de emissão, no período de cumprimento 2008 - 2012, iguais aos de 1990.

Portugal, como Estado signatário, adoptou em 2001 o Programa E4 (Eficiência Energética e Energias Endógenas) com o objectivo de " [...] promoção da eficiência energética e da valorização das energias endógenas, contribuir para a melhoria da competitividade da economia portuguesa e para a modernização da nossa sociedade, salvaguardando simultaneamente a qualidade de vida das gerações vindouras pela redução de emissões, em particular do CO₂, responsável pelas alterações climáticas". O Programa E4 assume-se como um instrumento de primordial importância na estratégia para as alterações climáticas, dando um contributo decisivo no sentido do cumprimento das obrigações que Portugal assumiu (RCM, 2001).

Em Dezembro de 2008, os dirigentes da União Europeia (EU) deram um passo decisivo com a aprovação de um Plano de Acção para a Eficiência Energética que reúne um conjunto de medidas que visa reduzir em, pelo menos, 20 % as emissões de GEE até 2020 (em comparação com os níveis de 1990), aumentar a parte de mercado das energias renováveis para 20 % e fazer baixar em 20 % o consumo total de energia (em comparação com as tendências projectadas) (EU, 2008).

Também na construção se deve procurar um desenvolvimento sustentável, uma construção sustentável. No documento Agenda 21, Chrisna Du Plessis, define Construção Sustentável como “Processo holístico que visa restaurar e manter a harmonia entre o ambiente natural e o ambiente construído. Aplicação dos princípios do desenvolvimento sustentável ao processo global da

2 Discutido e negociado em Quioto, Japão, foi aberto para assinaturas em 11 de Dezembro de 1997 e ratificado em 15 de março de 1999. Para entrar em vigor precisou que 55 países, que juntos produzam 55% das emissões, o ratificassem, entrando em vigor em 16 de Fevereiro de 2005, depois que a Rússia o ratificou em Novembro de 2004.

3 Metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs), e hexafluoreto de enxofre (SF₆) (BCSD, 2005).

construção, desde a extracção e beneficiação das matérias primas, passando pelo planeamento, projecto e construção de edifícios e infra-estruturas, até à sua desconstrução final e gestão dos resíduos dela resultantes.” (Du Plessis, 2002).

Ainda nas seguintes definições se podem encontrar os conceitos e objectivos principais em redor do que deve ser uma construção sustentável.

O conceito de “Arquitectura Solar Passiva” ou “Arquitectura Bioclimática” ou outra denominação, que ao longo das ultimas décadas tem sido atribuída a determinado tipo de arquitectura, e onde se enquadra a tecnologia das coberturas com vegetação, pode ser definida como uma arquitectura que, na sua concepção, aborda o clima como uma variável importante no processo projectual, relevando o sol, na sua interacção com o edifício, para um papel fundamental no mesmo. Assim, mais importante que a denominação, são os princípios, os conceitos fundamentais, um conjunto de regras simples, que mais não visam que compreender quais as variáveis climáticas existentes no local, sol, vento, água, e como essas variáveis podem interagir com o edifício de forma positiva e propiciar as condições de conforto térmico adequadas a cada espaço. Uma edificação sustentável é aquela que quantifica os impactos que causa ao ambiente e à saúde humana, empregando todas as tecnologias disponíveis para mitigá-los (Gonçalves, 2004).

O processo projectual deverá seguir um planeamento que prevê na sua essência a conjugação perfeita entre o aproveitamento das condições naturais e o conforto humano, minimizando as necessidades energéticas. O primeiro passo será a interpretação do clima local e o reconhecimento das condições biológicas, sociais e culturais. Depois, deverá ser feito o estudo das principais soluções tecnológicas possíveis de integrar e, por fim, o desenho da arquitectura, que terá de responder a todas as necessidades.

Se a actividade da construção é das que maiores impactes produz sobre o ambiente, e se cada vez temos uma maior noção de que deveríamos caminhar para um estado de equilíbrio com o planeta na procura de um desenvolvimento sustentável, em que não só estamos a garantir o sucesso de gerações humanas futuras, como também a sobrevivência do mundo natural, será evidente que toda e qualquer actividade humana deva ser cuidadosamente pensada, organizada e planeada tendo em consideração o que será a sua intervenção face ao ambiente e quais serão os seus impactes.

Assim, a medição dos impactes humanos face a uma listagem de parâmetros ambientais é porventura uma das metodologias mais próximas e rigorosas numa medição da interacção e procura de equilíbrio entre a construção de ambientes artificiais, criados pelo Homem e o seu habitat primitivo, a Natureza.

Surgem neste seguimento de pensamento a criação de vários sistemas de avaliação e certificação ambiental para a medição de impactes na construção, entre eles destacam-se a nível internacional, o americano LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), ou o inglês BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), e, a nível nacional, o sistema LiderA® (Liderar pelo Ambiente).

A nível internacional a definição de construção e a respectiva abordagem, sendo tão geral,

permite diversas interpretações, implicando diferentes abordagens à construção sustentável e às prioridades definidas. Num estudo realizado pelo CIB W82 (Sustainable Development and the Future of Construction – A comparison of visions from various countries), é apresentado como diversos países entendem e põem em prática a construção sustentável (Bordeau, 1999).

A palavra sustentável (sugerindo a ideia de constante, permanente ou contínuo) é traduzida em algumas línguas (por exemplo Holandês, Finlandês, Romeno ou Francês) como durável. O conceito de construção durável pode mudar conceitos e objectivos pretendidos, dando mais valor à resistência no tempo. Alguns dos elementos chave na definição da construção sustentável são: a redução da utilização das fontes energéticas e da delapidação dos recursos minerais, a conservação das áreas naturais e a biodiversidade, a manutenção da qualidade do ambiente construído e a gestão da saúde do ambiente interior. No que diz respeito ao destaque dado, estes variam consideravelmente de país para país. Em países como a Bélgica, a Finlândia, a Itália, o Japão e a Holanda a ênfase é colocada, essencialmente, ou na sua quase totalidade, sobre os danos ambientais e suas consequências. Existem alguns casos nos Estados Unidos (Nova Iorque, por exemplo) em que os edifícios de construção sustentável são também referidos como edifícios de elevado desempenho (high performance building). Noutros são também referidas questões relacionadas com a saúde e a qualidade dos edifícios ou somente questões relacionadas com a respectiva eficiência energética. Uma explicação para as diferenças nas prioridades assumidas nos diversos países relativamente à construção sustentável, poderá radicar no grau de desenvolvimento desses países (Pinheiro, 2006).

O sistema LiderA (Pinheiro, 2006), desenvolvido para a realidade portuguesa, consiste num sistema de avaliação dos níveis de desempenho ambiental da construção, numa óptica de sustentabilidade, que se comparam com diferentes valores de desempenho, os quais devem ser melhores que as práticas existentes, fornecendo uma avaliação final da sustentabilidade da construção e ambientes construídos. O sistema proposto dispõe de três níveis: estratégico, projecto e gestão do ciclo de vida, tendo em vista permitir o acompanhamento nas diferentes fases de desenvolvimento do ciclo de vida do empreendimento. O empreendimento desde o seu início deve adoptar uma política ambiental, a qual deve ser adequada ao empreendimento e especificidades ambientais, considerando os seguintes princípios:

Princípio 1 – Respeitar a dinâmica local e potenciar os impactes positivos;

Princípio 2 – Eficiência no consumo dos recursos;

Princípio 3 – Reduzir o impacte das cargas (quer em valor quer em toxicidade);

Princípio 4 – Assegurar a qualidade do ambiente interior;

Princípio 5 – Assegurar a qualidade do serviço;

Princípio 6 – Assegurar a gestão Ambiental e a inovação

Para cada tipologia de utilização são definidos os níveis de desempenho considerados que permitem indicar se a solução é ou não sustentável. A parametrização para cada um deles segue, ou a melhoria das práticas existentes, ou a referência aos valores de boas práticas, tal como é usual nos sistemas internacionais.

Estes níveis são derivados a partir de dois referenciais chave. O primeiro assenta no desempenho tecnológico, pelo que a prática construtiva existente é considerada como nível usual (Classe E) e o melhor desempenho decorre da melhor prática construtiva viável à data, o que tem como pressuposto que uma melhoria substantiva no valor actual é um passo na sustentabilidade. Decorrente desta análise são estabelecidos para cada utilização os níveis de desempenho a serem atingidos. Como referencial no valor global final considera-se que o melhor nível de desempenho é A, significando uma redução de 50% face à prática de referência (no geral a prática actual), que é considerada como E. O reconhecimento é possível de ser efectuado nas classes C a A. Na melhor classe de desempenho existe para além da classe A, a classe A+, associada a um factor de melhoria de 4 e a classe A++ associada a um factor de melhoria de 10, face à situação inicial considerada. Os critérios centram-se na possibilidade de desempenho, pressupondo a capacidade de integração e valorização da paisagem e assumindo uma perspectiva de qualidade arquitectónica (Pinheiro, 2006).

Cada critério é enquadrado com uma referência sumária nos principais aspectos e instrumentos da sua aplicação, nacionais ou internacionais. Os critérios distribuem-se pelas seguintes vertentes e áreas:

- Localização e Integração, no que diz respeito ao solo, à ecologia, à paisagem, às amenidades e à mobilidade;
- Eficiência no Consumo dos Recursos, abrangendo a energia, a água e os materiais;
- Impactes das Cargas, envolvendo os efluentes, as emissões, os resíduos, o ruído exterior e os efeitos térmicos;
- Ambiente Interior, nas vertentes da qualidade do ar interior, do conforto térmico, da iluminação (artificial e/ou natural), da acústica e da capacidade de controlo das condições interiores;
- Durabilidade e Acessibilidade;
- Gestão Ambiental e Inovação.

A nível mundial e nacional, diversos são os exemplos de intervenções da sustentabilidade nos edifícios, como resultado das estratégias, conhecimentos e preocupações, concretizando as respectivas abordagens e objectivos pretendidos em variados níveis. Desde as centradas numa definição de níveis de desempenho e sua aplicação no desenvolvimento dos empreendimentos (por exemplo, Viikki, na Finlândia), às focalizadas em soluções de construção sustentável como resposta às questões sociais (por exemplo, presente em Rennes, França), ou às que procuram um desempenho que envolva uma mudança de estilo de vida (por exemplo, o BEDZED, Reino Unido) ou ainda aquelas que têm como objectivo a valorização de uma zona industrial degradada (por exemplo, o Parque das Nações, Lisboa, Portugal) (Pinheiro, 2006).

Dos exemplos anteriormente citados será pertinente uma abordagem ao caso de Viikki porque encerra uma filosofia de actuação de acordo com as funções a desempenhar pelas universidades na procura do desenvolvimento sustentável e, os critérios orientadores do seu projecto ambiental, poderiam ser replicados no *Campus* de Gambelas da Universidade do Algarve,

local onde se insere a proposta do presente trabalho.

Viikki é um dos quatro campus universitários de Helsínquia, na Finlândia, que tem vindo a ser desenvolvido desde o início de 1990. No campus existem diversas empresas de investigação e de serviços, um centro de investigação e um parque de ciência. Uma nova área de construção ecológica está a ser desenvolvida em redor do parque de ciência. Em 2010, a zona de Viikki tem casas para cerca de 13 000 habitantes, 6 000 empregos e milhares de estudantes (Skanska, 2008).

Tendo em vista a sustentabilidade, a cidade definiu objectivos ecológicos para a área, para que as soluções construídas salvaguardassem a natureza e os recursos naturais. O processo de construção deve seguir os princípios do desenvolvimento sustentável e as soluções devem ser vantajosas para projectos futuros da cidade.

Os critérios para a construção ecológica de Viikki fazem parte de um método que define níveis mínimos exigidos para um edifício e estima o valor ecológico dos diversos projectos de desenvolvimento. Estes valores mínimos para os edifícios foram dimensionados para permitir que a sua implementação em construções residenciais seja feita com um custo adicional aceitável. O cumprimento dos critérios ecológicos implica poupanças na fase de operação, cujo objectivo foi o de servirem de guia para a concepção e implementação e que devem ser adicionados aos regulamentos relativos a práticas nos edifícios construídos em cidades.

Através de concurso, a cidade escolheu a melhor proposta, embora tivesse sido a mais cara, efectuada por um equipa de peritos (Pennanen, Inkinen, Majurinen, Wartainen, Alltonen e Gabrielsson) que inscreveram as suas iniciais na sigla dos critérios ecológicos propostos, assim designados de PIMWAG.

Estes critérios de PIMWAG foram especificamente desenvolvidos para a área de Viikki, mas foram planeados para poderem ser adoptados na maior parte de projectos de construção governamental na Finlândia. Em Viikki todos os projectos devem atingir os requisitos básicos dos critérios de avaliação ambiental, para poderem obter licença de construção. Os critérios consideram cinco vertentes fundamentais:

- Poluentes – CO₂, água residual, resíduos da construção, resíduos dos residentes e rótulos ecológicos;
- Recursos Naturais – Energia de aquecimento, energia eléctrica, energia primária, flexibilidade e uso comum;
- Saúde/ Salubridade – Clima interior, riscos de humidade, ruído, protecção contra o vento e impacte solar, alternativas;
- Biodiversidade – Vegetação e águas de escorrência pluviais;
- Produção Alimentar – Plantação e camada do solo.

Nos projectos Viikki, as emissões de dióxido de carbono serão reduzidas pelo menos em 20% em relação à construção convencional e o consumo de água potável em mais de 20%. A produção de resíduos durante a construção é de 10% a menos do que o normal e, quando os edifícios estão em funcionamento, a quantidade de lixo produzido (máximo de 160 Kg / pessoa /

ano), deverá ser 20% inferior ao normal. O uso de recursos não-renováveis de combustíveis fósseis e as emissões de gases de efeito de estufa são impedidos pela redução do consumo de energia. O consumo de energia primária (energia ligada aos materiais) também foi reduzido de um quinto do edifício convencional.

A forma de abordar o projecto global, a avaliação ambiental dos sistemas e muitas inovações técnicas na construção, podem ser princípios a replicar.

O projecto Viikki é considerado como uma resposta à Conferência UNCED (1992) – Agenda 21, resultado do empenho governamental em criar programas de desenvolvimento sustentável, incluindo objectivos na redução do consumo energético.

1.4. Eficiência Energética em Edifícios

Um dos grandes objectivos e preocupações urgentes da Europa é a redução do consumo energético. Com os edifícios a serem responsáveis por perto de 40 % do consumo total de energia e 36 % das emissões de gases com efeito de estufa na Europa, todas as regulamentações europeias que abordam a eficiência energética têm um impacto no sector dos edifícios, directa ou indirectamente. As Diretivas para o Desempenho Energético dos Edifícios (DDEE) e a sua revisão, para a Concepção Ecológica (CE) e para a Etiquetagem Energética (EE), são as principais ferramentas neste sentido. Enquanto a DDEE exige que os Estados-Membros estabeleçam, a nível nacional, um enquadramento abrangente para a melhoria do desempenho energético dos edifícios residenciais e não residenciais através de requisitos de desempenho energético mínimos, para os edifícios novos e existentes, as Diretivas CE e EE direccionam-se a grupos de produtos e/ ou equipamentos específicos.

Segundo o chefe da unidade para a Eficiência Energética da Comissão Europeia, Paul Hodson, Hodson (2012), a aceleração do aquecimento global e o declínio económico, social e ambiental das sociedades actuais, obrigam a que as exigências comunitárias ao nível da eficiência energética vão continuar a aumentar. Tendo Portugal ainda uma elevada dependência externa em combustíveis fósseis, aproximadamente 77 % em 2010 (Fig. 1.4.1.), correspondendo 25 % ao consumo final de energia⁴, “[...]a eficiência energética apresenta-se como um vector estratégico para a sustentabilidade [...]” (Sousa, 2012) .

Actualmente existe cada vez mais a necessidade da adopção de medidas com vista à eficiência no consumo. Estas acções estão ligadas aos conceitos de conservação, gestão e utilização racional de energia.

A racionalização do consumo energético exige uma forte consciencialização social, alteração de comportamento na forma como se utilizam os edifícios, investimento e inovação. O acesso à informação relativa à quantidade de energia consumida e desperdiçada, de forma a se poder optar por soluções mais inteligentes, pode contribuir significativamente para as mudanças comportamentais. O resultado de uma análise mais integrada dos processos, dos sistemas e soluções aplicadas aos

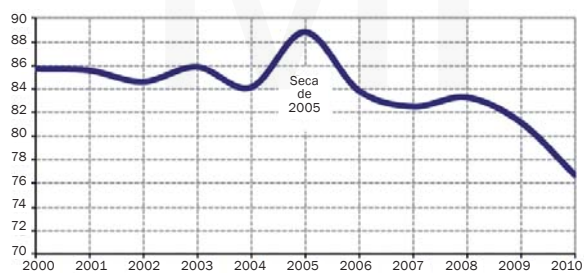
Dependência energética (%)

Figura 1.4.1. Gráfico ilustrativo da dependência energética de Portugal no período 2000 - 2010.

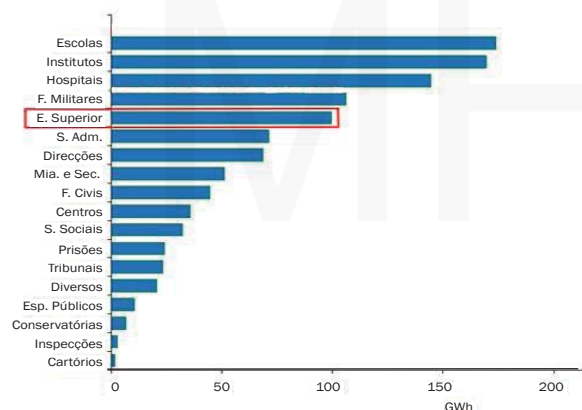
Fonte: DGEG, 2012.

edifícios, pode contribuir de forma muito positiva no seu comportamento energético, beneficiando outros sectores, nomeadamente, a redução de custos de exploração e manutenção, aumento de produtividade dos funcionários, uma melhor aprendizagem nas escolas, entre outras, bem como uma diminuição na produção de energia eléctrica e, conseqüentemente, uma redução na importação de combustíveis fósseis (Sousa, 2012).

Em Portugal, segundo a Agência para a Energia (ADENE, 2009), os edifícios representam cerca de um terço do consumo energético e representam o segundo sector que mais contribui para o efeito de estufa.

Os edifícios enfraquecem os níveis globais de sustentabilidade económica, social e ambiental, constituindo por si só um elevado potencial de poupança, em termos energéticos, com implicações na redução da factura energética e de emissões de GEE. A importância do sector da construção na economia nacional é também evidenciada pelo peso que representa no PIB, correspondente a 16,2 por cento. A reabilitação do parque edificado existente tem potencial para se tornar um dos grandes dinamizadores da economia (Eurostat, 2008).

Como referido anteriormente (Vd. 2.3.), o Plano de Acção para a Eficiência Energética da Comissão Europeia visava o controlo e redução da procura de energia. Este plano de acção abrange um período de 6 anos (de 1 de Janeiro de 2007 a 31 de Dezembro de 2012) que a Comissão considerava suficiente para permitir a adopção e a transposição da maioria das medidas propostas. A concretização do objectivo de 20 por cento de poupança, permitiria reduzir o impacte das alterações climáticas e a dependência da UE, no que

Consumo de electricidade nos edifícios do Estado

Nota.- valores estimados, PNAEE 2008 (base 2005)
Fonte: DGEG; Análise ADENE/DGEG

Figura 1.4.2. Gráfico ilustrativo do consumo de electricidade nos edifícios do Estado - Portugal, com destaque no sector do Ensino Superior.

Fonte: Adaptado de Programa ECO.AP - ADENE, 2012

respeita às importações de combustíveis fósseis. O plano de acção contribuiria igualmente para fortalecer a competitividade industrial, o desenvolvimento das exportações de novas tecnologias e teria repercussões positivas sobre o emprego. Além disso, as poupanças obtidas compensariam os investimentos em tecnologias inovadoras (EEA, 2009).

Consciente da importância do sector dos edifícios no plano energético, a UE apostou na reformulação do seu desempenho, através da Diretiva 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro de 2002. Esta Diretiva impunha aos Estados-Membros a emissão de Certificados Energéticos nos seguintes casos:

- Na obtenção de licenças de utilização em edifícios novos;
- Quando na reabilitação importante de edifícios existentes;
- Quando da locação ou venda de edifícios de habitação e de serviços existentes (validade do certificado: máximo 10 anos);
- Edifícios públicos (de serviços) com mais de 1 000 m².

Forneceu igualmente orientações aos Estados-Membros para que elaborassem programas relativos à eficiência energética dos seus edifícios, com vista a materializar o grande potencial não consumado de economias de energia, e reduzir as grandes diferenças entre cada um, no que respeita aos resultados deste sector.

A Diretiva sobre o desempenho energético dos edifícios constituiu um passo significativo no sentido da valorização do desempenho energético a longo prazo. Porém, esta abordagem deveria ter sido progressivamente alargada a edifícios de menor dimensão, e ainda ponderar a inclusão de outros parâmetros ambientais e de sustentabilidade, tais como os níveis de ruído, o conforto, a qualidade ambiental dos materiais, o custo de vida dos edifícios, a resistência a riscos ambientais (inundações, sismos, etc.) conforme a sua localização, entre outros de igual interesse (Pinheiro, 2006).

Em 17 de Junho de 2010, é aprovada pelo Conselho da Europa a “Estratégia Europa 2020” (Diretiva 2010/31/EU), reforçando o objectivo de eficiência energética como um dos grandes objectivos da UE para a década actual. Vem consolidar as metas alcançadas com a anterior legislação e enfatiza o crescimento, a sustentabilidade e a inteligência como um meio de superar a fraqueza estrutural na economia da Europa, de melhorar a sua competitividade e produtividade e apoiar uma economia de mercado sustentável. Esta diretiva decorre de 2011 a 2015. Até 2012 é feita a transposição da reformulação da Diretiva de 2002 e, numa segunda fase, foca-se na implementação e aprendizagens retiradas (Eurostat, 2012).

Tendo por objectivo voltar a colocar a Europa no caminho para cumprir a meta de 20 por cento de eficiência energética em 2020, a UE aprovou, em 25 de Outubro de 2012, uma nova Diretiva para a Eficiência Energética (DEE), a Diretiva 2012/27/UE. A eficiência energética na área dos edifícios é determinante, exigindo-se aos Estados-Membros que estabeleçam, até 2014, estratégias a longo prazo, para lá de 2020, para mobilizar investimentos na reabilitação do parque edificado existente, contribuindo não só para a melhoria desse parque mas também dando cumprimento do requisito da Diretiva para o Desempenho Energético dos Edifícios (DDEE) que obriga os edifícios públicos

(Fig. 1.4.2.), a terem certificados de desempenho energético. Adicionalmente, os Estados-Membros têm de renovar, em cada ano, pelo menos, 3 por cento da área útil dos edifícios detidos pelo governo central e cuja área útil total exceda os 500 m² e, a partir de julho de 2015, os 250 m², ou tomar outras medidas que tenham impacto equivalente.

A UE, que com a primeira diretiva para os edifícios apostou nos edifícios novos, vem agora corrigir a trajectória e criar mecanismos que facilitem a reabilitação energética como caminho para a eficiência energética, contemplando os componentes da envolvente dos edifícios.

Apesar da disponibilidade de técnicas comprovadas, os edifícios não estão, na sua maior parte, a ser construídos ou renovados de uma forma sustentável. O principal obstáculo reside na falta de empenho dos construtores e compradores, os quais pensam, incorrectamente, que a construção sustentável é dispendiosa e têm dúvidas quanto às novas tecnologias e à sua fiabilidade e desempenho a longo prazo. Os benefícios a longo prazo da construção sustentável, como uma menor manutenção e mais baixos custos de funcionamento, uma maior durabilidade e um preço de revenda mais elevado, não são imediatamente perceptíveis a curto prazo ou na compra inicial (em média, a conservação de um edifício ao longo do seu período de vida chega a custar até 10 vezes mais do que a sua construção) (ADENE, 2009c).

São portanto necessárias acções que permitam salientar estes benefícios a longo prazo, privilegiando os edifícios que utilizam técnicas sustentáveis de construção e reabilitação. Os Estados membros e as autoridades locais necessitam também de dar o exemplo nas (suas próprias) condições de aquisição que estabelecem e quando são concedidos fundos públicos para obras em habitações e outras construções, conforme solicitado na 3ª Conferência Europeia de Ministros sobre Habitação Sustentável, em 2002. A necessidade de formação sobre técnicas e métodos de construção sustentáveis dos profissionais envolvidos na indústria de planeamento e construção foi salientada como uma prioridade, assim como a necessidade da equipa de construção trabalhar de uma forma concertada, a fim de ultrapassar os tradicionais obstáculos profissionais, conceptuais e institucionais que impedem a adopção da construção sustentável. Diferenças de terminologia podem também constituir um obstáculo (ADENE, 2009a). Por conseguinte, a Comissão deverá explorar as possibilidades de proporcionar formação e orientações consistentes e incontroversas.

Segundo a mesma agência, os programas de investigação da Comunidade devem continuar a apoiar projectos de demonstração, incidindo em projectos de construção e renovação, como câmaras municipais, escolas, hospitais e locais de trabalho. É também necessária investigação que conduza a melhores práticas, desenvolvendo métodos e técnicas sustentáveis.

A sustentabilidade nos edifícios existentes deve ser fomentada através da sua remodelação ou da garantia de que a mesma constitui um factor-chave na sua renovação. Sendo a reabilitação uma tarefa de maior importância em todo o mundo, pelos seus benefícios na preservação de valores culturais, na protecção ambiental e pelas suas vantagens económicas, a melhoria da eficiência energética dos edifícios existentes é uma das formas mais eficazes, em termos de custos, para dar cumprimento aos compromissos assumidos em Quioto, relativos às alterações climáticas (EEA, 2009).

1.4.1. Medidas de Eficiência Energética no Estado

Actualmente, Portugal tem acesso a um conjunto de instrumentos de relevância significativa sobre o desempenho global dos edifícios, os quais contêm disposições dirigidas aos edifícios existentes. A revisão dos regulamentos RCCTE (Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios) e RSECE (Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios) publicada em 2006, concretiza a transposição da diretiva, com incidência na eficiência energética dos edifícios e a certificação energética. O Sistema de Certificação Energética de Edifícios (SCE) assumiu carácter vinculativo em Julho de 2007, sendo que actualmente todos os edifícios são obrigados a ter um certificado energético, indicando o consumo de energia e propondo, sempre que necessário, recomendações para a redução do mesmo. A certificação energética exige conhecimento, avaliação e desempenho e irá estender-se tendencialmente a outras áreas ambientais, abrangendo assim os conceitos de avaliação ambiental e de sustentabilidade. Contudo, o certificado é por si um instrumento para alcançar a eficiência energética, não é um fim. O fim é a implementação das medidas e a melhoria real das condições de habitabilidade dos edifícios / casas.

Com a aprovação, em 2008, do Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE), o Governo lançou um importante conjunto de medidas com vista a diminuir o consumo energético, com particular incidência nos edifícios, na indústria e nos transportes (RCM, 2008). Até 2015, têm como meta alcançar uma melhoria da eficiência energética equivalente a 10 por cento do consumo final de energia, relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos. O PNAEE engloba um conjunto alargado de programas e medidas consideradas fundamentais para que Portugal possa alcançar e suplantar os objectivos fixados no âmbito da Diretiva 2006/32/CE⁵, para o período 2008-2015, em articulação com o Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC). A implementação deste plano possibilitará uma economia energética de cerca 1 792 milhares de tep⁶ no ano de 2015, o que corresponde a uma economia de 9,8 por cento relativamente a 2008 (APA, 2010).

O PNAEE abrange quatro áreas específicas: (i) Transportes, (ii) Residencial e Serviços, (iii) Indústria e (iv) Estado. Adicionalmente, estabelece três áreas transversais de actuação: (i) Comportamentos, (ii) Fiscalidade, e (iii) Incentivos e Financiamentos. E define, sucintamente, como meta do desempenho energético para 2015, a redução do consumo de energia primária (edifícios) em 10% e a redução da factura energética em 8%, por ano.

O Programa de Eficiência Energética no Estado (E3) é um dos doze programas do PNAEE e a medida “Edifícios” tem por objectivo melhorar o desempenho energético dos edifícios, através das melhorias da classe média de eficiência energética do parque edificado (20% dos edifícios do Estado com classe igual ou superior a B-), mediante a implantação do Sistema de Certificação

5 Eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos.

6 Tonelada equivalente de petróleo.

Energética de todos os edifícios do Estado (até 2015), para que venha a servir de exemplo para as demais tipologias de edifícios. O comportamento do Estado deve constituir uma referência para o mercado, pretendendo-se reduzir a energia consumida no sector estatal a um ritmo superior ao definido como objectivo geral na diretiva europeia, através da implementação de medidas de eficiência energética e alteração de comportamentos de consumo (RCM, 2008).

No sentido de “[...] produzir um estímulo à actividade económica e ao emprego e promover a intensificação coordenada do esforço anticíclico a prosseguir pelos vários Estados membros [...]”, o Conselho Europeu aprovou o Plano de Recuperação Económica, em 11 e 12 de Dezembro de 2008. Na sua sequência, é aprovada a Iniciativa para o Investimento e o Emprego pelo Conselho de Ministros, de 13 de Dezembro do mesmo ano, “[...] destinada a minimizar os efeitos da crise financeira e económica e a permitir o relançamento da economia portuguesa através de um plano de investimento público, integrando um conjunto de medidas especialmente dirigidas às áreas prioritárias para o desenvolvimento do País [...]”. Segundo o Governo, a urgência na execução destas medidas e a necessidade de obter efeitos de curto prazo sobre o crescimento e o emprego, foi aprovado o Decreto-Lei nº 34/2009, de 6 de Fevereiro, o qual “[...] veio estabelecer medidas excepcionais de contratação pública, a vigorar transitoriamente em 2009 e 2010, aplicáveis aos contratos de empreitadas de obras públicas, de concessão de obras públicas, de locação ou aquisição de bens móveis e de aquisição de serviços [...]”, destinados à modernização e à melhoria da eficiência energética dos edifícios públicos (DL, 2009a).

Ao abrigo do Programa Orçamental da Iniciativa para o Investimento e o Emprego, cuja Lei foi aprovada em Março de 2009⁷, e que visa, entre outros aspectos, contribuir para a sustentabilidade ambiental e para a promoção das energias renováveis, da eficiência energética e das redes de transporte de energia, foi promovido “[...] um apoio extraordinário à melhoria do desempenho energético de um conjunto de edifícios públicos considerados prioritários e seleccionados para o efeito.” (DR, 2009b). A Universidade do Algarve (UALg) demonstrou interesse em ser abrangida por esta iniciativa, apresentando uma proposta, ao Ministério competente, de melhoria da eficiência energética de alguns dos edifícios que compõem os *Campi* da Universidade e respectivos serviços sociais.

Nesse sentido, “pelo despacho nº 12875-A/2009, de 29 de Maio, o Ministro de Estado e das Finanças e o Ministro da Economia e da Inovação incluíram os edifícios que compõem o complexo universitário da UALg “[...] na lista de investimentos considerados prioritários para efeitos da aplicação do regime excepcional de contratação pública previsto no Decreto-Lei nº 34/2009, permitindo que, quanto àqueles edifícios, fossem adoptados os procedimentos excepcionais de ajuste directo, tal como referidos no mencionado diploma, se aplicável”. Em 23 de Agosto de 2009, foi assinado o protocolo para a Melhoria da Eficiência Energética dos Edifícios da UALg, entre o Estado Português e a Universidade do Algarve.

Consultando no DR (2010a), de 27 de Outubro, os despachos das obras contempladas no referido protocolo, foi possível analisar que, no universo das obras e serviços contratualizados, não

constava nenhuma obra de reabilitação da envolvente (coberturas) do parque edificado da UALg. Facto curioso porque o edifício alvo da proposta da presente dissertação (Edifício 1) é o edifício mais antigo do *Campus* de Gambelas (1991), com necessidades de reabilitação urgentes ao nível da cobertura, análise a ser realizada com maior detalhe no Capítulo IV.

Contudo demonstra uma sensibilidade da Universidade à melhoria da eficiência energética do parque edificado, seja por questões de exigência do Governo na certificação energética dos edifícios públicos, seja por razões ligadas ao desenvolvimento sustentável na gestão e manutenção do património da UALg. Os motivos e como ou porque a Universidade fez parte da lista anteriormente referida, não foi possível encontrar na bibliografia disponível.

Teria sido uma oportunidade para o aumento da eficiência energética / inovação em termos de proposta de reabilitação do Edif. 1. Uma proposta em inovar, à semelhança das congéneres de muito países do mundo, que aplicam a tecnologia das Coberturas com Vegetação na construção de edifícios novos mas também na reabilitação de edifícios existentes, empregando e explorando projectos com a implantação destes sistemas como ensaios de pesquisa e de demonstração no apoio a empresas e indústrias do sector, câmaras, associações não-governamentais, entre outros.

Actualmente, a nova regulamentação e a sua conclusão e a preparação do ECO.AP – Programa de Eficiência Energética na Administração Pública, são metas do Governo no sentido de dar continuidade à preocupação com a optimização dos recursos e redução de custos, em conformidade com a recente DEE, segundo Filipe Vasconcelos, Director-geral da Agência para a Energia (Vasconcelos, 2012),.

O Programa ECO.AP, lançado através da Resolução do Conselho de Ministros nº2/2011, propõe criar condições para o desenvolvimento de uma política de eficiência energética na Administração Pública, designadamente nos seus serviços, edifícios e equipamentos, de forma a alcançar um aumento da eficiência energética de 20% até 2020, contribuindo para a concretização dos objectivos estabelecidos no Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC) (ADENE, 2012).

Destina-se a avaliar e divulgar o desempenho energético e de carbono das entidades da Administração Pública, incentivando a eficiência energética nessas entidades e, conseqüentemente, contribuir para a redução de custos, veicular o Estado como referência na gestão dos consumos de energia e disseminador de boas práticas de eficiência energética e de baixo carbono e contribuir para a redução efectiva do consumo de energia e das emissões de carbono, entre outras medidas.

São abrangidos pelo Programa ECO.AP todos os serviços e organismos da administração direta e indireta do Estado, bem como universidades a par com entidades públicas ou com capital maioritariamente público, mediante o registo prévio do Gestor Local de Energia e Carbono (GLEC) na Agência de Energia.

1.4.2. Reabilitação de Edifícios no Âmbito da Eficiência Energética

A reabilitação associada à poupança e racionalização energética deverá ser assumida pelo

Estado como um factor de progresso. São várias as medidas que já deviam estar a funcionar e que podem ajudar a atingir quer as metas anteriormente estabelecidas, edifícios de serviços com mais de 1.000 m² e edifícios do Estado com mais de 1.000 m² já certificados, quer as actuais, com a certificação energética dos edifícios do Estado com mais de 500 m² ou a reabilitação dos edifícios da administração Pública no âmbito do ECO.AP, medidas muito importantes para dinamizar o mercado e abrir novas perspectivas.

A reabilitação possibilita melhorar significativamente o desempenho ambiental do edificado. Significa consumir menores quantidades de energia na produção e aplicação de produtos de construção, reduzir as emissões de gases com efeito de estufa e limitar as quantidades de produtos de demolição a remover e destruir.

Na conjuntura actual, Portugal vive um período de grande dificuldade em quase todos os sectores da economia. A urgência da reabilitação como factor de poupança e racionalização energética é, segundo o responsável pela transposição, para Portugal, da Diretiva dos Edifícios, Maldonado (2012), a área onde as medidas e incentivos dos fundos da UE e do Fundo de Eficiência Energética, entre outros, deverão actuar rapidamente e o Estado tem que definitivamente dar o exemplo, colocando em prática o Programa de Eficiência Energética nos Edifícios da Função Pública (ECO.AP). O potencial de poupança energética dos edifícios com estas medidas e a manutenção de empresas e postos de trabalho destacam-se de imediato com as primeiras vantagens evidentes.

Considerando como intervenções de reabilitação de edifícios para um melhor desempenho energético a colocação de vidros duplos nos vãos envidraçados e o isolamento térmico das coberturas e paredes, o parque edificado apresenta um forte potencial de actuação para a actividade de reabilitação, nomeadamente a que concerne à melhoria do conforto pela envolvente, com redução dos impactes resultantes do excesso de ocupação do solo, da dependência energética nacional e da intensidade energética da economia do país. A optimização da envolvente de um edifício ineficiente pode permitir economias de energia até 30% (EnerBuilding, 2008).

A reabilitação do edificado já existente constitui uma via privilegiada para atingir os objectivos de sustentabilidade, baseados na definição de um limite de exploração de recursos. Como alternativa à construção nova, evita a ocupação de território, o consumo desnecessário de recursos, a produção em larga escala de resíduos e efluentes, bem como a alteração de ecossistemas naturais. Em complemento, aumenta a vida útil dos edifícios, rentabilizando os recursos já aplicados (MOPTC, 2007), e representa uma oportunidade para a integração de estratégias de eficiência energética nos edifícios.

No âmbito energético, as exigências colocadas à reabilitação não podem ser as mesmas que se exige a um prédio novo (Vasconcelos, 2012), devendo-se garantir que, no que respeita à reabilitação, sejam aplicadas as melhores práticas e que seja possível garantir a eficiência energética sem pôr em causa o património e o que lá está.

A evidência de que o investimento inicial de uma reabilitação é recuperável num período de tempo relativamente curto, considerando o tempo de vida útil de um edifício, será também um dos fundamentos para a sua concretização. Outros, como a redução do impacte do consumo

energético dos edifícios sobre o ambiente, a melhoria da qualidade do ar interior dos edifícios e consequente melhoria da saúde dos seus ocupantes, serão aqueles que mais dificilmente estarão na base duma decisão deste tipo, visto a sua tradução monetária ser de mais difícil apreensão pelo utilizador do edifício ou pelo investidor (ITIC, 2008).

A reabilitação e manutenção do edificado deverá contemplar soluções adequadas a cada situação, dependendo da tipologia funcional dos edifícios, do estado de degradação, da integração com a envolvente, dos ganhos solares, entre outras variáveis de igual relevância, que poderão influenciar o grau de intervenção.

O objectivo de uma reabilitação consiste em resolver as deficiências físicas e as anomalias construtivas, ambientais e funcionais, acumuladas ao longo dos anos, procurando ao mesmo tempo uma modernização e uma beneficiação geral do imóvel, tornando-o apto para a sua completa e actualizada reutilização (Cóias, 2006).

No que respeita à reabilitação energética, esta constitui uma das vertentes de maior interesse. No processo de renovação dever-se-á garantir a identidade dos edifícios e, em simultâneo, fazer uso da tecnologia ao serviço da eficiência energética, devendo a reabilitação ser mais perspectivada ao nível da eficiência energética do que na inclusão das renováveis. Os parâmetros construtivos dos edifícios que precisam de ser reabilitados são muito débeis e tudo o que tem a ver com o aumento da qualidade da envolvente, quer opaca, quer vãos envidraçados, coberturas, entre outros, têm que ser, segundo o Director do Laboratório Nacional de Engenharia e Geologia (LNEG), Helder Gonçalves, uma prioridade (Gonçalves, 2012). Estes aspectos devem merecer maior preocupação do que tentar perceber onde se vai colocar os sistemas, não fazendo sentido colocar sistemas se a estrutura não estiver devidamente acautelada. Deve-se ponderar muito bem onde devem começar as obrigações, não descurando que o objectivo central é alcançar a eficiência energética. A eficiência ou ineficiência energética nos edifícios reporta-se à qualidade da construção (envolvente), dos sistemas e sua utilização.

Grande parte do parque edificado em Portugal é muito débil em termos de qualidade térmica e isso está contemplado no novo RCCTE, permitindo a existência de situações onde não seja necessário recorrer ao ar condicionado, ou seja, o cumprimento do RCCTE não obriga à existência de sistemas. Há edifícios que mesmo com boas condições da envolvente ainda precisam mais de aquecimento do que de arrefecimento (Gonçalves, 2012) .

Portanto, perante as metas a alcançar, os desafios de Portugal no que diz respeito à energia nos edifícios e nas cidades, será o de cumprir os compromissos com a UE. Nesse sentido, onde seria mais fácil actuar seria nos edifícios novos mas estes “estão a acabar”. O parque edificado português está muito degradado mas a reabilitação é muito ligeira. O foco deveria estar na reabilitação da envolvente e pelo menos nas coberturas e vãos envidraçados, esta ultima medida já enquadrada pela ADENE para “a janela eficiente”.

A grande questão é colocada aos edifícios de serviços existentes porque a escala é da ordem das centenas de MWh ou GW/H e o Sistema de Certificação Energética não contemplou. Embora, em termos globais, o consumo residencial seja muito superior ao dos serviços, 14% do

consumo global, no grande universo dos edifícios residenciais, 80% não vão ter intervenção, sendo necessário actuar onde é possível. Os edifícios de serviços representam esse potencial. Há um conjunto de soluções adequadas para um determinado tipo de clima e padrão de utilização. Os edifícios são condicionados em função do local onde se encontram e o enquadramento quanto à sua utilização (equipamento e pessoas) (Aelenei, 2012).

Dos factores que mais determinam e caracterizam o estado actual das construções e tipos de intervenção para a sua reabilitação (Cóias, 2006), destacam-se:

- A concepção dos projectos, através dos materiais e das soluções escolhidas;
- Modo de execução;
- O estado de conservação dos edifícios.

Anterior a qualquer operação, a construção existente deverá ser sujeita a uma avaliação que possibilite conhecer o seu sistema construtivo e a génese das suas patologias (Manso, 2003). A concepção de uma estratégia de planeamento, eficaz e adequada ao comportamento individual de cada edifício, deve ser sempre precedida de uma análise cuidada que permita elaborar um correcto diagnóstico.

O plano de intervenção deverá incluir as medidas correctivas, entre as quais as que visam a melhoria da eficiência energética, respeitando uma hierarquização, de acordo com o resultado de uma análise custo-benefício.

Os edifícios residenciais e de serviços assumem características de consumo muito distintas e como tal, são sujeitos a diferentes abordagens na melhoria do seu desempenho energético. A principal característica que os distingue é o tempo de permanência dos utilizadores; actualmente 90% do tempo é passado em espaços confinados, principalmente em edifícios (Murakami, 2003).

A relação existente entre o consumo de energia final dos edifícios, a qualidade da construção e a aplicação de soluções energeticamente eficientes, traduz-se simultaneamente em necessidades para aquecimento, arrefecimento e iluminação. Também a preparação de águas quentes sanitárias, especialmente em edifícios residenciais, é significativa na análise do consumo total de energia final.

Todos os edifícios devem recorrer a níveis de isolamento elevados pois, de outro modo, o sobrecusto dos sistemas de energias renováveis para a climatização e produção de energia eléctrica tornar-se-ia tão elevado que invalidaria a sua viabilidade. Porém, é o vector da climatização que apresenta uma taxa de crescimento elevada, explicada pela maior exigência do conforto térmico, sendo o aquecimento o tipo de climatização mais generalizado em Portugal. O arrefecimento ambiente (ar condicionado) tem vindo a ter uma taxa de penetração crescente nos últimos anos, sendo o aumento anual cerca de 8%, tornando-se um contributo importante para o consumo de electricidade (ADENE, 2009b).

Segundo Alegre (1999), a diversidade de tipologias de construção e a incapacidade de reconhecimento das causas das anomalias existentes, por vezes proporcionam intervenções incorrectas e a aplicação de soluções desajustadas, que poderão contribuir, a curto prazo, para o agravamento do estado de conservação dos edifícios.

Cóias (2007), considera que a actual 'Lei dos Alvarás', que estabelece os requisitos de qualificação das empresas para obras de diverso tipo e dimensão e regula a emissão de "alvarás", constitui um sistema rudimentar de certificação. As linhas de actuação encontram-se orientadas quase exclusivamente para a construção corrente, apresentando insuficiências no que respeita aos trabalhos de reabilitação das construções existentes.

Também no domínio da arquitectura bioclimática não só existe falta de qualificação, como o percurso a seguir pelo pessoal qualificado, que pretende promover a área, é bastante dificultado pela inexistência de mecanismos adequados (Lanham, 2004). A aprendizagem de todos os intervenientes e responsáveis pela qualidade da construção será parte da solução dos problemas da degradação do construído, dada a dimensão e os diferentes interesses que predominam na sociedade.

1.4.3. Soluções Passivas na Reabilitação

Nos últimos anos tem vindo a aumentar o número de aparelhos de ar condicionado nos países europeus. Este facto, segundo a Diretiva para a Eficiência Energética, cria importantes dificuldades nas horas de ponta, devido ao aumento do preço da energia eléctrica e à deterioração do equilíbrio energético. Deverá ser dada prioridade a estratégias que contribuam para melhorar o desempenho térmico dos edifícios durante o Verão. Para tal, deverão privilegiar-se medidas que evitem o sobreaquecimento, tais como a protecção solar e uma inércia térmica suficiente do edifício, e o desenvolvimento e aplicação de técnicas de arrefecimento passivo, principalmente as que melhoram a qualidade do clima interior e o microclima em torno dos edifícios.

Os sistemas de arrefecimento passivo baseiam-se em estratégias que visam utilizar as fontes frias existentes de forma a diminuir a temperatura no interior dos edifícios. Desta forma, os sistemas de arrefecimento passivo podem eliminar ou diminuir consideravelmente a necessidade de um sistema de climatização convencional. A adopção de soluções que conduzam à prevenção e atenuação de ganhos de calor e de estratégias que dêem origem a processos de dissipação de calor, traduzir-se-á assim numa redução das necessidades de arrefecimento e na melhoria das condições de conforto térmico.

Tendo em consideração que os edifícios gastam 40% da energia consumida na Europa e que 50% desse consumo é direccionado para os sistemas de aquecimento / arrefecimento, é importante empregar soluções sustentáveis que permitam baixar esses consumos (ADENE, 2012).

No âmbito da dissertação, apenas serão abordadas as estratégias, em linhas gerais, que se revestem de interesse perante o edifício em análise e o sistema a propor, sendo a caracterização do sistema assim como a análise à situação de referência, de acordo com os elementos expostos, apresentados nos capítulos seguintes.

Estratégias de climatização

As variáveis climáticas que mais influenciam os edifícios, em termos de transferência de calor, são a temperatura do ar exterior e a radiação solar. A temperatura do ar, variável indutora das trocas de calor através da envolvente do edifício, determina o estabelecimento de fluxos energéticos do interior para o exterior, fluxos estes que ocorrem fundamentalmente no período de Inverno, tratando-se neste caso de perdas térmicas, enquanto que no Verão o sentido do fluxo tem tendência a inverter-se e estar-se-á numa situação de ganhos térmicos.

No primeiro caso, estamos perante as denominadas perdas térmicas que, no Inverno, constituem a razão principal para a diminuição da temperatura interior num edifício e um dos principais aspectos a acautelar no projecto. A redução das perdas constitui uma das medidas mais eficazes no sentido de melhorar as condições de conforto no interior dos edifícios, e as medidas normalmente adoptadas resultam na utilização de soluções de isolamento térmico nos elementos opacos (paredes, cobertura e pavimentos) e/ou a utilização de vidros duplos nos vãos envidraçados.

Já a situação dos ganhos térmicos por troca de calor, em que o fluxo de transferência de calor, tem o sentido exterior – interior, ocorre preferencialmente no Verão e é uma situação que contribui para aumentar a carga térmica do edifício e conseqüentemente a sua temperatura interna. É portanto algo a evitar numa situação de Verão.

A outra variável de grande importância para os edifícios, é a radiação solar. Esta variável tem um papel determinante no conforto térmico em qualquer edifício, sendo que no Inverno constitui uma fonte de calor muito importante, contribuindo para o aumento da temperatura interior, constituindo no Verão uma fonte de calor a evitar, precisamente para evitar o aumento da temperatura interior nos edifícios.

O sol é, pois, uma fonte de calor que importa compreender na sua interacção com os edifícios, quer em termos energéticos (valores da radiação solar), bem como em termos da sua posição, ao longo de todo o ano, para desta forma, melhor projectar o edifício na perspectiva aqui utilizada, ou seja, em termos bioclimáticos.

A transmissão de calor por condução através da envolvente dos edifícios, quer sejam as perdas de calor através dos elementos construtivos da envolvente no Inverno, quer os ganhos indesejáveis de calor através dos mesmos elementos no Verão, são fenómenos que muito influenciam o comportamento térmico dos edifícios. Para minimizar estes efeitos em ambas as estações, deve aumentar-se a resistência térmica dos elementos construtivos, o que se consegue do seguinte modo (Gonçalves et al, 2004):

- no caso da envolvente opaca (paredes, coberturas e pavimentos), através da incorporação de materiais isolantes, de que são exemplo a cortiça, o poliestireno expandido, o poliuretano e as lãs minerais;
- no caso da envolvente envidraçada, através da selecção de janelas cujo conjunto “vidro/caixilho/persiana” apresente valores de resistência térmica mais elevados, por exemplo, vidros duplos.

Nos edifícios as perdas e os ganhos de calor pela cobertura assumem por vezes um papel particularmente importante, nomeadamente nos casos em que aquele elemento construtivo possui uma percentagem de área elevada relativamente aos restantes elementos construtivos e que, segundo a coordenadora da Iniciativa Construção Sustentável®, Livia Tirone, é um dos elementos da envolvente a ter mais cuidado a fim de evitar situações de desconforto assinaláveis (Tirone, 2011).

Restringir a Condução é uma Estratégia Bioclimática que, num clima temperado como o de Portugal, se deve promover nos edifícios para conseguir obter conforto no seu interior, tanto de Inverno como de Verão. Enquanto no Inverno interessa restringir perdas de calor para o exterior através da envolvente, no Verão torna-se mais favorável restringir os ganhos excessivos de calor exterior de forma a manter uma temperatura mais constante no interior dos edifícios.

Os problemas relacionados com a presença de água no invólucro dos edifícios, infiltrações e condensações, podem ser fortes indicadores de uma inadequada exposição solar, ventilação, aquecimento e excesso de produção de humidade no seu interior. As temperaturas excessivamente baixas, a elevada humidade e presença de bolores, são factores que comprometem a qualidade de vida dos ocupantes (Lourenço, 2003).

Em termos de hierarquização das medidas de eficiência energética do ponto de vista da análise custo-benefício, as mais favoráveis são as que incidem nas coberturas, seguidas das que se referem aos pavimentos sobre espaços exteriores e, por último, as respeitantes às paredes exteriores (DGEG, 2004).

Segundo Piedade (2003); Gonçalves (2004); ADENE (2012), a cobertura é a superfície que mais contribui para as perdas de calor num edifício, havendo várias soluções possíveis para o seu eficiente isolamento. Quando de uma intervenção na cobertura, deve ser considerada a sua classificação energética. Mesmo que apenas se pretenda corrigir uma infiltração, a obra constitui uma oportunidade para melhorar o desempenho energético do edifício.

A reabilitação de coberturas planas, de acordo com a ADENE (2012), deve ser feita seguindo três pressupostos:

- eliminar possíveis patologias, como infiltrações, que existam na cobertura;
- melhorar a eficiência energética do edifício;
- aplicar sistemas para o aproveitamento da energia solar (sistemas solares térmicos para o aquecimento de AQS e/ ou sistemas solares fotovoltaicos para produção de electricidade).

Isolamento térmico (convencional)

A estratégia mais eficiente para reduzir o consumo de energia nos edifícios é a optimização do isolamento térmico. Esta solução permite diminuir a perda de calor devido à transmissão e, portanto, é a condição necessária para reduzir a procura energética destinada ao aquecimento

(IEEA, 2008).

A utilização de isolamento na envolvente dos edifícios, e especialmente se o mesmo for colocado no exterior da envolvente, conduz a situações que diminuem as solicitações térmicas através da envolvente opaca, diminuindo assim a carga térmica de arrefecimento do edifício. Especial atenção deve ser dada às coberturas dos edifícios, pois são as superfícies que mais radiação solar recebem durante o Verão.

Um bom isolamento conduz a uma diminuição de perdas de calor para o exterior no Inverno e reduz os ganhos de calor no Verão. Estima-se que cerca de 60% da energia usada para aquecimento é desperdiçada devido às fugas relacionadas com a ausência ou insuficiência de isolamento dos elementos opacos como: paredes, coberturas e pavimentos, e ainda, devido à fraca utilização de vidros duplos nos vãos envidraçados (ECO - Programa de Eficiência Energética).

O isolamento das coberturas planas é uma medida importante a que deve ser dada especial atenção em todos os edifícios, uma vez que esta estrutura é responsável pela maioria das flutuações térmicas, tratando-se de uma intervenção considerada prioritária em termos de eficiência energética (ADENE, (2012); Gonçalves (2012)).

Devido à ascensão do ar quente, a temperatura do ar nas camadas superiores das divisões aquecidas é sempre mais elevada, o que propicia grandes perdas de calor através da cobertura e torna a utilização de isolamento térmico fundamental (IEEA, 2008). Em condições de reabilitação faz todo o sentido adoptar esta prática, uma vez que em qualquer momento pode ser executada, não induzindo, normalmente, outro tipo de intervenção.

O reforço do isolamento térmico de coberturas horizontais (em terraço) pode ser conseguido através de três opções possíveis, que se distinguem pela localização do material isolante:

- isolamento térmico aplicado na face superior;
- isolamento térmico intermédio;
- isolamento térmico aplicado na face inferior.

A solução mais prática é aplicar o isolamento térmico na face superior da cobertura, acima da camada de forma, sob ou sobre a impermeabilização. A aplicação do isolamento sobre a camada impermeabilizante tem no entanto a vantagem de proteger este contra as variações térmicas, e eventualmente contra a radiação ultra-violeta, aumentando a sua vida útil. Apresenta ainda a vantagem de possibilitar a preservação de sistemas impermeabilizantes que se encontrem em bom estado de conservação, visto dispensar a sua remoção. Esta solução é conhecida pela designação de cobertura invertida.

Como material isolante pode utilizar-se placas de poliestireno expandido extrudido (XPS), sobre as quais deve ser aplicada uma protecção pesada, a fim de impedir que estas se desloquem sob o efeito da acção do vento, bem como para as proteger da incidência directa da radiação solar. Actualmente, este material é o isolante térmico mais adequado para realizar esta solução, sendo a sua aplicação, a nível nacional, realizada de acordo com as directrizes expressas no RCCTE⁹ (DGEG, 2004).

Este tema será novamente abordado no ponto 3.2.2., nos aspectos a considerar, de nível técnico, no projecto de uma Cobertura com Vegetação.

Coberturas com Vegetação

A cobertura é a superfície do edifício sujeita a maiores flutuações térmicas. Está por isso entre os elementos da envolvente que mais condicionam o desempenho térmico dos edifícios. Enquanto no Verão é necessário evitar o sobreaquecimento das coberturas e a transmissão de calor ao interior, no Inverno é necessário evitar as fugas de calor para o exterior. As coberturas podem ser inclinadas ou horizontais. Qualquer que seja o seu tipo, é possível encontrar soluções de reabilitação térmica.

A cobertura com vegetação é uma técnica moderna reconhecida a nível nacional pela ADENE (Tirone, 2011) como solução construtiva para melhorar a eficiência energética do edifício, permitindo entre outros requisitos, contribuir positivamente para o arrefecimento e aquecimento passivo dos edifícios, o aumento do conforto nos espaços adjacentes e ainda para a redução do efeito ilha de calor. A camada de terra tem um efeito eficaz de isolante térmico e sonoro na protecção dos espaços inferiores, ao mesmo tempo que a vegetação regula o microclima na envolvente do edifício, humedecendo e arrefecendo naturalmente o ar.

Devido à humidade, a preparação da cobertura é de extrema importância, pelo que é sujeita a uma boa impermeabilização e isolamento térmico, bem como à selecção específica do substrato e espécies vegetais, de acordo com o respectivo uso. A protecção natural dos materiais isolantes com este sistema permite o seu aumento de vida útil e melhora o desempenho da cobertura

Pelos seus benefícios económicos, ambientais e sociais, alguns países introduziram incentivos financeiros ao uso deste tipo de soluções, ambientalmente sustentáveis. Por exemplo, em cerca de 40% das cidades alemãs, as entidades oficiais suportam 60% dos encargos com a execução e manutenção de coberturas ajardinadas.

Sendo esta solução passiva a proposta desta dissertação, a abordagem a este tema será dedicada com maior detalhe no capítulo II.

MHMR

MHMR

MHMR

2. COBERTURAS COM VEGETAÇÃO

Durante décadas, a indústria das Coberturas com Vegetação (CvC) tem sido bem documentada, estabelecida e apoiada na Alemanha e em outros países europeus, resultado dos esforços combinados de pessoas, empresas, municípios e muitos grupos profissionais e associações. Como exemplo de outros países pode-se citar a Suíça, Holanda, Suécia, Bélgica, Itália, Áustria, França, Noruega, Dinamarca e, com uma evolução recente, o Reino Unido e Espanha, apresentando muitos projectos na vertente da qualidade e variedade de diversos modelos e aplicações deste sistema.

Desde meados dos anos 90 que na América do Norte, Canadá e os Estados Unidos, têm investido na pesquisa desta técnica e incorporado no tecido da construção de design ecológico um numero crescente de Coberturas com Vegetação, facto que é evidenciado pela integração destes sistemas nas normas E.U. LEED Green Building Council's (Liderança em Energia e Design Ambiental) e Green Building Rating System™.

Os países asiáticos, como Japão, Coreia do Sul, China e Singapura, têm políticas para encorajar ou exigir a implantação de CcV, num esforço para melhorar a qualidade ambiental das cidades. Também na América Latina, Perú, Chile, Argentina, México e Brasil, entre outros, investigadores e profissionais têm desenvolvido projectos nesta área.

As CcV foram propostas como sistemas a implantar nos esforços de restauração do Irão após a devastador terramoto de 2003, no Egípto investiga-se de que forma estes sistemas podem contribuir para melhorar o ambiente urbano e, em particular no Cairo, a promoção desta técnica para a produção alimentar.

Empresas ligadas a esta indústria estão também relacionadas com países como a Escócia, Grécia, Macedónia, Turquia, Israel, e Portugal, ou seja, a construção de Coberturas com Vegetação é hoje uma tendência mundial.

Quando associadas às componentes adequadas e isentas de substâncias tóxicas, e projectadas para um desempenho adaptado aos contextos climático e cultural onde se inserem, as soluções para Coberturas com Vegetação constituem contributos positivos e fundamentais para o bom funcionamento dos sistemas urbanos nas quais se integram, tanto à escala do edificado como à escala da cidade, comportando mais valias importantes para a optimização do desempenho energético-ambiental das cidades.

É sobre estes benefícios, e outros, da sua implantação, que se enquadra este capítulo, no intuito de apresentar um conjunto de informações que reforcem a proposta de implantar Coberturas com Vegetação na reabilitação de edifícios existentes.

2.1. Evolução Temporal e Significado das Coberturas Com Vegetação

Neste sub-capítulo são apresentadas algumas das concepções e critérios que definem as coberturas com vegetação, esclarecer diferenças relativamente a algumas das tipologias empregues na sua caracterização, precedentes vernaculares e evolução.

2.1.1. Tipologias de Coberturas com Vegetação

Embora com alguma diferença cronológica dos sistemas de cobertura a que esta dissertação faz referência, importa referir a ancestralidade do emprego de materiais naturais no coberto de construções, de que são exemplo plantas como o colmo¹, o baracejo² ou o estorno (*Ammophila arenaria* (L.) Link)³ (Oliveira, 1994), e a utilização de terra, com ou sem plantas herbáceas enraizadas, consoante a distribuição geográfica da construção. Este tipo de coberturas é designado por telhado herbáceo ou telhado de terra, respectivamente (Osmundson, 1999; Dunnett, 2004; Snodgrass, 2006).

A utilização contemporânea de plantas nas coberturas de construções é distinta das anteriores utilizações pela integração das plantas e das suas estruturas de suporte com a construção dos edifícios. O resultado é uma articulação de plantas vivas, o edifício, e os seus utilizadores, uma proximidade e integração que originou novas tipologias de coberturas com vegetação.

Contrariamente a outros países, onde termos como “Greenroofs”, “Dachbegrünung” (“telhados verdes”) ou “Roofgardens”, “Ddachgäterf” (“jardins de cobertura / telhado” em inglês e alemão, respectivamente) permitem definir de forma fácil e evidente todas as superfícies sobre edifícios ou outras construções nas quais é implantada vegetação, em Portugal a terminologia utilizada para definir tais espaços não é tão corrente e genérica, de que é exemplo: “Zonas ou Espaços verdes sobre cobertura”, “Coberturas ajardinadas” ou “Telhados verdes”. Estas denominações, embora permitam antever qual o tipo de espaço em causa podem levar a incorrecções na sua interpretação devido ao seu significado muito geral, *i.e.*:

- “Espaços verdes sobre cobertura” pode ela própria ser contraditória. No meio urbano, os espaços verdes estão integrados nas áreas tipológicas edificadas, ou seja, nos tecidos edificados (Magalhães, 2001), sendo pressuposta a existência de uma interface entre a atmosfera e o subsolo, uma relação ar – planta – solo, onde ocorra a circulação da água, da matéria orgânica, do ar e da fauna. Nas coberturas com vegetação a relação que existe é ar – planta – substrato, não havendo portanto um contacto directo com o subsolo, situação que não incapacita que ocorra uma manutenção da circulação da água, do ar e da fauna, mas a uma escala diferente. Este tema será abordado com maior detalhe no capítulo referente às funções e benefícios das coberturas com

1 (Culmus) – Caule cilíndrico com nós bem diferenciados e entrenós mais ou menos longamente revestidos pelas bainhas das folhas (ex. nas Poaceae) (Coimbra Herbarium).

2 Espécie de esparto, planta herbácea, da família das Poaceae (=Gramineae) (Coutinho, 1939).

3 Plana edificadora de dunas e pioneira na sua colonização (ICNB).

vegetação,

- “Coberturas ajardinadas”, pode implicar a existência de vasos e floreiras com plantas, a presença de plantas de médio a grande ou o acesso possível de pessoas ao espaço, facto que nem sempre acontece, como será apresentado posteriormente,

- “Telhados verdes” pode referir-se mais ao aspecto visual dos sistemas, onde o foco no verde pode resultar numa percepção da necessidade de rega e de manutenção. O emprego da palavra "verde" também pode implicar um grau de permanência e uma relutância em permitir a mudança da cor da vegetação ao longo do tempo. Também é possível que um telhado verde possa ser confundido por outros telhados de cor verde, tais como elementos cerâmicos ou estruturas e chapas metálicas, de cor verde.

Na bibliografia sobre este tema, além dos termos já anteriormente referidos no início do sub-capítulo, encontram-se outras designações que embora de uso menos corrente, importa referir, “Ecoroof” e “Brown roof”.

A designação “Ecoroofs” (“telhados ecológicos”), tem sido utilizada principalmente na América do Norte para descrever os tipos de telhados com pouca profundidade de substrato, desenvolvido no âmbito da hidrologia urbana como sistema de redução do caudal de águas pluviais nas infraestruturas colectoras, um dos primeiros efeitos benéficos reconhecidos da vegetação sobre coberturas. O termo também é empregue como forma de os distinguir de outros tipos de cobertura porque lhes é atribuído um desempenho ecológico associado a técnicas de reciclagem, armazenamento e filtragem da água, e ao aproveitamento da energia solar e eólica, bastante disponíveis ao nível dos telhados (Liptan, 2003; Dunnet, 2004). Esta terminologia também tem sido considerada como um termo descritivo para coberturas onde a vegetação instalada muda de cor após períodos muito secos.

O termo “brown roof” (“telhados castanhos”), descreve telhados que foram cobertos com substrato ou material solto mas que não foi propositadamente plantado. As coberturas castanhas foram criadas principalmente para fins de biodiversidade, tendo como objectivo recriar as condições típicas industriais através da utilização de subprodutos do desenvolvimento das zonas urbanas como o entulho, resultante do betão e da alvenaria das demolições. Estes telhados podem ser colonizados espontaneamente com vegetação mas os substratos não plantados também podem ser um habitat para um certo número de invertebrados e de pássaros (Dunnett, 2004). Também foi desenvolvida como o oposto aos telhados verdes, designação empregue para descrever um sistema de vegetação semelhante ao que normalmente se encontra nas instalações industriais (Gedge, 2003). É semelhante ao termo alemão “Naturdach”⁴, usado para descrever os telhados projectados por razões de biodiversidade.

Nesta dissertação emprega-se o termo de Coberturas com Vegetação, abreviadamente designada por CcV, porque é um termo mais preciso e, simultaneamente, é uma descrição menos restrictiva do sistema, incidindo sobre o que de facto o sistema inclui, a vegetação e a sua instalação em coberturas.

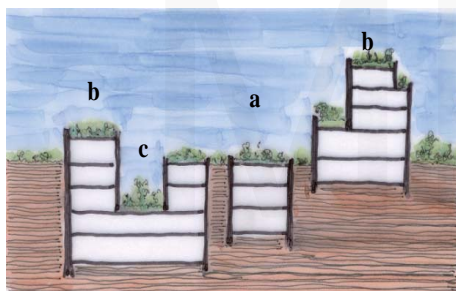


Figura 2.1.1.
Esquema representativo do corte de coberturas com vegetação

a - Ao nível do solo
b - Acima do solo
c - Abaixo do solo

Adaptado de Krupka, 1992

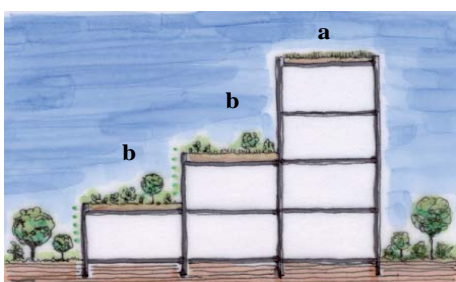


Figura 2.1.2.
Esquema representativo do corte de uma cobertura com vegetação, acima do nível do solo
a - Cobertura com vegetação de carácter extensivo
b - Cobertura com vegetação de carácter intensivo

Adaptado de Krupka, 1992

Os termos telhado verde e jardim de cobertura serão utilizados ocasionalmente nesta dissertação, nos casos em que seja feita referência às expressões previamente definidas.

As coberturas com vegetação correspondem a espaços onde a vegetação é implantada acima, abaixo ou ao nível do solo, separada por uma estrutura artificial do solo natural. Este facto, associado ao constrangimento de uma limitada profundidade do substrato onde a vegetação é implantada, determina ser da competência do homem providenciar todas as condições básicas para que a vegetação tenha condições para se fixar e desenvolver, não descuidando a garantia de protecção da infraestrutura sobre a qual se implanta a vegetação (Krupka, 1992).

Nesta definição incluem-se muitos dos espaços com vegetação existentes nas grandes cidades. São cada vez mais os projectos que remetem para o subsolo a localização de infraestruturas urbanas, como sejam os parques de estacionamento, a rede viária de atravessamento urbano ou o acesso a equipamentos, estruturas de apoio a centros comerciais, por exemplo. Sobre estas estruturas podem ser estabelecidas áreas ajardinadas, mimetizando uma situação natural que, pelo facto de se situarem ao nível do solo, são consideradas como jardins “tradicionais” pela maioria das pessoas (Fig. 2.1.1. a).

Nas coberturas de edifícios com vegetação é bem evidente a separação entre a vegetação e o solo (Fig. 2.1.1. b) e as coberturas com vegetação situadas a um nível inferior ao do solo (Fig. 2.1.1. c), embora em menor numero, encontram-se integradas em edifícios que, pela sua arquitectura, suscitaram um rebaixamento dos níveis do terreno.

A existência de uma estrutura artificial constitui uma barreira física, não permitindo o contacto directo entre as plantas e o solo. Isto significa que apesar de se pretender compor um local de características naturais, este tem um carácter artificial, de origem humana. Para que esta instalação tenha êxito, será imprescindível contemplar uma dupla exigência (FLL, 2008):

1. Assegurar as condições mínimas para a fixação e posterior desenvolvimento da vegetação;
2. Garantir a protecção do edifício sobre o qual se pretende implantar a vegetação.

É importante fazer a distinção entre as antigas tecnologias de instalação de plantas em edifícios e, as novas. Nesta definição não são incluídas as floreiras existentes em muitos edifícios. Segundo alguns autores, a designação “greenroofs” só deve ser aplicada quando ambas as componentes – construção e vegetação – contribuem de forma mais ou menos equivalente para o resultado final da obra. Consequentemente, um terraço onde se disponham alguns canteiros plantados ou uma varanda com floreiras, não se enquadram nesta concepção (Barret, 1988). O estilo antigo de jardins de cobertura era restrito ao uso de vasos e floreiras com plantas ou à utilização de uma camada de solo espalhado sobre a superfície do telhado, o qual teria que ser muito mais resistente do que seria necessário nos dias de hoje⁵.

Ao nível contemporâneo, a classificação das coberturas com vegetação difere em alguns pormenores consoante os autores. Contudo, de um modo geral, é comum serem diferenciadas duas categorias: as coberturas com vegetação de carácter extensivo (ou “telhados verdes”, “greenroofs”) (Fig. 2.1.2. a), e as coberturas com vegetação de carácter intensivo (ou jardins de cobertura, “roofgardens”) (Fig. 2.1.2 b). Esta classificação distingue essencialmente a função para a qual o espaço é projectado e, de acordo com a opção tomada, serão adoptados os métodos construtivos e os materiais adequados.

As CcV de carácter extensivo são geralmente estabelecidas por razões de ordem ecológica e / ou, menos frequente, estética. O principal propósito será a criação de um espaço, no qual a implantação de vegetação contribua para a melhoria do ambiente urbano. Este processo não só resulta da acção directa no incremento dos níveis de oxigénio no ar, na absorção de CO₂, na filtragem de poeiras e outras partículas gasosas, entre outros, como da acção indirecta na retenção das águas das chuvas, na contribuição para a qualidade do clima local, no controlo da temperatura interna dos edifícios, por exemplo (Krupka, 1992; FLL, 2008).

As acções de manutenção, por definição da própria tipologia, deverão ser mínimas, e ter um carácter esporádico. A auto-sustentabilidade determina baixos consumos de água e fertilizantes. A vegetação é seleccionada atendendo à sua rusticidade e adaptação ao microclima local e a espessura dos substratos empregues é, geralmente, reduzida (Krupka, 1992; FLL, 2008; Weiler, 2009).

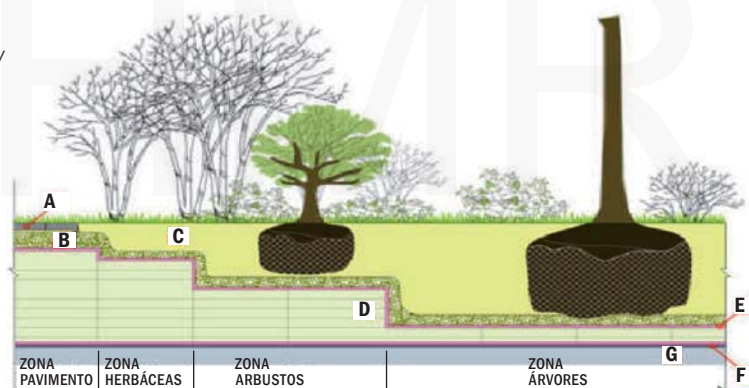
Para que um espaço com estas características tenha êxito é desaconselhável a presença assídua de pessoas, sendo quase sempre interdito o acesso a estas coberturas. Desta forma, será dispensável o emprego de certos equipamentos como sejam guardas de protecção e de iluminação. Contudo, se se conciliar um uso restrito com este tipo de cobertura, devem ser tomadas certas precauções de protecção ao pisoteio das espécies vegetais e/ou produção de lixos (FLL, 2008). O factor da inacessibilidade pode ser um incentivo à sua implantação tanto em superfícies planas como inclinadas que, associado ao seu peso, permite ser adequada a sua instalação em extensas superfícies, incluindo estruturas já existentes, o que constituirá uma questão relevante em cidades

5 Este tema será abordado no sub-capítulo 2.1.3.

Figura 2.1.3.
Esquema representativo da relação plantas /
profundidade do substrato:

- A – Pavimento
- B – Material poroso
- C – Substrato
- D – Drenagem / retenção água
- E – Filtros
- F – Impermeabilização
- G – Suporte estrutural

Adaptado de NCR, 2007



onde o solo urbano se encontra superlotado (Krupka, 1992; Dunnett, 2004; FLL, 2008; Weiler, 2009).

No que respeita à componente estética do local, esta nem sempre constitui um dos pontos essenciais do projecto. Mas, estes espaços também poderão contribuir para uma melhoria da qualidade visual das cidades, e dos bairros em particular, porque uma superfície com vegetação devidamente enquadrada em estudos urbanos de conjunto será mais aprazível que muitas áreas inertes e cinzentas que imperam nos centros urbanos (Krupka, 1992; FLL, 2008).

As CcV de carácter intensivo⁶ são semelhantes ao estilo antigo do jardim de cobertura, proporcionam um espaço que pode ser frequentado por pessoas, sendo frequente o emprego de áreas pavimentadas, mobiliário urbano, onde o elemento estético adquire um papel importante.

Estas coberturas têm uma gestão do espaço bastante mais complexa quando comparadas com as de carácter extensivo. Os objectivos são diferentes, sendo que o elemento estético adquire um papel fundamental. Não se pretende criar um espaço auto-suficiente, onde a componente ecológica surja como único propósito do projecto. Este método concede uma maior liberdade na escolha das espécies vegetais (Fig. 2.1.3.), uma vez que a rusticidade não constitui uma condição essencial, tornando possível ter plantas de maior porte, desde herbáceas a árvores de porte considerável, consoante a espessura do substrato disponível, a garantia de fornecimento regular de água, manutenção e os condicionalismos de ordem técnica da estrutura de suporte (Krupka, 1992; Dunnett, 2004; FLL, 2008; Weiler, 2009).

De um modo geral, é contemplado o acesso de pessoas, o que implica atenções especiais nestas coberturas no que concerne à segurança e ao conforto dos utentes. É frequente, ainda, a presença de áreas pavimentadas que permitam a circulação de pessoas no local (Krupka, 1992; Dunnett, 2004; FLL, 2008; Weiler, 2009).

As principais diferenças entre estes dois métodos de estabelecimento de vegetação sobre uma cobertura são apresentadas no quadro 2.1.1.

6 Os espaços com vegetação sobre infra-estruturas subterrâneas incluem-se geralmente na categoria das CcV de carácter intensivo.

Quadro 2.1.1.
Objectivos, funções e características de coberturas com vegetação
Adaptado de Krupka, 1992; Dunnett, 2004; FLL, 2008; Weiler, 2009.

	Carácter Extensivo	Carácter Intensivo
Funções	Usualmente de carácter ecológico	Diversas: estéticas, recreio, ecológicas.
Uso / Acessibilidade	Usualmente não considerado, excepto trabalhos de conservação	Possível, desde que sob condições especiais
Tipo de Cobertura	Planas / Inclinação até 45°	Planas
Capacidade de Suporte de Carga	Baixa: a partir de 30 kg/m ²	Elevada: depende do carácter do projecto e porte das plantas
Vegetação	Espécies pouco exigentes: herbáceas de crescimento reduzido	Espécies exigentes: relvados, arbustos e, ocasionalmente, árvores
Dependência de Factores Climáticos	Reduzida	Elevada
Substrato (espessura)	Reduzida: entre 2 a 20 cm	Elevada: superior a 15 cm (sem limite superior)
Manutenção	Mínima: 2 a 3 acções de controlo anuais	Regular: rega, fertilização, podas
Custos	Reduzidos	Mais elevados, relativos à construção e manutenção
Construção	Exigência de conhecimentos técnicos específicos	Exigência de conhecimentos técnicos específicos

Um conceito mais recente começou a surgir em alguns países, como a Alemanha e a Inglaterra, no que respeita à distinção entre CcV extensiva versus CcV intensiva incluir uma subdivisão. Na Alemanha é designada por CcV semi-intensiva e na Inglaterra por CcV semi-extensiva ou semi-intensiva. Ambos os termos são de natureza estritamente técnica, em virtude de opiniões discordantes. Este conceito tem a mesma filosofia da cobertura extensiva e utiliza substratos e tecnologias de construção semelhantes, contudo a profundidade de substrato é maior (10 – 30cm), o que permite o emprego de uma gama mais vasta e diversificada de plantas a cultivar. Em suma, a CcV semi-extensiva possui um grande potencial de criatividade para a ampliação de coberturas com vegetação (Dunnett, 2004; Weiler, 2009).

Segundo Dunnett (2004), também não há razão de numa CcV extensiva a abordagem ecológica ser restrita ou não ser permitida. Existem grandes possibilidades para o uso extensivo e de técnicas semi-extensivas em telhados acessíveis, por exemplo combinando o emprego de plantas herbáceas maiores com plantas lenhosas instaladas em contentores ou floreiras, estrategicamente colocadas, criando coberturas com material vegetal adequado às condições climáticas locais, sendo mais sustentáveis que do que as antigas coberturas ajardinadas. O tema ecológico pode ser ainda ampliado através de técnicas como a reciclagem / armazenamento e filtragem da água, e o aproveitamento

da energia solar e eólica, bastante disponíveis ao nível dos telhados (Dunnett, 2004; GRHC, 2005; Weiler, 2009).

Existem algumas edificações denominadas “Earth-sheltering buildings” (edifícios abrigados sob o solo), que possuem algumas semelhanças com as estruturas subterrâneas urbanas anteriormente referidas, sobre as quais se implanta uma área com vegetação. No entanto, enquanto estas últimas são edificadas subterraneamente, com o objectivo de ocultar um volume que seria indesejável à superfície, a construção dos “Earth-sheltering buildings” encerra uma filosofia mais complexa. Estas edificações têm as suas raízes nas habitações trogloditas às quais se associaram novas técnicas e materiais de construção. Uma vez que se encontram, quase na sua totalidade envoltas por solo, beneficiam de um elevado isolamento térmico e acústico (Hundertwasser, 2008).

São, geralmente, construídas fora das zonas urbanas, sendo incrustadas em montes ou “enterradas” em zonas planas, confundindo-se com o terreno (Figs. 2.1.4. e 2.1.5.), numa integração total com a paisagem envolvente, o que segundo Hundertwasser (2008) “[...] é o princípio da harmonia entre o Homem e a natureza [...]”.

Barret (1988), atribui o seu reaparecimento, por um lado, a uma maior sensibilização no sentido da integração do edifício na paisagem, por outro, à crise energética de 1973 que impulsionou inúmeras pesquisas sobre a arquitectura bioclimática.

2.1.2. Precedentes na Arquitectura Vernacular

Os telhados verdes têm a sua origem na arquitectura vernacular de vários países em que experiências de plantação em planos acima do solo foram desenvolvidas por várias culturas em diversos períodos ao longo da história, através de manifestações empíricas, populares, eruditas ou vanguardistas (Barret, 1988).

Evidências da presença de vegetação nas coberturas de casas foram encontradas quase desde o início da arquitectura, dos zigurates (Fig. 2.1.6.) da antiga



Figura 2.1.4. Centro Deportivo y de Salud, Carllós F. Lambarri, Barcelona, , 1993-96

Fonte: Levene, 1996



Figura 2.1.5. Rolling Hills, aldeia de termas quentes, Hundertwasser, Blumau, Estíria, 1993-97

Fonte: Hundertwasser, 2008

Mesopotâmia aos jardins do Mosteiro de Mont-Saint-Michel, em França (Osmundson, 1999).

Das sete maravilhas do mundo, destacam-se no imaginário de muitos de nós, os Jardins Suspensos da Babilónia⁷. Descrições da sua majestosidade e exuberância foram relatados por muitos historiadores. Qualquer imagem destes jardins (Fig. 2.1.7.) é uma mera criação artística, baseada nesses relatos e que procura recriar a beleza lendária das construções das monarquias mesopotâmicas. Segundo Jellicoe (1995), a Babilónia (hoje Irão) situava-se na planície aluvial dos rios Tigre e Eufrates (Fig. 2.1.8.) e possuía uma paisagem monótona, de planícies infindáveis e florestas inexistentes.

O fabrico de tijolos de barro misturado com palha, e posteriormente secos ao sol, foi um importante passo para o sedentarismo nesta área das populações primitivas que terão eleito o tijolo como o elemento construtivo por excelência (Barret, 1988).

As edificações da Babilónia eram, de um modo geral, baixas mas as mais importantes eram elevadas num podium que as protegia das cheias (Jellicoe, 1995), daí que fosse prática comum a sua construção sobre as ruínas de outros edifícios preexistentes (Barret, 1988). Os telhados, normalmente planos, convidavam à implantação de jardins.

Contrastando com este conjunto edificado que se estendia horizontalmente, destaca-se a verticalidade dos zigurates que subiam acima dos 30 metros de altura. O zigurate foi a primeira expressão da determinação humana em marcar a superfície infinitamente plana do crescente fértil (Jellicoe, 1995).

Após o desaparecimento das monarquias mesopotâmicas, e com o despontar de novas civilizações, seria de esperar que novos “jardins suspensos” surgissem. Segundo Krupka (1992), há registos de algumas obras como zonas ajardinadas sobre cobertura ou pátios interiores com



Figura 2.1.6. Zigurate de Ur, templo à deusa Lua. Data de 2250 a.C.

Fonte: Janson, 1989



Figura 2.1.7. Imagem dos Jardins suspensos da Babilónia. Ao fundo, pode-se distinguir a Torre de Babel.

Autor: Heemskerck, M., séc. XVI



Figura 2.1.8. Localização geográfica da Babilónia.

Adaptado de Janson, 1989

⁷ Os Jardins da Babilónia não se encontravam suspensos no verdadeiro sentido da palavra mas sim sobre terraços. Esta designação surge de uma inexacta tradução da palavra grega «kremastos» ou do latim «pensilis» que significa não só estar suspenso mas sim, estar suspenso sobre algo (Museum of Unnatural Mystery).



Fonte: Figura 2.1.9. Safurda ou choça. Nisa. Portugal. I

Autor: Ribeiro, 1979



Figura 2.1.10. Torrelha ou choça na Raia¹. Vilar Formoso. Portugal.

Autor: Magalhães, 2010

vegetação, dispostos em degraus, oriundos das tradições romana, persa ou indica, ou ainda alguns jardins implantados sobre edifícios, no período da Idade Média. Contudo, estes constituem obras pontuais, sem grande representatividade, sendo o seu significado histórico relativamente reduzido.

O carácter esporádico destes jardins só é interrompido com o emergir duma nova tradição de construção, a qual estabelece uma eficaz harmonia entre Natureza e construções. Escassez de material, dificuldades económicas ou condições climáticas singulares, estiveram na origem desta particular forma de construir.

Desde tempos ancestrais, “ [...] as formas mais simples, morfológicamente elementares e cronologicamente primárias, da construção, existentes em Portugal, aproveitavam fundamentalmente os materiais locais, tais como eles se encontram na natureza [...]”, segundo Oliveira (1994), e a “ [...] influência que exerciam sobre a habitação as condições gerais do meio, nota o ajustamento daquela ao clima e, ... a necessidade da sua adaptação às limitações dos recursos imediatamente disponíveis [...]” (Keesing, 1961).

Do seu legado, as construções circulares de falsa cúpula (Fig. 2.1.9.), arquitecturas de extrema singeleza formal, associadas a uma prática cultural ancestral, registam-se de Norte a Sul do país, com mais evidência no vasto território transfronteiriço (Fig. 2.1.10.), como marcos da rota da deslocação dos grandes rebanhos ibéricos (Mestre, 2005).

Segundo o mesmo autor, estes abrigos, habitações de pedra seca, empregam a terra como ligante, sobretudo

¹ A fronteira Espanha - Portugal, conhecida pelo epíteto de A Raia, é a linha que divide os territórios de Portugal e Espanha. É uma das mais antigas fronteiras da Europa, com alguns limites estabelecidos desde o tempo do Condado Portucalense e do Reino de Leão.



Fonte: Rodrigues, 2007



Fonte: Lemos, 2007

Figuras 2.1.11. e 2.1.12. Casas de salão. Porto Santo. Madeira.

no interior e nas camadas superiores. As sólidas paredes vão aumentando conforme a disposição da cúpula, composta por avanços sucessivos das pedras laminares de xisto ou de granito. A terra, rica em talisca (pedra pomes) ou argilas, misturada com pequenas pedras, é colocada ciclicamente sobre a cúpula, permitindo a uniformização da cobertura e constituindo um poderoso isolante térmico. Simultaneamente funciona como matéria absorvente das chuvas a partir dos níveis superiores.

De igual principio construtivo e de altura mais reduzida, são conhecidas as safurdas ou chafurdas destinadas ao porco, por exemplo em Barrancos e Alqueva (Mestre, 2005).

Nas ilhas, concretamente em Porto Santo, as “casas de salão” são o testemunho de processos de construir peculiares, singelos ou engenhosos, que representam soluções adequadas a certos condicionalismos nos locais (Figs. 2.1.11 e 2.1.12).

Sobre a “cobertura vegetal”, constituída vulgarmente por mato seco - feiteira⁸, ou rama de cedro, caniço ou folhas de palmeira, forro de mato assente numa armação de toros e de varas de madeira, era espalhada uma camada de argila, cobrindo uniformemente toda a área do telhado. Esta argila especial (bentonite), mais conhecida por “salão do Porto Santo”, é um material piroclástico existente em depósitos bentoníticos, de cor esverdeada, apresentando propriedades plásticas. Em contacto com a água agrega-se com facilidade, apresentando um comportamento ideal face às condições climáticas locais (clima seco, temperaturas elevadas e fraca pluviosidade).

Quando as coberturas de barro estão secas, é possível a circulação do ar entre o interior e o exterior da casa. Porosas ao ar na época seca e estanques em contacto com as chuvas, as antigas casas porto-santenses mantinham-se frescas no Verão e quentes no Inverno, bastando a reposição do barro para a manutenção da cobertura (Mestre, 2005; Lemos, 2007)).

Como ainda nos relata Oliveira (1994) “ [...] os abrigos móveis dos pastores, que são um último reflexo de um passado de pastoreio semi-nómada; ..., as casas de materiais naturais ... Com elas desaparecerá também a memória de alguns ensinamentos que se poderiam reter, não só como elementos de conhecimento do Homem e da interpretação histórica da sua cultura, mas mesmo como sugestões aproveitáveis e válidas, esteticamente e funcionalmente para a arquitectura de todos os tempos; produto de uma só experiência secular de adaptação a circunstâncias locais, que se aperfeiçoaria com eventuais ajustamentos pelos conhecimentos actuais [...]”.

Durante muitos séculos, foram construídos telhados herbáceos nos países do hemisfério norte, Escandinávia, Canadá e Islândia, como parte integrante da envolvente do edifício, permitindo manter um clima interior confortável.

Os telhados com vegetação foram bastante comuns em áreas com pradarias⁹ (“Sod” – torrão com gramíneas). Na Escandinávia (Figs. 2.1.13. e 2.1.14.) a base para a impermeabilização dos telhados era feita com várias camadas de casca de bétula ou com palha, sendo depois cobertas com os torrões, não só para manter a casca ou a palha no local mas como isolamento contra

8 *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn

9 Pradaria é uma formação herbácea fechada (gramíneas e plantas com flor), localizada nas latitudes temperadas (Chinery, 1997).



Figura 2.1.13. Telhados herbáceos nas Ilhas Féroé. Escandinávia

Autor: Christensen, 2007



Figura 2.1.14. Telhados herbáceos em Shógar. Islândia.

Autor: Schafft, 2006

o frio e protecção contra incêndios, as raízes das plantas agregavam esta camada envolvente, tornando-a resistente às condições de intempéries (Snodgrass, 2006).

Num dos seus diários, Carl Linnæus descreve telhados cobertos com gramíneas e plantados com alcachofra-dos-telhados (*Sempervivum tectorum* L.), como uma forma de estabilizar o solo e os telhados cobertos com tais plantas poderiam durar séculos. O uso da alcachofra-dos-telhados também estava ligado às crenças de que esta planta podia proteger contra o mal e os relâmpagos (Snodgrass, 2006). De forma similar, as tribos indígenas, na Tanzânia, tapam as suas cabanas com solo, como uma defesa contra o calor elevado (Stifer, 1988).

Por toda a Europa, os telhados de terra foram bastante empregues em estruturas utilitárias devido à sua capacidade isolante. As celas onde era guardado o vinho e a cerveja eram cobertas com capas de terra para reduzir as temperaturas extremas. Já em 1860, os telhados herbáceos foram promovidos pelo responsável do departamento de construção Eduard Rüber, em Munique, utilizando argumentos muito similares aos empregues nos dias de hoje (Werthemann, 2007).

Nos Estados Unidos, na segunda metade do séc. XIX, os colonizadores do oeste americano cobriam as casas com uma mistura espessa de solo e de plantas herbáceas enraizadas (Osmundson, 1999).

Nestes casos, a implantação de vegetação nas coberturas tinha o propósito de adaptar as construções a condições menos favoráveis, especialmente climáticas. Seriam, portanto, objectivos essencialmente de índole prática, e não estética, que estariam na base destas construções.

Actualmente, este tipo de arquitectura é célebre, sendo reconhecidos os benefícios ecológicos que apresenta assim como a sua plena integração na paisagem. Em diversos países procura-se restaurar este património, aplicando novas tecnologias entretanto surgidas (Dunnett, 2004).



Figura 2.1.15. 419 Lafayette Street.
Manhattan. Estados Unidos

Autor:Hurt, 2003

2.1.3. Pioneiros dos Telhados Verdes

A utilização dos tradicionais telhados herbáceos, como parte da envolvente do edifício, começou a declinar em meados do séc. XIX, principalmente devido à introdução de materiais mais eficazes, como coberturas com tábuas de madeira, azulejos, telhas de madeira e, mais tarde, as camadas de betume (Emilsson, 2003).

Embora muito citados hoje, os exemplos vernaculares dos países do Norte da Europa e os estudos de Rüber não despoletaram um movimento alemão de telhados verdes. Houve telhados verdes casuais na Alemanha que levantaram a curiosidade de alguns investigadores. Estes telhados construídos por volta de 1900, consistiam em construções de madeira com placas de alcatrão sobrepostas. Para prevenir dos incêndios, a placa de alcatrão era coberta por uma fina capa de areia e cascalho. Através dos anos, esta fina camada, atraiu uma capa de vegetação espontânea.

Segundo Werthemann (2007), Reinhard Bornkamm, botânico de Gottingen, tinha uma vista da sua oficina destes telhados herbáceos, imagem que viria a inspira-lo como tópico para o seu próximo estudo. Em 1957 publicou um documento com uma análise botânica de trinta e sete telhados vegetais que descobriu na região. Naquele tempo, Bornkamm estava sobretudo curioso nos aspectos botânicos dessas comunidades de plantas, vindo mais tarde a reconhecer a importância dos seus estudos para os novos telhados com vegetação. Em 1975, Bornkamm chegou a ser um dos pioneiros do desenho dos telhados verdes, colocando e plantando sempre finas camadas de solo sobre os telhados de cascalho, na Universidade Livre de Berlim.

Os Sonhos Do Modernismo

Quando voltamos no tempo, fica claro que a actual ideia de cobertura deserta nunca foi intencional. No início do século passado, um grupo visionário de arquitectos e projectistas sonhou com uma cidade onde as coberturas planas fossem coroadas com os jardins de cobertura.

No decorrer do século XIX, as profundas alterações surgidas nos centros urbanos, transformaram o significado que a vegetação actualmente apresenta dentro das cidades. O aumento demográfico e o forte êxodo rural que caracterizaram a época da revolução industrial deram lugar a um crescimento acelerado e não ordenado de alguns meios urbanos. As condições



Figura 2.1.16. Edifício MEC. Roberto Burle Marx. 1936. Rio de Janeiro. Brasil

Fonte: Barra, 2003

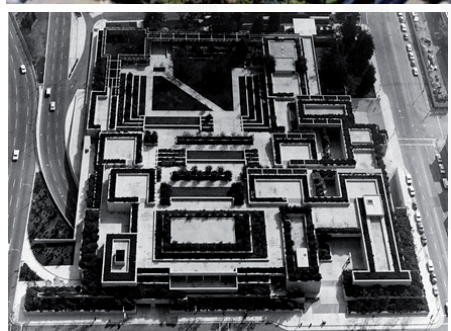


Figura 2.1.17. Oakland Museum. K. Roche, J. Dinkeloo e D. Kiley. 1969. Califórnia. Estados Unidos

Autor: Roche, 2008.

de vida tornaram-se bastante precárias do ponto de vista urbanístico, humano e ambiental. Esta deterioração da vida urbana acabou por se traduzir no desenvolvimento de teorias sociais e políticas, muitas delas direccionadas para uma requalificação e reorganização do meio urbano. A inclusão de espaços verdes era, já aí, anunciada como essencial para a melhoria da qualidade de vida nas cidades (Magalhães, 2001).

A arquitectura moderna, guiada por princípios higienistas, reagiu às condições massificadas e insanitárias do séc. XIX.

O desenvolvimento moderno dos telhados com vegetação foi estimulado pelo avanço das técnicas de construção e do betão como material de construção, o que facilitou a construção de grandes telhados planos que poderiam ser usados para a instalação de jardins (Dunnett, 2004).

O aparecimento da cobertura plana nos finais do século XIX sugeriu a ideia de construir jardins de cobertura e terraços em larga escala para abastecer a necessidade em “luz, ar e sol” (Leonardo, 1998). Em 1930, o arquitecto paisagista Harry Maasz profetizou uma metrópole onde “um homem poderá passar de um jardim de cobertura a outro que coroarão os topos das nossas cidades como luminosos e floridos paraísos” (Maasz, 1930). Le Corbusier, um dos mentores do movimento, proclamou heroicamente, em 1926, “a conquista dos telhados “. O telhado como espaço arquitectónico desperdiçado foi convertido numa laje que se estrutura e possibilita o aproveitamento do terraço como uma área livre, o teto – terraço, um dos seus cinco



Figura 2.1.18. Mosteiro La Tourette. Le Corbusier. 1960 Eveux-sur-Arbresle. Lyon. França

Fonte: Werthemann, 2007

elementos na nova arquitectura, e que seriam uma parte essencial da futura cidade. De acordo com este conceito, os telhados dos edifícios não deviam ser deixados como espaço não utilizado, devendo ser transformados em locais de relaxamento e interacção, para o benefício dos habitantes (Leonardo, 1998).

A envolvente do edifício foi concebida com os materiais de construção modernos, garantindo que os telhados pudessem assumir o papel do jardim privado. Deste modo, o objectivo destas coberturas foi bastante diferente do das casas escandinavas, assim como os custos para a sua instalação e manutenção. O uso de árvores e plantas perenes exigia grandes camadas de solo e de manutenção intensiva que, em combinação, encarecia bastante a sua construção. Estes telhados têm muito em comum com os jardins suspensos da antiga Babilónia, ou as casas antigas de Roma, que foram concebidos para a recreação e como uma demonstração de poder e riqueza (Osmundson, 1999).

Protótipos de telhados habitáveis foram construídos ao nível urbano: o Weissenhofsiedlung em Estugarda (1927), as áreas residenciais da nova Frankfurt de Ernst May (1927) e o Centro Rockefeller em Nova York (1930). O prédio do Ministério da Educação e Cultura (MEC) no Rio de Janeiro (1936), marco inaugural do modernismo brasileiro, com um jardim sobre o teto da sala de exposições projectado por Roberto Burle Marx, o qual integrou a equipa de arquitectos apadrinhada por Le Corbusier, o promotor da ideia. Neste projecto, tanto os jardins ao nível do solo como os elevados nasceram juntos com o projecto da edificação, permitindo que ambos mantivessem uma mesma linguagem formal e dialogassem com a arquitectura de forma uníssona, alcançando uma solução em que é impossível dissociar um elemento do outro (Barra, 2003). A evolução das coberturas com vegetação levou à concepção da primeira combinação praça / garagem subterrânea, o Union Square, em San Francisco, Califórnia, no início de 1940 (Osmundson, 1999).

Em 1960, todas as coberturas planas e inclinadas do mosteiro Sainte Marie de La Tourette (Fig. 2.1.18.) são cobertas com uma fina camada (quatro centímetros) de solo. As áreas de acesso estão situadas ao longo do anel externo e são projectados para passear e meditar. As gramíneas do deambulatório, as duas capelas e a sacristia são puros telhados verdes, inacessíveis e apenas visíveis a partir de cima. Em La Tourette, a discussão actual sobre a promoção da biodiversidade nos telhados vegetados lança uma nova luz sobre a obra histórica de um ícone modernista. Corbusier utilizava tipicamente os solos encontrados no local e colocava-os sem tratamento hortícola



Figura 2.1.19
Banco Safra.
Roberto Burle Marx.
1988.
São Paulo. Brasil
Fonte: Barra, 2003

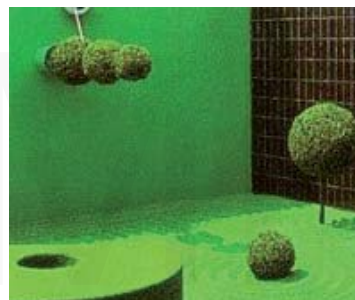
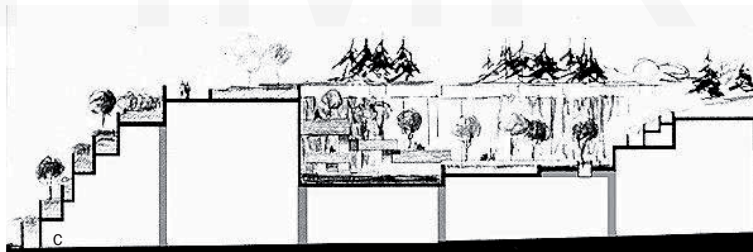


Figura 2.1.20
Splice Garden..
Martha Schwartz.
1986.
Cambridge.
Massachusetts.
Estados Unidos
Fonte: Barra, 2003



Figura 2.1.21. a / c Freeway Park.
Lawrence Halprin. 1976
Seattle. Estados Unidos
Fonte: GreatBuildings



directamente sobre o telhado – com base numa colonização espontânea de plantas. Já em 1923 ele completou uma casa para os seus pais com um telhado de terra de dez centímetros de profundidade, a Petite Maison, a qual pode ser vista como um exemplo precoce de uma mistura entre um jardim e um telhado verde. O mosteiro, terminado quarenta anos depois, tem telhados verdes, tanto inacessível como acessível, onde Le Corbusier dominou a integração sem precedentes da tecnologia do telhado verde. Infelizmente os exemplos de telhados verdes de Le Corbusier não encontram caminho no vocabulário de então na arquitectura moderna. Apesar de terraços e jardins serem construídos por muitos arquitectos, os telhados de terra de Le Corbusier não foram copiados (Matínez, 2005; Werthemann, 2007).



Figura 2.1.22. Waldspirale.
Hundertwasser.1998. Darmstadt
Fonte: Hundertwasser, 2008

Muitos outros projectos de espaços projectados por arquitectos paisagistas foram desenvolvidos em paralelo ao projecto arquitectónico, sendo uma das simbioses modernas mais perfeitas o caso do Oakland Museum, que Kevin Roche e John Dinkeloo elaboraram em 1969 em equipa com o arquitecto paisagista Dan Kiley. Nesta obra, não é possível identificar onde termina a arquitectura e começa o paisagismo, uma vez que todo o teto do museu, que ocupa um quarteirão completo, foi concebido como uma grande praça, onde foram instalados relvados sobre coberturas rebaixadas e árvores de grande porte, em floreiras profundas (Barra, 2003).

Segundo Werthemann (2007), nos 50 anos seguintes, os arquitectos integraram os telhados habitacionais e os terraços nos seus projectos. Um pequeno número de

coberturas com vegetação foram construídas e muitas estruturas residenciais foram desenhadas com terraços. O telhado habitacional ganhou um lugar firme no vocabulário diário dos profissionais e os arquitectos paisagistas aprenderam a lidar com as “restritas” condições estruturais. Contudo, actualmente nos Estados Unidos a maior parte dos terraços está deserto.

Em projectos como o MEC ou o Oakland Museum (Figs. 2.1.16. e 2.1.17.), foi natural que as intenções dos arquitectos paisagistas tivessem sido levadas em conta pelos projectistas porque as estruturas das edificações foram dimensionadas para suportar o peso de grandes volumes de terra (Tabacow, 2004). Porém, em situações em que a carga do jardim não foi considerada, o arquitecto paisagista teve que procurar soluções onde a vegetação não predominasse na composição, sendo disso exemplos o Banco Safra em São Paulo, obra de Roberto Burle Marx (1988) (Fig. 2.1.19.) ou a vegetação inexistente no projecto Splice Garden, no Whitehead Institute for Biomedical Research, de Martha Schwartz (1986) (Fig. 2.1.20.).

Na escala urbana, algumas soluções foram implantadas com o fim de equipar espaços áridos e conflituosos das cidades em espaços agradáveis ao ar livre. São exemplos a intervenção de Lawrence Halprin, o Freeway Park em Seattle (1976) (Figs. 2.1.21. a / c), onde uma grande laje – praça cobre uma intersecção de vias rápidas, e o Vale do Anhagabaú, em São Paulo, planeado em 1980 com o mesmo conceito, por Rosa Grena Kliass e Jamil Kfoury, e executado em 1992.

Nas décadas 1970 e 1980, inúmeras experiências foram realizadas com a utilização da vegetação sobre coberturas. Um dos maiores defensores da total integração entre a natureza e o objecto construído foi o visionário, pintor, escultor, arquitecto e ecologista austríaco Friedensreich Hundertwasser, sendo o complexo residencial por ele projectado em Darmstadt, na Alemanha, testemunho dessa filosofia (Fig. 2.1.22.).

Vários factores terão contribuído para esta realidade. O mais relevante foi e é a considerável despesa adicional com um jardim de cobertura, não só pelo custo total do jardim mas também o custo adicional no reforço da estrutura para suportar o jardim, uma vez que grande parte das construções não estão preparadas para as necessidades dos jardins de cobertura, como os edifícios industriais, comerciais, armazéns e áreas residenciais, e uma despesa suplementar para a manutenção do jardim que normalmente não é colocada. Os problemas de ordem técnica, nomeadamente de controlo de infiltração, também contribuíram, sendo que os primeiros jardins de cobertura criaram uma aura de suspeita e temor – prejuízos que subsistem até aos dias de hoje (Dunnett, 2004; Werthemann, 2007). Estas causas, entre outras, terão travado a implementação em maior escala de espaços desta natureza.

A crise energética de 1973 fez despontar o interesse da opinião pública para os problemas de ordem ambiental e energética. Consequentemente, o interesse pelos espaços sobre cobertura tem um novo impulso. O reconhecimento dos benefícios da vegetação dentro dos centros urbanos ganha novo alento, com particular relevo para as superfícies com vegetação localizadas sobre os edifícios. Com efeito, não só a área disponível para a implantação de vegetação nas cidades aumentaria consideravelmente, como seria possível desfrutar das vantagens relacionadas com a conservação de energia e protecção da cobertura dos próprios edifícios (Barret, 1988).

Apenas na década de 80 seria estabelecida uma relação entre a arquitectura e as crescentes preocupações ambientais e ecológicas (Portoghesi, 1982). Tomar o “moderno” não como algo oposto e a rejeitar, mas sim como uma herança preciosa a assumir, embora integrada nos novos conceitos emergentes, introduzindo a necessidade da importância da natureza, da importância do local e da cultura locais, assumindo a importância e influência do vernáculo e uma dimensão mais humana e menos consumista da arquitectura e da sociedade (Frampton, 2003).

“A arquitectura, que pretendia criar um «espírito» e uma sociedade novos, vê-se de repente confrontada com o facto de ser a construção de edifícios a indústria que é, em maior medida, responsável pelo esgotamento do planeta, sendo também a que provoca uma maior contaminação. [...]”. O relatório «Handbook of Sustainable Building», de 1996, refere que 40% dos gastos de energia são utilizados na construção e 40% da poluição resulta da indústria de construção. Assim, a arquitectura, que no início do século se pretendia e apresentava como solução – arquitectura ou revolução, dizia Le Corbusier – vê-se, no final do século, como parte integrante do próprio problema. (Rodrigues, 2006). “A humanidade apercebeu-se da esgotabilidade e da limitação dos recursos tendo-se hoje tornado demasiado óbvio que o mito do “desenvolvimento infinito” se desmoronou” (Portoghesi, 1982).

Há 30 anos, a vista desoladora das coberturas planas fez surgir um movimento na Alemanha. Foram testados métodos onde a tradicional gravilha / cascalho colocada nos telhados foi substituída por uma fina camada de 8 a 15 centímetros de substrato. O baixo peso do substrato não obrigou ao reforço estrutural das coberturas planas existentes, com a redução substancial de custos. Também descobriram que o modelo mínimo de vegetação na cobertura proporcionava benefícios ambientais similares aos dos jardins de cobertura. A fina camada retinha e limpava a água da chuva, arrefecia e humidificava o ar envolvente, filtrava o pó, reduzia os níveis de ruído, isolava do calor, fornecia habitat para a fauna e flora e prolongava a expectativa de vida da cobertura plana. Esta tecnologia foi aplicada como ferramenta contra os muitos problemas do excesso de população nas cidades como sejam, o grande consumo energético, a poluição do ar e da água e as cheias.

Desde 1948 que existe, nos Estados Unidos, um movimento crescente na instalação de coberturas com vegetação, no qual está presente a Sociedade Americana de Arquitectos Paisagistas (ASLA).

A Sociedade de Investigação, Construção e Desenvolvimento da Paisagem (FLL)

Contemporaneamente, em 1975, foi fundada uma influente sociedade de investigação alemã para a construção e desenvolvimento da paisagem, a Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL). Em 1978, uma subcomissão “tecnologia da vegetação para espaços verdes de áreas residenciais” foi criada com o propósito de examinar a vegetação no topo das coberturas (Liesecke, 2005).

Um grupo de técnicos que incluía agrónomos, arquitectos paisagistas, técnicos de

jardinagem, investigadores, discutiu os aspectos técnicos de “roof-greening”. Embora os jardins de cobertura dominassem no início, o grupo começou a discutir conceitos sobre os telhados verdes influenciados pelos estudos de Bornkamm e por exemplos na Suíça. Os alemães patentearam a nova tecnologia como “roof-greening” extensivos versus “roof-greening” intensivos, associados a jardins de cobertura. O termo, intensivo e extensivo, descreve o grau de manutenção necessário para um sistema de cultivo específico e o seu nível de sustentabilidade. Os telhados verdes são considerados extensivos porque requerem somente uma pequena manutenção e são auto-regeneradores (Werthemann, 2007; FLL, 2008).

Desde o princípio que a FLL não só promoveu os telhados verdes como uma solução estética para as vastas áreas de cascalho sobre cobertura planas como também considerou os seus benefícios ecológicos. Hans-Joachim Liesecke, um professor de mérito da área da fitotécnia e um dos fundadores da subcomissão, escreveu em 1975: “[...] há razões tanto estéticas como microclimáticas que justificam a construção de jardins extensivos de baixa manutenção em áreas de telhados de cascalho não utilizadas [...] “. Maior conhecimento sobre as funções ecológicas dos telhados verdes foi alcançado durante os anos através de programas de investigação em universidades alemãs e pelas experiências dos profissionais do ramo. No departamento da Universidade de Kassel, o professor Peter Latz, iniciou um dos primeiros programas de investigação de telhados verdes no início dos anos 80, promovendo a utilização dos substratos modernos empregues na actualidade para os telhados verdes, com alto teor em minerais e baixo conteúdo em matéria orgânica.

Em 1982, a FLL publicou as orientações para a instalação de telhados verdes, documento onde constam os argumentos básicos, urbanos e ecológicos, que se utilizam hoje em dia (FLL, 2008). As orientações abrangem a concepção (Fig. 2.1.23.), a construção e a manutenção com informações detalhadas sobre a retenção das águas pluviais, os requisitos do substrato de plantação, as condições de drenagem da camada e instruções sobre como membranas e barreiras à prova de raiz são testadas.

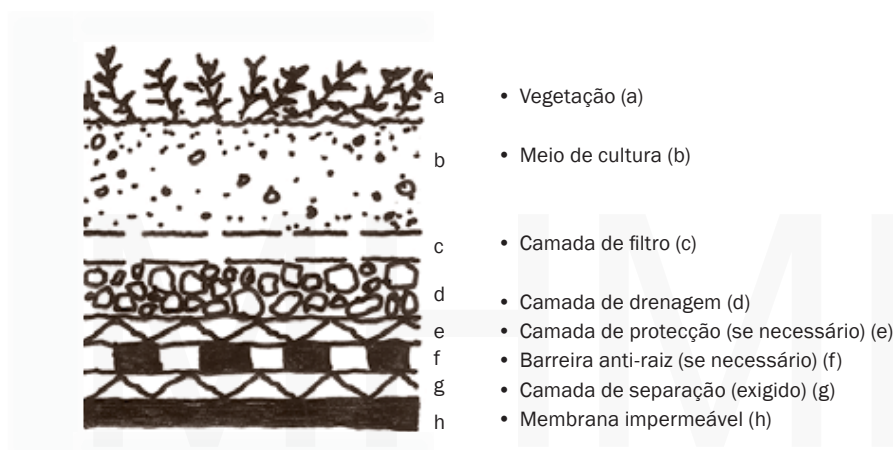


Figura 2.1.23. Esquema representativo das componentes da cobertura com vegetação

Fonte: Adaptado de FLL, 2002

A Revolução Verde

Os primórdios dos telhados verdes na Alemanha tiveram origem nas “profissões verdes”: horticultores, botânicos e arquitectos paisagistas. Contudo, o trabalho pioneiro de um pequeno grupo de investigadores não explica o sucesso tão grande e a proliferação de telhados verdes nos países de influência germânica na Europa. As primeiras tentativas para construir os telhados verdes não se transformaram em aplicações generalizadas (como é exemplo o que ocorreu com Eduard Rüber), mas os resultados dos pioneiros do telhado verde da década de setenta foi impulsionada por uma força social muito forte, a ascensão do movimento ambiental. (Werthemann, 2007).

No final dos anos 60, a arquitectura moderna foi violentamente rejeitada pela maior parte da população alemã. Esta rejeição advinha de uma cultura que tinha as suas raízes na revolução de 68 e que foi alimentada por uma mistura explosiva de nostalgia e frustração ambiental.

Em 1984, a exposição “Grün kapput” (Sem Verde) viajou por toda a Alemanha, transmitindo uma imagem explícita da degradação sobre o ambiente causada pela arquitectura moderna, a perda massiva de árvores, o desaparecimento da arquitectura tradicional e a aplicação, pouco inteligente, de materiais de construção como o PVC (Policloreto de Vinilo), o alumínio e o betão. As críticas estavam mais baseadas em aspectos técnicos que ecológicos, com o betão transformado em símbolo de tudo o que era mau. O betão e o verde eram os opostos, o betão tinha de ser substituído pelo verde. Somado ao descontentamento estético, chegou a sensibilização contra os excessos ambientais negativos. O movimento ecológico cresceu nos anos 80 com uma força ampla e influente. “Volta a natureza” foi o slogan essencial da anti-técnica dessa exposição. A festa verde alemã encontrou o seu caminho no parlamento e deixou um impacto duradouro na política pública.

Neste ambiente, os telhados “nus” tinham que ser camuflados, sendo cobertos como as restantes construções, com uma “pele verde”. No início, o despoletar na Alemanha para este movimento de coberturas com vegetação não foi somente na perspectiva de benefícios ecológicos senão resultado do profundo descontentamento estético com o *status quo* do ambiente construído. Muito diferente das origens do movimento moderno, a revolução “verde” nasce do movimento dos activistas ambientais e da sociedade civil.

O movimento dos telhados verdes dos anos 30 tratava sobre a emancipação do homem, o movimento ecologista dos anos 80 tratava sobre a emancipação da natureza: uma nova “conquista do telhado” pelas plantas e os animais.

Em resumo, os movimentos ambientalistas desenvolveram com dureza as sensibilidades para a ecologia e a estética do ambiente construído, sendo pioneiros pela investigação dos telhados verdes no séc. XX (Werthemann, 2007).

2.1.4. Desenvolvimento da Indústria e Subprodutos

Através dos anos, a discussão e investigação na Alemanha começou a destacar as qualidades ambientais face às estéticas dos telhados verdes. Os municípios alemães perceberam que a aplicação de vegetação nas coberturas em sistema extensivo, permitia uma melhor gestão da água da chuva, das cheias e dos esgotos. Nos anos 80, cidades como Estugarda, implantada num vale pronunciado em cima de uma reserva de água, começou a aplicar esta nova tecnologia, particularmente para reduzir as temperaturas atmosféricas e a poluição das águas de escorrência. No séc. XXI, quarenta municípios alemães têm regulamentos que incentivam a construção de coberturas com vegetação, e leis federais estatais subsidiam para a sua utilização.

Este apoio motivou a criação de uma indústria com a sua própria pesquisa. Os projectos de construção foram uma fonte para o desenvolvimento da tecnologia a empregar. As fábricas responderam às necessidades especiais e aos pedidos dos seus clientes. Os primeiros trabalhos consistiram em testar materiais e sistemas de vegetação.

Num processo longo de 30 anos, o desenvolvimento alemão das coberturas com vegetação finalmente chegou a um nível técnico elevado, de confiança, ligeiro e acessível (FLL, 2008).

As linhas mestras da FLL foram continuamente actualizadas e, actualmente, são um guia para a correcta aplicação das coberturas com vegetação, tendo sido adoptadas por diferentes países. O crescimento da indústria foi cerca de 400 milhões de euros por ano, correspondendo 7% à indústria alemã (FLL, 2008). Embora os números variem amplamente, estima-se que na Alemanha existam um total de 80 km² de coberturas com vegetação e que o crescimento por ano seja de 8 km (Hämmerle, 2005). Embora existam muitas técnicas para a instalação destas coberturas, constata-se que existe um factor comum aos vários sistemas, o volume principal de uma fina camada de substrato mineral (6 a 12 centímetros) e a espécie mais plantada, o sedum.



Figuras 2.1.25. e 2.1.26. *Sedum spp*
Fonte: GRHC

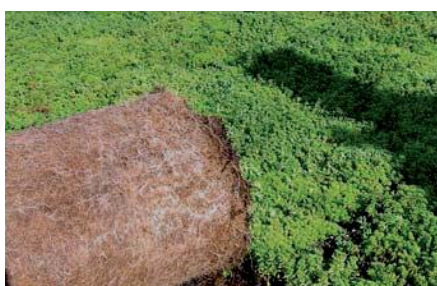


Figura 2.1.24. Tapete de *Sedum spp*
Fonte: GRHC

Sedum – o motor da indústria

Trinta anos de desenvolvimento culminaram no domínio de uma espécie, sendo comum equiparar o sedum a uma cobertura com vegetação. Porque que é que o sedum teve tanto êxito? Um exame ao género é relevante. O sedum ocorre naturalmente em locais que suportam condições de climas e geologia similares às das coberturas planas. Há mais de 500 espécies diferentes de sedum que crescem sobre uma grande amplitude de solos, desde calcários, rocha vulcânica, argilosos, rocha nua e de seixos, principalmente no hemisfério norte. A sua estrutura permite sobreviver em climas secos. Tem cutículas espessas, células pequenas, um volume pequeno de espaço intersticial, grandes vacuolos para armazenamento de água, estomas protegidos e um sistema de raízes mínimo. Cerca de 90% do volume da planta é para armazenar água (Stephenson, 1999).

As folhas destacadas enraízam e crescem rapidamente. Requerem um mínimo de manutenção, têm um crescimento ordenado e na plantação por folha, não é preciso cavar. Estas características aliadas à resistência ao stress, à auto-propagação e custos de instalação, justificam o uso abusivo destas plantas como material de eleição nas coberturas com vegetação extensivas. O emprego de tapetes de sedum, na Alemanha, é visto como o método actual mais completo e económico.

Sedum – Peça de bioengenharia

Na construção típica das coberturas com vegetação, as camadas comuns consistem em: um meio de cultivo que proporciona nutrientes e suporte estrutural para as plantas, um tecido filtrante que protege o arrastamento do meio de cultivo, uma camada drenante (por vezes “retentora”), uma camada de protecção impermeável para evitar uma perfuração (também pode ser isoladora), e uma camada de tela anti-raízes.

Se compararmos uma secção de um telhado verde genérico com uma secção da folha do sedum, observam-se semelhanças na aparência (ambas têm impermeabilizadores, camadas isoladoras, células de armazenamento, aberturas e filtros). Ambos mostram funções sofisticadas sob diferentes condições climáticas e sazonais. O sedum, com o seu sofisticado metabolismo executa “tarefas” muito mais complicadas que os materiais do telhado, mas os dois juntos criam a fusão entre a evolução e engenharia. Juntos, “constroem uma pele viva” com características funcionais específicas que é o habitat artificial aperfeiçoado de uma cobertura – da classe de exemplo perfeito da arte moderna da bioengenharia (Werthemann, 2007). Como este autor refere, imaginar que as coberturas com vegetação não existissem e fosse pedido a um engenheiro para inventar uma nova cobertura, ficaria surpreendido com as especificações de desempenho a contemplar:

- desenvolver um novo material para a cobertura, leve (0.5 - 0.9Kg/m²);
- acessível (0.5 - 1.0€/ m²); à prova de fogo;
- aumente a vida útil da cobertura;
- filtre / fixe as poeiras atmosféricas;
- transforme o dióxido de carbono em oxigénio;
- armazene a água das chuvas (50%);
- modere a temperatura ambiente;
- amortença o ruído (3dB)¹⁰;
- manutenção mínima (duas vezes por ano).

O esplendor da cobertura com vegetação é um êxito da bioengenharia mas também revela como foi conseguido criar uma superfície tecnológica tão controlada sobre o mundo vegetal. As coberturas com vegetação são desenhadas para resistir a mudanças. São superfícies tecnicamente quantificáveis, mantidas segundo as regras impostas pela FLL. Os Arquitectos Paisagistas alemães têm que assinar uma garantia de 30 anos dos seus projectos de coberturas com vegetação, preferindo escolher sistemas em que confiam, sendo exemplo o pleno reconhecimento do sistema de telhado de sedum, produzido industrialmente de forma standard.

A ênfase da funcionalidade indica que as coberturas com vegetação estão longe de serem jardins e são vistas mais como paisagens produtivas. Por definição, as paisagens produtivas têm que ter uma utilidade e não são desenhadas para provocar emoções como fazem os jardins ou os parques. As coberturas com vegetação, ao ter que armazenar uma certa quantidade de água não são muito diferentes dos vinhedos que têm que produzir uma certa quantidade de uvas ou dos relvados desportivos que têm que suportar um certo número de jogos por ano.

2.2. Benefícios das Coberturas Com Vegetação

Neste sub-capítulo são analisados alguns dos parâmetros que determinam a qualidade ambiental do meio urbano e identificadas as principais causas da sua degradação. Confrontando esta realidade, são apresentados alguns dos benefícios associados à implementação de espaços verdes na cidade, fazendo especial destaque às mais valias da instalação de uma cobertura com vegetação, não descurando outros benefícios igualmente importantes, assim como preocupações que se deve ter na sua construção.

Os principais benefícios estão agrupados em cinco itens, a qualidade ambiental, do ar, a retenção das águas pluviais, pequena fauna e os parâmetros de ordem técnica (e económica). Com esta abordagem, pretende-se justificar a presença de vegetação como moderadora dos impactos negativos que diminuem a qualidade do ambiente urbano e, de um modo geral, revelar a sua contribuição para a melhoria da qualidade de vida nas cidades.

10 dB – decibel (medida da razão entre duas quantidades, usado para uma grande variedade de medições em acústica, física e electrónica. O decibel é empregue na medida da intensidade dos sons).

2.2.1. Qualidade Ambiental

O crescimento não ordenado das zonas urbanas, desencadeado pela revolução industrial, afectou negativamente a qualidade ambiental urbana, dando origem à formulação de teorias e políticas que inspiraram muito planeadores urbanos na concepção de modelos de organização urbana. Em todos eles é patente a procura da reconciliação da cidade com a natureza, da qual se vinha progressivamente afastando, de forma a melhorar a qualidade de vida nas cidades (Magalhães, 1996).

O crescimento acelerado da população urbana é um fenómeno de incontestável importância e com tendência a intensificar-se, sendo a cidade o «habitat humano» por excelência (ONCHS, 2009,). A pressão urbana sobre o território conduz a uma necessidade de espaço claramente superior à oferta, que se reflecte em grande parte num uso devido do território e, conseqüentemente, na falta de qualidade ambiental. Esta carência de qualidade ambiental é objecto de análise neste sub-capítulo, sendo focada na perspectiva de alguns dos parâmetros característicos do meio urbano: o clima, a qualidade do ar, o vento e o regime hídrico.

Clima urbano versus clima rural

Os aglomerados urbanos apresentam condições climáticas distintas das áreas rurais adjacentes. As principais diferenças são patentes nas variáveis climáticas: temperatura, humidade e velocidade do vento (Lowry, 1969).

A temperatura é a variável climática chave no contraste entre o meio urbano e o rural. As cidades são, em média, mais quentes 1 a 4°C do que a área envolvente, podendo a diferença entre o centro e os arredores atingir 6 a 8°C. Este fenómeno é denominado por “ilha de calor urbano” (ICU) (Fig. 2.2.1.), e tem vindo a intensificar desde o século passado (Banting, 2005).

A designação “ilha” é dada ao aquecimento no espaço urbano devido ao perfil da temperatura do ar próximo da superfície das cidades e seus arredores rurais se assemelhar a uma ilha, como resultado das mudanças no equilíbrio natural de água e energia no meio urbano. A maior característica de uma ilha de calor no meio urbano é o declive (“cliff”), ou a subida acentuada da temperatura, perto da fronteira rural / suburbana. A ilha de calor urbano tem um patamar (“plateau”), onde a temperatura é relativamente constante ao longo de parques, residências, e de

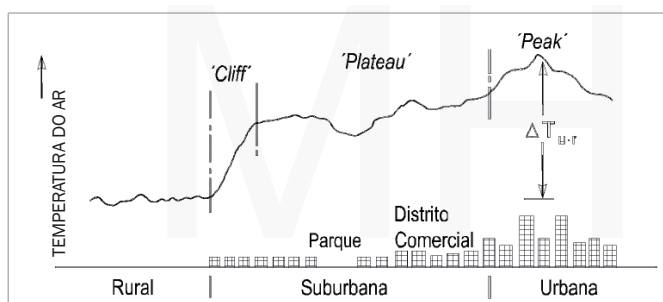


Figura 2.2.1. Secção transversal, generalizada, de uma “ilha de calor” no meio urbano

Fonte: Adaptado de Banting, 2005

menor escala, distritos comerciais. Atinge um valor máximo (“peak”), que ocorre no centro da cidade. A diferença entre o valor máximo da temperatura e a temperatura basal rural é conhecida como a intensidade da ilha de calor (Banting, 2005). Sobre grandes áreas metropolitanas seria provável encontrar vários planaltos e picos porque compreendem um mosaico de áreas mais quentes (por exemplo, bairros de grande densidade de construção e tráfego intenso) e de outras mais frescas (como os espaços verdes e os planos de água), podendo originar diferentes tipos de ilhas de calor. (Oke, 1995; Peck, 1999).

O efeito de ICU descreve o excesso de calor das zonas urbanas em relação ao seu entorno não urbanizado e tem implicações de várias ordens, das quais são consideradas como mais relevantes, os efeitos na poluição atmosférica e nos climas internos dos edifícios. No que respeita à poluição atmosférica, e conforme será apresentado no sub-capítulo 2.2.2., os gases com efeito de estufa (GEE), aumentam a produção com o aumento das temperaturas, i.e., a produção de GEE é maior nas cidades onde o efeito de ICU ocorre. Em relação ao clima interno dos edifícios, a ocorrência de ICU vai promover o aumento das temperaturas internas dos edifícios e, implicitamente, contribuir para o aumento dos consumos em energia para o arrefecimento das construções (ar condicionado), o qual por sua vez contribui para o efeito da “ilha de calor” urbano.

O efeito da “ilha de calor” eleva as temperaturas nos centros das cidades, durante o verão, podendo aumentar o risco de doenças e / ou a mortalidade (Fig. 2.2.2.).

Segundo Peck (1999) e Banting (2005), são vários os factores que contribuem para o aumento da temperatura nas cidades. No ambiente urbano construído, os materiais inertes tomam o lugar do revestimento vegetal característico das áreas rurais. Estes materiais caracterizam-se, termicamente, por uma baixa reflexão, uma elevada absorção e armazenamento da radiação sob a forma de calor. No meio rural, uma porção significativa da energia solar é empregue na evaporação da água da vegetação e do solo. Esta energia, denominada de calor latente de evaporação, é utilizada na

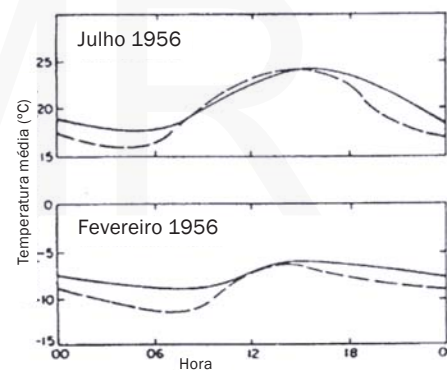


Figura 2.2.2. Registo de temperatura em duas estações distintas em Viena, ao longo de dois meses representativos, Verão e Inverno:

- meio rural — — —
- meio urbano ———

Fonte: Adaptado de Banting, 2005

passagem da água do estado líquido ao estado gasoso.

A elevada percentagem de superfícies inertes e impermeabilizadas presentes nas cidades, contribui para uma drenagem rápida das águas de escoamento superficial. Como consequência, apresentam uma diminuição dos efeitos refrigerantes provocados pela evapotranspiração e evaporação. Pela mesma razão, também a percentagem de humidade é reduzida, segundo Magalhães (1992) em 4 a 8%.

A urbanização provoca modificações de superfície e atmosféricas que conduzem geralmente a um clima térmico urbano mais quente do que as zonas rurais circundantes, particularmente à noite. Durante este período, o calor armazenado pelas superfícies, é libertado lentamente. Os edifícios altos retardam o arrefecimento porque são um obstáculo à perda de calor para a atmosfera. De manhã, uma grande parte da energia solar recebida nas áreas rurais é gasta como calor latente de evaporação. A meio do dia, a diferença de temperatura entre a cidade e os arredores é mínima, podendo até a situação ser invertida. Contudo, a cidade voltará, de novo, a ser mais quente a meio da tarde (Peck, 1999).

Outro factor responsável pelo aumento dos valores da temperatura nas cidades é a grande produção de energia secundária, resultado das actividades industriais e domésticas e do tráfego, que geram emissões de calor não negligenciáveis (Banting, 2005).

Zonas verdes na cidade e a implementação de CcV

A vegetação desempenha um importante papel na moderação do clima urbano, nomeadamente pela regulação do estado higrométrico e da temperatura do ar.

Segundo Souberer (1959), as superfícies revestidas de vegetação têm um maior poder reflector para as radiações infravermelhas do que as superfícies inertes dos edifícios e pavimentos (Fig. 2.2.3.). Por outro lado, possuem um maior poder absorvente para as radiações vermelhas, ainda portadoras de alguma energia térmica.

Grande parte da energia absorvida pelas plantas é por elas utilizada em processos fisiológicos, como seja a evapotranspiração, enquanto que nos materiais inertes, a radiação absorvida é acumulada sob a forma de calor.

No processo evaporativo há um consumo de energia com consequente diminuição da

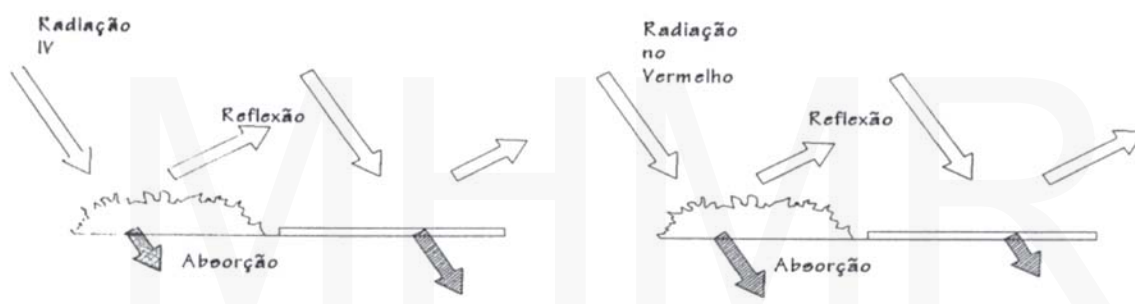


Figura 2.2.3. Ilustração esquemática do comportamento de duas superfícies distintas (vegetal e material inerte) quando sujeitas a radiações infravermelhas e do espectro vermelho
Fonte: Adaptado de Souberer, 1959

temperatura. De acordo com Bernatzky (1978), cada grama de água evapora-se com um consumo de 590 calorias o que resulta num arrefecimento da superfície evaporativa. Desta forma, durante o dia, a temperatura do ar sobre uma superfície vegetal será inferior à que é registada sobre a superfície inerte de um edifício ou de um pavimento, quando expostos ao sol.

Nos estudos deste autor, uma faixa de vegetação de 50 por 100 metros, diminui em 3,5°C a temperatura do ar sobre esta, relativamente ao centro da cidade, e aumenta a humidade relativa do ar em cerca de 5% (Fig. 2.2.4.).

O papel termoregulador da vegetação resulta tanto da diminuição da temperatura da camada de ar sobre a vegetação, como do facto de se gerar um diferencial de temperatura entre o ar sobre as superfícies cobertas de vegetação e as inertes, responsável pela ocorrência de brisas (Fig. 2.2.5.). Estas brisas substituem a massa de ar quente poluído, por ar mais fresco e limpo. As brisas de convecção contribuem para uma drenagem atmosférica mais eficiente, determinante no conforto bioclimático na cidade (Magalhães, 1996).

Num âmbito global, a utilização da vegetação em coberturas, como medida mitigadora do efeito da “ilha de calor” no meio urbano, tendo em consideração o exposto anteriormente, pode ser enquadrada e justificada no âmbito do microclima local.

Existem quatro níveis climáticos fundamentais: as zonas climáticas, o clima regional, o clima local, e o microclima. As zonas climáticas, que são caracterizadas pela sua grande amplitude e bandas geográficas, têm influência da massa da terra e das grandes massas de água. O aquecimento global, que é um problema crescente do mundo, é um exemplo de uma mudança significativa para uma zona climática. Climas regionais referem-se a variações dentro de zonas climáticas e climas locais, tais como o efeito de “ilha de calor” urbano, são subdivisões do clima regional (Peck, 1999).

Sendo as zonas climáticas, regionais e locais, climas a uma escala relativamente grande, é necessário que ocorram combinações de mudanças significativas para

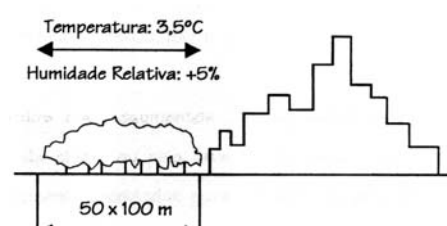


Figura nº 2.2.4. Alteração dos valores da temperatura e da humidade relativa do ar sobre uma área verde urbana de 50 por 100m

Fonte: Adaptado de Bernatzky, 1978



Figura 2.2.5. Substituição do ar quente e poluído que se concentra sobre as superfícies inertes, por ar mais fresco

Fonte: Adaptado de Bernatzky, 1978

que o clima seja afectado. Nesse sentido, microclimas, que são menores e específicos do local, são directamente influenciados pelos elementos do ou na envolvente do local. Mudando esses elementos, pode-se produzir uma mudança significativa no microclima do local. Um exemplo de um microclima é o ar logo acima de um edifício, que tem um microclima diferente do ar na base do edifício. O microclima acima de um edifício pode ser mudado, alterando certos factores. Muitos estudos têm mostrado que a temperatura do ar acima de um edifício pode ser alterada com a instalação de uma camada de solo e plantas na sua cobertura (Peck, 1999).

Os telhados verdes criam a oportunidade de aumentar a vegetação e o solo nas cidades, proporcionando uma superfície de evaporação necessária para o consumo de energia natural. Eles podem reduzir significativamente a temperatura do ar próximo da superfície, reduzindo assim os custos em energia e poluição.

2.2.2. A Qualidade do Ar

Em dezembro de 1997, mais de 160 países reuniram-se em Quioto, no Japão, para discutir o desafio da mudança climática. Estes países reconheceram a necessidade urgente de reduzir a emissão dos gases com efeito de estufa (GEE). O “efeito estufa” é o termo comumente usado para descrever a regulação natural da temperatura da Terra. Parte da energia solar que aquece a superfície da Terra e do ar circundante é irradiada de volta através da atmosfera. No entanto, alguma desta energia é absorvida pelos gases com efeito de estufa, que formam um manto protector “em torno da Terra”. Ao atrasar o retorno da radiação do calor de volta para fora da atmosfera, os GEE mantêm a Terra até temperaturas de 30°C mais elevadas do que seria de outra forma. Sem a presença de GEE, a temperatura média da superfície da Terra seria de -18°C (IPCC, 2007).

Os GEE incluem gases como o vapor de água, dióxido de carbono, ozono, metano e óxido nitroso. Enquanto os gases ocorrem naturalmente, as actividades humanas também os produzem. Por exemplo, o dióxido de carbono é emitido a partir da queima de carvão, petróleo e gás natural; o metano e o óxido nitroso são produzidos por actividades agrícolas e mudanças no uso da terra. Os níveis destes gases na atmosfera estão a aumentar a uma velocidade sem precedentes. As emissões de CO₂ são responsáveis por mais de 60% das emissões de GEE. Com as actuais taxas de emissão contínua, os níveis de CO₂ na atmosfera duplicarão ou mesmo triplicarão os níveis pré-industriais, até ao final do século XXI. O resultado deste aumento no efeito estufa é o aquecimento da superfície terrestre e temperaturas mais baixas da atmosfera. Modelos de simulação de computador prevêem que o aumento do efeito dos GEE incrementará a temperatura média da Terra de 1.4°C para 5.8°C, até ao ano 2100 (U.W., 2009).

Intuitivamente, adicionando uma camada de solo e uma camada de plantas a uma cobertura, acrescenta-se um isolamento à construção. O isolamento diminui a taxa de transferência de calor entre o interior e o exterior de um edifício. Esta taxa de transferência de calor depende da diferença de temperatura entre o interior e o ar exterior. Um edifício bem isolado irá absorver menos calor nos meses quentes de verão, e perderá menos do ar refrigerado, reduzindo assim os

custos de ar condicionado. Um estudo na Universidade de Waterloo revelou que os edifícios com CcV têm tipicamente o ar interior com temperaturas 3-4°C menores do que o ar exterior. Além de isolamento, a vegetação na cobertura dos edifícios fará perder menos temperatura no inverno, o ar interior aquecido (U.W, 2009).

As plantas também impedem a energia solar de alcançar as coberturas, fornecendo sombra. A energia solar que atinge a superfície da cobertura aquece-a, sendo ar logo acima da cobertura aquecida, por convecção. Isso aumenta a diferença de temperatura entre o interior e o exterior da construção e, portanto, aumenta a taxa de transferência de calor entre o ar interior e exterior. Por sombreamento de uma cobertura com plantas, a energia solar é impedida de chegar à superfície do edifício, em primeiro lugar. Assim, o aumento da diferença de temperatura não ocorre e a taxa de transferência de calor não aumenta.

Os telhados verdes podem ajudar a reduzir o aquecimento global de duas formas principais. A primeira é pela distribuição de biomassa adicional nas cidades. Através da fotossíntese, as plantas convertem o CO₂, água e energia solar, em oxigênio e glicose, reduzindo assim as emissões de dióxido de carbono para a atmosfera. Uma cobertura com vegetação sozinha não remove o CO₂ suficiente para ter qualquer impacto sobre o aquecimento global, mas muitas CcV e as áreas verdes (parques, jardins, e outros) podem ter um impacto importante. A segunda maneira das CcV poderem reduzir as emissões de GEE é através da diminuição da procura de ar-condicionado dos edifícios. Ao baixar a temperatura de um edifício, que pode ser feito por uma cobertura com vegetação, a utilização do ar condicionado pode diminuir (Peck, 1999).

A qualidade do ar local

As actividades industriais e domésticas em conjunto com o tráfego são também responsáveis pela baixa qualidade do ar nas cidades. Libertam gases e partículas sólidas que ficam em suspensão na atmosfera urbana, formando um escudo. Este escudo funciona como uma barreira, impedindo o calor de se dissipar, contribuindo também desta forma para o aumento da temperatura na cidade (IPCC, 2007). Por outro lado, o aumento da temperatura nestas massas de ar contaminado é responsável pela intensificação de reacções fotoquímicas entre os poluentes no ar, que originam as densas nuvens “escuras” de poluição que pairam sobre muitas das grandes urbes, conhecidas geralmente pelo termo inglês «smog». Por exemplo, em Los Angeles (Fig. 2.2.6.) o aumento por cada grau Fahrenheit ¹¹ de temperatura acima dos 70°F (cerca de 21°C), corresponde

11 1°F corresponde sensivelmente a 0,56°C

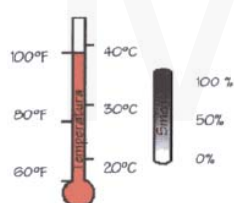


Figura 2.2.6. Probabilidade de ocorrência de «smog» para valores de temperatura superiores a 20°C, verificada em Los Angeles

Fonte: Adaptado de Liébard, 2005

a uma intensificação de smog em 3% (Liébard, 2005).

Embora seja um problema de menor escala nas cidades menores, o movimento do vento provoca a deslocação do “smog”. Especialmente nos meses quentes de verão, a poluição atmosférica pode ser um problema nas zonas rurais longe dos grandes centros urbanos. O “smog” é particularmente perigoso para os idosos e para as pessoas com problemas respiratórios e de coração. No entanto, com altos níveis de poluição atmosférica pode ser perigoso até mesmo para as pessoas mais saudáveis.

Zonas verdes na cidade e a implementação de CcV

Talvez um dos grandes interesses para as grandes cidades sejam as características comuns a todas as zonas verdes, incluindo as CcV, na promoção da qualidade do ar pela filtragem das poeiras em suspensão, na redução da concentração de CO₂ e na produção de O₂.

A aptidão para a melhoria da qualidade do ar que se respira nas cidades foi, em tempos, considerada como a maior virtude dos espaços verdes, tendo sido propagandeada pelas teorias higienistas no início do século XIX, nomeadamente pelo conceito de «pulmão verde», ou seja, a produção de oxigénio com consumo de dióxido de carbono (Magalhães, 1996).

A vegetação possui a capacidade de fixação de poeiras, ao contrário das superfícies inertes que cobrem uma elevada percentagem da superfície das cidades e sendo, por isso, consideradas por Araújo (1961), inconvenientes para a qualidade atmosférica urbana.

As poeiras em suspensão no ar urbano são retidas nos tegumentos foliares das plantas e posteriormente arrastadas para o solo pela água da chuva ou pelo orvalho. As poeiras que se depositam sobre as superfícies inertes são constantemente reenviadas para a atmosfera pelo vento ou simplesmente pelo movimento das pessoas e veículos (Araújo, 1961).

A redução do “smog” pode ocorrer de duas formas: redução (filtragem) das partículas de poeiras em suspensão, redução do dióxido de carbono e redução da temperatura ambiente. Um estudo da cidade de Toronto (Hitesh *et al*, 2005), revelava que 2.000 m² de gramíneas cortada de uma CcV podem fixar até 4.000 Kg de material particulado na sua folhagem, retirando-as do ar (Banting, 2005). Segundo a organização GRHC (2005), 16 m² de gramíneas podem remover entre 0,2 e 2 Kg de partículas e que 150 m² de área vegetal, sobre uma cobertura (área do telhado x altura da planta x área da superfície foliar e dos caules) produzem o oxigénio necessário para um ser humano, para 24 horas. Com o problema ecológico crescente da desflorestação, este é um benefício valioso das coberturas com vegetação.

O movimento das massas de ar determina a eficiência na dispersão e diluição das partículas poluentes. Por outro lado, a sua estabilização implica uma concentração dos poluentes, o que produz efeitos nocivos nos organismos vivos (Spirn, 1984).

Vento

A velocidade do vento, de um modo geral, aumenta com a altitude e diminui à medida

que nos aproximamos da cidade (Fig. 2.2.8.). O desaceleramento das massas de ar deve-se ao aumento da rugosidade da superfície (Spirn, 1984).

No entanto, no ambiente construído, o vento adquire um comportamento inconstante, variando de acordo com a dimensão e orientação dos edifícios que se opõem ao seu deslocamento. Proporciona-se, desta forma, a ocorrência frequente de situações de turbulência, junto ao solo e, noutros casos, a inibição da ventilação com conseqüente encurralamento de massas de ar quentes e poluídas que são dificilmente renovadas. O movimento das massas de ar em torno de um edifício é hoje bem conhecido (Fig.2.2.7.), tornando-se mais complexo avaliar o seu comportamento para o conjunto edificado único que constitui cada cidade (Spirn, 1984).

A vegetação arbórea e arbustiva pode actuar eficazmente na redução da velocidade do vento, com o objectivo de melhorar o conforto humano. Este factor adquire no meio urbano especial importância para o caso da vegetação sobre coberturas pois, como já referido anteriormente, a velocidade do vento aumenta em altitude ou ainda, no nível do solo, de forma a amenizar situações indesejáveis de turbulência. Segundo Araújo (1961), a velocidade do vento pode ser reduzida até cerca de 60% para distâncias até 20 vezes a altura da cortina arbórea ou arbustiva.

Uma das características das CcV que também contribui para a eficiência energética dos edifícios é o bloqueio ao vento. No inverno, o vento frio desempenha um papel crucial na redução da temperatura no interior das construções. Mesmo em edifícios hermeticamente fechados, o vento reduz a eficácia do isolamento normal. Através da protecção de um edifício ao vento frio, a necessidade de aquecimento pode ser reduzida em 25% (Peck, 1999).

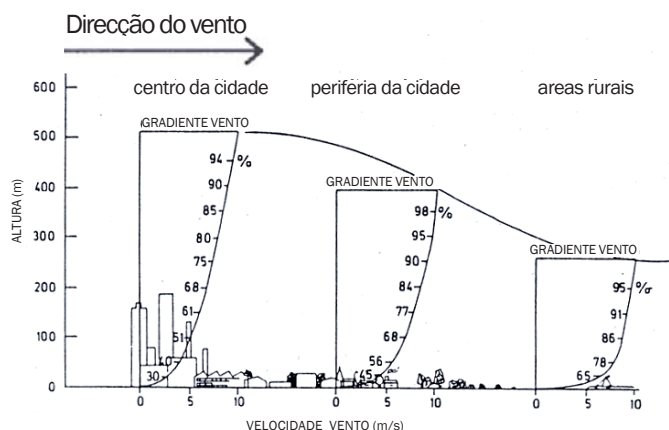


Figura 2.2.7. Comportamento das massas de ar em torno de um edifício

Fonte: Adaptado de Spirn, 1984

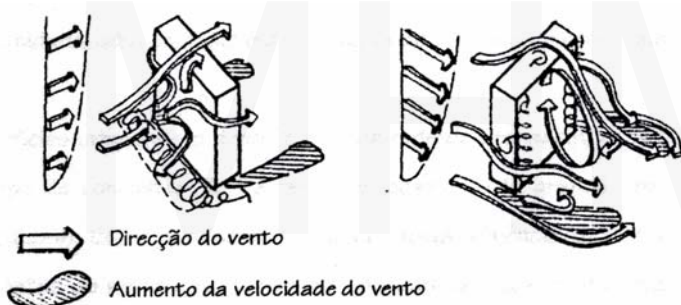


Figura 2.2.8. Diagrama representativo do efeito da rugosidade do terreno na velocidade do vento

Fonte: Adaptado de Spirn, 1984

2.2.3. Retenção de Águas Pluviais

A impermeabilização crescente das superfícies urbanas conduz a uma mudança considerável na forma e densidade da rede de drenagem natural. Esta remodelação consiste na regularização das linhas de água, recorrendo-se frequentemente a canalizações subterrâneas que são transformadas em troços da rede de drenagem de águas pluviais, contudo a densidade da rede artificial, sofre um aumento de modo a satisfazer as necessidades de escoamento das águas (Fabos, 1985).

A densificação do sistema de drenagem deve-se, por um lado, à baixa taxa de infiltração atribuída à elevada extensão de superfícies impermeabilizadas, que resulta num maior volume de água de escoamento superficial e logo, numa maior necessidade de escoar a água de modo a evitar situações de cheias. Por outro lado, a importação de água das áreas circundantes de forma a satisfazer as necessidades de abastecimento da cidade, gera um fluxo extra de água ao sistema de drenagem. Com a impermeabilização das superfícies urbanas e a densificação da rede de drenagem, aquando da ocorrência de precipitação, principalmente em regime torrencial, o tempo de concentração (T.c.)¹² é reduzido, ocasionando grandes picos de descarga de água. Estes traduzem-se numa rápida afluência de um grande volume de massas de água aos pontos de saída que, por vezes, não são capazes de dar vazão ao fluxo de água,

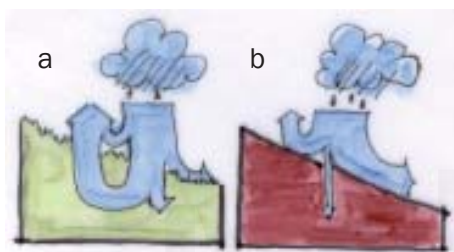
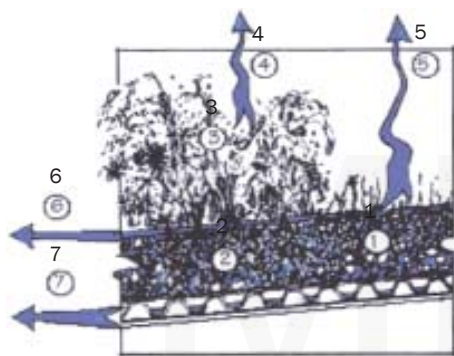


Figura 2.2.9. Retenção das águas da chuva numa cobertura com (a) e sem (b) vegetação implantada.

Fonte: Adaptado de Krupka, 1992

12 T.c. – Intervalo de tempo que demora uma gota de água a correr do ponto mais desfavorável da bacia até à saída da linha de água.



- 1 - Água retida no substrato
- 2 - Água retida na zona radicular
- 3 - Água interceptada na folhagem
- 4 - Evapotranspiração
- 5 - Evaporação
- 6 - Escoamento superficial
- 7 - Drenagem

Figura 2.2.10. Esquema representativo do comportamento da água precipitada sobre uma CcV.

Fonte: Adaptado de Diestel, 1997

verificando-se um aumento da magnitude e frequência das cheias (Fabos, 1985).

A diminuição da infiltração das águas pluviais, resultado da impermeabilização do solo, conduz a uma menor disponibilidade de água no subsolo¹³. Por outro lado, é responsável pelo aumento da poluição difusa das águas, uma vez que a água que não é submetida ao processo de filtragem pelo solo, é lançada nos sistemas de drenagem artificial que comunicam com os rios e o mar.

Zonas verdes na cidade e a implementação de CcV

Os espaços verdes reduzem o escoamento superficial, uma vez que a vegetação e o solo retêm a água mais eficazmente do que as superfícies inertes, estas últimas presentes no meio urbano em elevada percentagem e concebidas de forma a escoarem rapidamente a água que cai sobre elas, 80 a 100%. (Fig. 2.2.9.). A retenção de parte da precipitação diminui e retarda o volume de escoamento de água que flui para a rede de águas pluviais. Com a redução do volume de descarga, a rede drena mais eficazmente, reduzindo consideravelmente o risco de cheias.

O risco de ocorrência de cheias é minimizado com a implementação de coberturas com vegetação, uma vez que, parte da água que cai fica retida, reduzindo ou retardando o volume de descarga no sobrecarregado sistema de drenagem de águas pluviais da cidade, quando existe, ou o mais comum de ocorrer, descarregar no sistema de saneamento básico da cidade com as devidas implicações. Em geral, as CcV são capazes de armazenar a água de superfície. De acordo com o tipo de vegetação e de substrato, a água da chuva é retida por diferentes períodos nas camadas superiores, sendo depois uma quantidade encaminhada para o sistema de drenagem, e a outra é libertada de volta para a atmosfera através da evaporação e da evapotranspiração., contribuindo assim para reduzir a falta de humidade no meio urbano (Fig. 2.2.10.). Desta forma, o caudal de escoamento é reduzido e

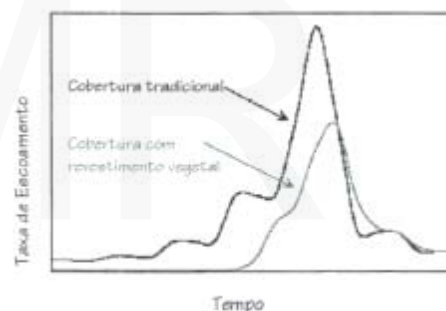


Figura 2.2.11. Diagrama comparativo do escoamento originado por uma chuvada de 24 horas, de 85mm para um telhado com cobertura convencional e outro com revestimento vegetal e um substrato de 7,5 cm de espessura.

Adaptado de Diestel, 1997

13 Nas superfícies urbanas perde-se até 90% da água da chuva, sendo esta perda reduzida para 10-15% em zonas não urbanizadas (Liébard, 2005).

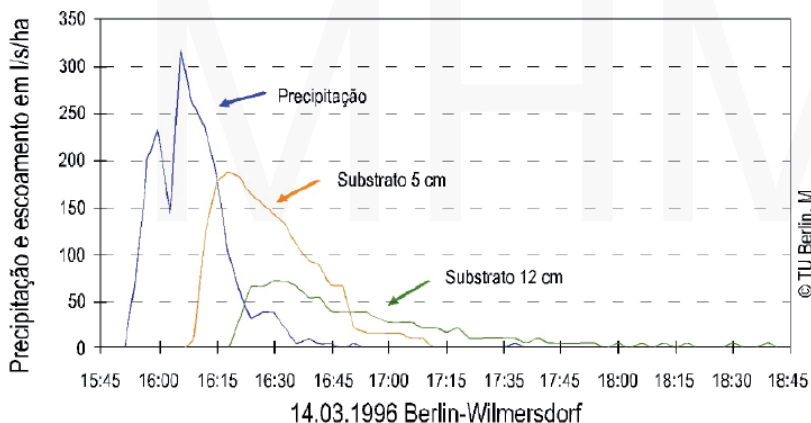


Figura 2.2.12. Comparação da redução da intensidade do escoamento gerado por uma chuva, para espessuras distintas de substrato.

Fonte: Adaptado de Diestel, 1997

o tempo de concentração aumentado, diminuindo a carga na rede de águas pluviais, permitindo que a água fluía de forma mais gradual.

Estudos efectuados em Berlim (Fig. 2.2.11) revelaram que as CcV absorvem 75% da precipitação anual, reduzindo em 25% o volume de água que se perderá para a rede de drenagem. Outras fontes apontam valores de redução do volume total anual de escoamento na ordem dos 50 a 60% (FLL, 2008).

Um volume considerável da precipitação sobre a CcV é infiltrado. A taxa de infiltração, e o volume infiltrado depende, entre outros aspectos, das características do substrato, como sejam a espessura (Fig. 2.2.12.), a capacidade de campo, ou a permeabilidade, e de estratégias de abrandamento do escoamento superficial, de forma a incentivar a infiltração, como seja a criação de texturas ou a diminuição dos declives.

As coberturas com vegetação diminuem o volume de escoamento, aumentando o tempo de concentração.

Entende-se assim que na ocorrência de pequenas precipitações, as CcV dão origem a uma pequena descarga, regressando a maior parte da água à atmosfera, por evaporação e transpiração. No caso de uma grande precipitação, a descarga originada pelo escoamento das coberturas é não só inferior, quando comparada com um telhado convencional, como também

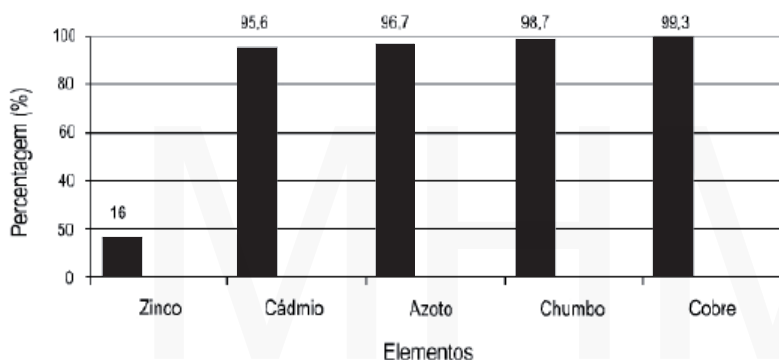


Figura 2.2.13. Percentagem de elementos retidos na vegetação sobre cobertura após precipitação.

Fonte: Adaptado de Diestel, 1997

retardada (FLL, 2008).

Outro aspecto a salientar, é a retenção de substâncias poluentes presentes na água da chuva por parte da vegetação e do solo dispostos na cobertura. Estudos experimentais em Berlim, comprovaram que a concentração em poluentes na água de escoamento das CcV é muito inferior à analisada na água da chuva (Fig. 2.2.13.) (Diestel, 1997, FLL, 2008).

2.2.4. Pequena Fauna

“The nature, which we have on our roofs, is a piece of earth that we have killed so that we could build a house on the spot.”

F. Hundertwasser



Figura 2.2.14. Pequena fauna
Fonte: Banting, 2005

As coberturas com sistema intensivo ou extensivo, podem fornecer um habitat (alimento, abrigo, água e local de procriação) para diferentes espécies, de invertebrados, abelhas, borboletas, aranhas, besouros e formigas, e vertebrados, como as aves, beneficiando de um local sujeito, de um modo geral, a menos distúrbios do que um espaço equivalente ao nível do solo. Deve-se notar que a CcV não irá substituir totalmente o habitat perdido quando um edifício é construído. No entanto, vai ajudar a reabastecer o espaço perdido e tal como a FLL (2008) alerta, ajuda a ligar “habitats fragmentados”. Alguns estudos têm mostrado que muitos animais diferentes podem usar o espaço verde no topo dos edifícios, mesmo que altos. Exemplos desta variedade são as borboletas encontradas em jardins de edifícios de 20 andares, as abelhas no 23 ° andar e os esquilos, pica-paus e gralhas azuis tão elevado como 19 andares. Para atrair as espécies locais, é importante a utilização de flora autóctone ou similar à existente na área envolvente (EEA, 2009).

As CcV funcionam como trampolins entre reservas naturais, como parques na periferia das cidades, e habitats não colonizados no centro das cidades. Também podem servir como um substituto permanente a comunidades de habitats de plantas e invertebrados. Esta última função é o que a Regra de intervenção da Lei Federal Alemã da Conservação da Natureza se esforça para alcançar.



Figura 2.2.15. Reservatório de água. Basel. Suíça.
Fonte: Werthemann,, 2007

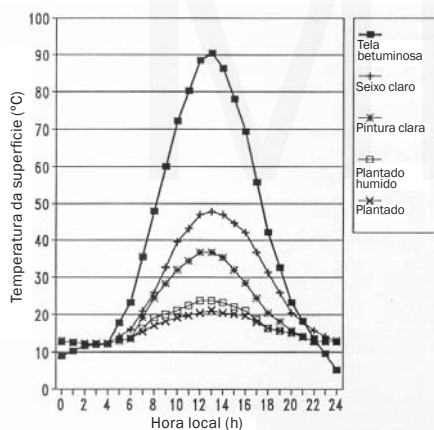


Figura 2.2.16. Evolução do gradiente de temperatura de diferentes materiais de cobertura, Munique, Alemanha.

Adaptado de Fezer, 1975

A biodiversidade pode ser incentivada através da maximização da diversidade estrutural, da variação da profundidade do solo, utilizando-se solos nativos e crescimento de espécies de plantas que servem como hospedeiros de larvas e de alimento para os insectos. Os seduns são plantas hospedeiras para uma variedade de borboletas e mariposas. Em adição à fauna, as CcV podem suportar vegetação especial. Por exemplo, três hectares de telhado verde, construído em 1914 perto de Zurique (Fig. 2.2.15.), são o lar de 10 mil orquídeas, incluindo algumas espécies raras, bem como 175 espécies de plantas nativas de zonas húmidas (Brenneisen, 2003).

É de salientar que as CcV não substituem totalmente o habitat perdido quando um edifício é construído, contudo contribuem na reposição do espaço perdido e, como a FLL alerta, ajudam a ligar “habitats fragmentados”.

2.2.5. Parâmetros de Ordem Técnica (económicos)

2.2.5.1. Vida útil da cobertura

As coberturas asseguram a protecção superior de elementos construídos. É sobre estas que os agentes atmosféricos, radiação solar e precipitação por exemplo, actuam mais directa e intensamente. Quando são coberturas de edifícios, a acção do vento também deve ser considerada (Liébard, 2005).

Segundo a FLL (2002), o estabelecimento de vegetação numa cobertura confere-lhe um importante efeito protector que se reflecte numa maior longevidade dos materiais da sua membrana, sendo admitido que a esperança de vida do revestimento de impermeabilização de uma CcV é em 40 anos superior ao de uma cobertura tradicional.

A vegetação e o substrato que se instalam sobre uma cobertura funcionam como um escudo que proporciona uma eficaz protecção contra as radiações ultravioletas. Estas radiações provocam flutuações extremas de temperatura responsáveis pela acelerada deterioração dos materiais da

membrana. A protecção estende-se também a agressões produzidas por outros meteoros, como sejam a chuva, o granizo ou o vento e como consequência da passagem de indivíduos ou da queda de objectos, seja devido a operações de manutenção ao local, que resultam frequentemente em perfurações, rasgos e outros danos físicos, particularmente quando os materiais betuminosos se encontram amolecidos pelo calor.

Os efeitos térmicos positivos de um telhado verde (Figura 2.2.16) são encontrados sobretudo na redução dos extremos da temperatura ao longo do ano. Esta figura mostra um exemplo das características da temperatura de diversos materiais de construção para superfícies de cobertura de edifício, num dia de verão com sol intenso, em Munique. Verifica-se que nos telhados com seixo e tela betuminosa, a temperatura atinge valores na ordem dos 50 - 80°C, enquanto que a temperatura num telhado verde varia entre os 20 - 25°C.

Nas noites claras de Inverno, os telhados tradicionais podem atingir os -20°C, nos países de alta latitude. A flutuação anual da temperatura corresponderá neste caso a cerca de 100°C. Nos mesmos locais mas com CcV, a temperatura no Inverno atinge valores próximos do 0°C, ou seja, os montantes de flutuação térmica anual são apenas de 30°C (Fezer, 1975).

O efeito moderador das oscilações térmicas é muito benéfico porque minimiza os danos de expansão e contracção das coberturas. Numa cobertura de cor preto (Niachou, 2001) as temperaturas podem atingir os 80°C, enquanto que numa cobertura com vegetação, no mesmo ambiente, a temperatura máxima é de 27°C. A CcV também pode proteger o telhado em condições de inverno rigoroso pela protecção da geada e formação de gelo.

O resultado combinado destes três factores é um aumento da vida útil da cobertura e dos seus componentes. A maior parte das empresas alegam que a cobertura dura pelo menos o dobro do tempo de um telhado típico. Não é só uma redução de custos para o proprietário do edifício (porque o telhado teria de ser substituído com menos frequência), mas é também benéfica para a sociedade porque vai reduzir a deposição de resíduos. Um caso de estudo realizado na cobertura de um edifício em Kensington High Street, em Londres, demonstra melhoria significativa na duração. O telhado verde foi instalado em 1938, e examinado 50 anos mais tarde, apresentou estar em pleno funcionamento. Isto pode ser comparado à expectativa de vida média de uma CcV, que é de 25-30 anos (EEA, 2009).

2.2.5.2. Valorização estética e funcional

A implantação de vegetação sobre uma cobertura pode, em muitos casos, representar um acréscimo na qualidade estética dessa cobertura. É reconhecido que a qualidade estética do meio visível que nos rodeia tem uma influência decisiva no nosso sentimento de bem-estar, reflectindo-se nas nossas atitudes para com os outros e, também, na nossa produtividade (Villiger, 1986).

Não será difícil de calcular o número de pessoas que se pode influenciar positivamente ao estabelecer vegetação sobre coberturas. Não só as que frequentam a cobertura como também as que vivem ou trabalham em edifícios vizinhos, mais elevados, às quais se oferece uma alternativa de

contemplação, mais aprazível do que a inestética vista de vastas extensões de áreas betuminosas, infelizmente cada vez mais frequentes nas cidades.

A implantação de vegetação sobre cobertura, não só permite melhorar a estética da superfície como torná-la mais funcional porque se conquista uma área que antes se encontrava desaproveitada, podendo nela serem realizadas inúmeras actividades. Pode, por exemplo, proporcionar uma área verde suplementar de lazer, ou de recreio ao ar livre, possuindo, nalguns casos, uma vista com elevada qualidade cénica.

Segundo Osmundson (1999), em Toronto, grande parte dos jardins comunitários estão instalados em coberturas, e cidades como St. Petersburg, a produção urbana de alimentos cresceu intensamente com a possibilidade de cultivar vegetais nas coberturas.

As diferentes camadas empregues numa Cobertura com Vegetação podem contribuir para a redução de ruído. É possível reduzir os níveis de ruído em qualquer lugar de 10 a 46 decibéis, com um mínimo de uma camada de solo 20 cm de profundidade. Este benefício é mais aplicável a prédios perto de estradas e aeroportos (FLL, 2008).

Uma das importantes propriedades que se atribui à vegetação é a sua capacidade de interceptar vibrações sonoras, o que permite a redução da intensidade ou mesmo a anulação de alguns dos ruídos tão frequentes nas áreas urbanas (Araújo, 1961).

3. PROJECTO DE ARQUITECTURA PAISAGISTA PARA ZONAS DE COBERTURA

Na expressão “jardins suspensos”, utilizada ocasionalmente para definir as coberturas nas quais é implantada vegetação, o termo *suspend* invoca ligações invisíveis, presas a um qualquer ponto do céu, elevando o jardim a um nível acima do solo. Embora contribuindo para o imaginário e construção de símbolos, a concretização da obra está condicionada aos imperativos técnicos da concepção e execução.

Para o êxito de uma obra, é fundamental uma boa planificação, antes de ser iniciada a sua execução. No caso de um espaço verde sobre cobertura, esta preparação prévia significa, em regra, um planeamento envolvendo profissionais com áreas de competências distintas, de modo a, conjuntamente, alcançarem soluções exequíveis e duradouras.

Qualquer acto responsável da sociedade actual está dependente não só do que se pretende mas, e também, do que pode ser feito. Um projecto de uma Cobertura com Vegetação deverá seguir esta lógica e ser o resultado destas perspectivas. Neste sentido, e segundo a FLL (2008), será aconselhável a equipa projectista ser interdisciplinar e englobar, entre outros, arquitectos, engenheiros de estruturas, arquitectos paisagistas. Serão eles que, conjuntamente, deverão determinar as condicionantes específicas do local e definir quais os objectivos pretendidos.

Neste capítulo são analisados alguns aspectos, tanto ao nível da concepção como ao nível técnico, considerados determinantes para o sucesso de instalação de vegetação sobre uma cobertura, sendo dada especial atenção ao sistema extensivo, alvo de estudo desta dissertação.

3.1. Parâmetros de Ordem Conceptual

Incluem-se nos parâmetros de ordem conceptual alguns dos aspectos que se consideram de vital importância para a delimitação do projecto de uma área verde sobre cobertura. De modo a sistematizar a sua análise, foram considerados os seguintes parâmetros: uso pretendido para a cobertura, aspectos estruturais, condições climáticas, critérios estéticos, manutenção e aspectos económicos.

As considerações acerca da concepção de uma Cobertura com Vegetação (CcV) diferem das que se formulam para um espaço verde tradicional em vários pontos, destacando-se os aspectos físicos inerentes à cobertura, tema a ser abordado posteriormente no ponto Parâmetros de Ordem Técnica.

3.1.1. Uso / Função

Numa primeira fase deve ser definido o propósito da realização deste espaço, i.e., qual o uso / função que se pretende que este desempenhe. Nesta fase é importante estabelecer diálogo

com o promotor da obra pois não se está perante um objectivo único, mas a conjugação de vários. Cabe ao arquitecto paisagista, após obter todas as informações, definir as futuras funções do espaço que, de um modo geral, podem ser múltiplas (Stifter, 1988; FLL, 2008; Weiler, 2009):

- Sociais – Utilização directa (público ou privado);
- Estéticas – Contemplanção, Enquadramento e minimização de impactos visuais;
- Construtivas – Protecção da cobertura (Vd. 2.2.5.1.),
– Isolamento sonoro (Vd. 2.2.5.2.);
- Ecológicas – Melhoria da qualidade ambiental (Vd. 2.2.1.),
– Conservação de energia (Vd. 2.2.1.),
– Criação de habitats (Vd. 2.2.4.),
– Desenvolvimento da rede urbana verde;
- Económicas – Produção de alimentos.

Das funções acima enunciadas, a primeira é a que poderá apresentar um maior número de restrições para a sua realização, sobretudo no caso da estrutura sobre a qual se pretende estabelecer a vegetação não ter sido projectada tendo em vista a realização das actividades pretendidas para a cobertura.

A implantação de vegetação, mesmo com carácter extensivo, satisfaz algumas das funções supra mencionadas. Este sistema, de um modo geral, poderá ser executado em qualquer tipo de cobertura, desde que sejam cumpridas algumas condições.

No caso específico de uso directo ou da produção de alimentos, será necessário mais que o simples facto de recobrir a cobertura com espécies vegetais (Stifter, 1988; FLL, 2008; Weiler, 2009). O uso directo exige maior reflexão do projectista porque sendo um espaço público ou privado, haverá a presença de pessoas e, conseqüentemente, torná-lo agradável e, sobretudo, seguro. Este uso envolve determinadas atenções como sejam a criação de áreas de intimidade, locais de permanência assim como zonas de sol e de sombra protegidos dos ventos. Podem ainda ser associados outros equipamentos, dependendo dos objectivos desejados (Johnston, 1991).

Para a segurança, quando a área a intervir se encontra a níveis mais elevados que o solo, será necessária uma protecção com muros, parapeitos, ou com a própria vegetação, cuja altura mínima deverá ser de um metro (FLL, 2008; Weiler, 2009).

A utilização directa de um espaço implica a interacção física das pessoas com esse espaço. Independentemente do carácter privado / público do projecto, a acessibilidade deverá ser fácil, sendo de cariz mais relevante quando o acesso é público por questões de emergência, viaturas ou outros equipamentos de combate a incêndio, ambulâncias, entre outros (Krupka, 1992).

3.1.2. Aspectos Estruturais (Condicionantes)

Qualquer projecto de arquitectura paisagista tem de satisfazer inúmeras condições inerentes

ao espaço em que se insere, às exigências do material vegetal e aos interesses e necessidades de quem o usufrui. Algumas dessas condições são comuns em todos os projectos, outras são exclusivas para cada situação.

Uma área verde em cobertura é um caso particular de um projecto de arquitectura paisagista. Nesse sentido, dever-se-á atender às especificidades que caracterizam a área a desenvolver em projecto, tornando viável a sua execução e finalidade.

A implantação de espécies vegetais sobre cobertura assenta no pressuposto da presença de um edifício como estrutura de suporte. O reconhecimento e sistematização das condicionantes inerentes são indispensáveis a um adequado planeamento.

Entre as questões mais importantes, será conveniente salientar:

- Capacidade de suporte de carga;
- Pendente;
- Dimensão e forma.

Capacidade de suporte de carga

Entende-se por capacidade de carga de uma estrutura a facultade desta em suportar as cargas que lhe são impostas. A capacidade de suporte de carga, característica particular de cada estrutura, é uma característica prioritária na concepção de um espaço sobre cobertura porque determina, restringe, as acções que poderão ocorrer sobre ela.

Dependendo das soluções preconizadas, um jardim sobre cobertura representa uma sobrecarga significativa, a qual decorre essencialmente do substrato, das espécies vegetais eleitas, além da carga adicional correspondente à retenção de água (Stifter, 1988; Krupka, 1992; FLL, 2008; Weiler, 2009).

São considerados dois tipos de cargas actuantes: permanentes e variáveis. As primeiras reportam-se aos sistemas de impermeabilização, isolamento e drenagem, ao substrato, material vegetal, pavimentos e a todas as estruturas de carácter fixo a considerar. As cargas variáveis resultam da acção de elementos não constantes, como sejam da circulação de pessoas, das máquinas empregues em trabalhos de manutenção ou durante a obra. Os efeitos das condições climáticas também são de considerar na medida em que são responsáveis pela transmissão, à cobertura, de fortes pressões, como sejam por acção do vento sobre a vegetação e componentes do sistema e pela acumulação sobre a cobertura de uma lâmina de água ou de neve.

Na concepção de um espaço verde sobre cobertura o projectista pode deparar-se com uma das seguintes situações:

- a) Proposta de reabilitação de uma cobertura sobre uma estrutura pré-existente;
- b) Projecção para uma cobertura na qual se teve em atenção, quando do cálculo de estabilidade da estrutura, providenciar um determinado valor extra de suporte de carga, tendo em vista a possível utilização da cobertura.

Na primeira, é necessário efectuar um estudo prévio de modo a avaliar a capacidade de carga, natureza e estado da estrutura que a suporta. De acordo com o uso a atribuir, devem ser averiguados os trabalhos de reforço necessários, ponderando a viabilidade da intervenção. As limitações a nível projectual fazem-se sentir com maior intensidade neste caso.

O edifício poderá, ou não, estar dimensionado para comportar pesos extra sobre a cobertura. Em caso negativo, haverá necessidade de se proceder a um reforço estrutural, com implicações nos custos globais e funcionalidade do espaço interno ou, adaptar o projecto de espaço verde, optando eventualmente por uma solução extensiva, de menores implicações no peso (Krupka, 1992; FLL, 2008).

Na bibliografia consultada sobre o tema, diferentes valores de suporte de carga são apresentados para a capacidade de suporte de uma cobertura tradicional, residindo a diferença fundamentalmente no país de origem dos dados, o que pode sugerir a existência de diferentes leis e normas que regulamentam esta matéria.

Na segunda situação, sendo a utilização de cobertura predefinida, empregam-se os valores que foram adoptados para possíveis cargas actuantes.

A capacidade de suporte de carga da cobertura não se encontra uniformemente distribuída, atingindo valores mais elevados nos locais sob os quais se situam os pilares da estrutura. Assim, será conveniente, por parte do arquitecto paisagista, ter conhecimento, além do limite de suporte de carga da estrutura, dos locais onde essa carga é superior, adaptando o desenho final do projecto às restrições existentes.

Pendente

O ângulo da superfície superior de uma cobertura pode ser definido, quando da execução por conformação da própria estrutura ou, assentando sobre essa estrutura uma camada, a camada de forma, que irá conferir à cobertura a inclinação pretendida.

A inclinação de uma cobertura é um factor determinante quanto à possibilidade de implantação de vegetação, condicionando o tipo de uso e de soluções. As coberturas podem ser classificadas, de acordo com a sua pendente, num âmbito geral, em coberturas em terraço e coberturas inclinadas, consoante apresentem um declive inferior ou superior a 5° ($\approx 8,8\%$).

Para uso directo, a cobertura deverá ser em terraço, apresentando contudo um valor de inclinação, usualmente entre 1° ($\approx 1,7\%$) e os 2° ($\approx 3,5\%$), recomendado para garantir o eficaz escoamento das águas. Em muitas soluções de terraço, quando se está perante superfícies de pequena dimensão, estas coberturas “planas” poderão atingir os 5° de inclinação, desde que a solução projectual proporcione várias plataformas, ligadas por rampas ou degraus que vençam os desníveis resultantes (Stifter, 1988).

Dimensão e Forma

A dimensão condiciona fortemente as funções do local porque espaços muito pequenos limitam o número de pessoas que aí poderão ter acesso. Também em função da dimensão, e do número de pessoas previsível e aceitável, há que determinar o número e localização de acessos (Krupka, 1992).

A constante presença de elementos de natureza técnica poderá constituir uma forte condicionante da proposta de desenho, o qual, se possível, poderá contrariar a imagem negativa e descuidada que normalmente apresentam.

A existência de desníveis na laje de cobertura poderá ser um outro factor de composição do plano, reduzindo dimensões e, eventualmente, condicionar o tipo de uso (Stifter, 1988).

3.1.3. Características Climáticas

De acordo com a utilização proposta para uma cobertura, compete ao projectista a gestão de vários parâmetros de forma a alcançar a melhor solução.

Nas coberturas, as condições de vento, de incidência de raios solares e de reflexão de calor são significativamente diferentes das existentes ao nível do solo, dando lugar à criação de microclimas. A especificidade dos atributos microclimáticos é importante para as condições de sobrevivência da vegetação e, no caso de se verificar um uso directo, poderá influenciar a capacidade de uso.

Quando as zonas verdes estão implantadas nas coberturas de edifícios, a acção do vento constitui um factor bastante influente no microclima. De modo a controlar e a atenuar os seus efeitos negativos, é frequente o recurso de pára-ventos, pedras ou outros elementos, de origem natural ou artificial (Weiler, 2009).

Nos terraços, as oscilações de temperatura experimentam uma maior amplitude dada a intensa exposição dos mesmos à radiação solar. Para minorar os efeitos que poderão advir das variações térmicas, é aconselhável a implantação de vegetação, assim como a criação de locais de sombra.

A vegetação, sobre cobertura, encontra-se geralmente sujeita a condições severas devido quer à acção directa do vento, sobre o substrato ou na planta, ou indirectamente, por alteração das condições de humidade e temperatura.

A acção mecânica do vento sobre o substrato, que se reflecte na sua erosão, pode atingir valores preocupantes, sobretudo numa fase inicial, antes do estabelecimento de uma cobertura vegetal. Esta acção também se manifesta ao nível da vegetação através, não só do seu desenraizamento ou de partes aéreas partidas, mas também, indirectamente, por uma mais rápida evaporação da água do substrato e transpiração das plantas, resultando num agravamento das condições de disponibilidade hídrica para as plantas.

Para decidir sobre o tipo de vegetação a empregar, é fundamental conhecer as condições

microclimáticas existentes na cobertura para depois, em face do(s) uso(s) pretendido(s), saber quais as propostas mais adequadas.

A abordagem do conforto humano também deve ser relevante quando o uso pretendido da cobertura o justifique.

3.1.4. Manutenção

Mais do que noutras situações, o sucesso do projecto de espaço verde está dependente da forma como foram concebidos os meios e os métodos de manutenção. Nestes espaços a manutenção ganha ainda uma maior acuidade por encerrar algumas especificidades.

Desde o início do projecto que as condições de manutenção podem orientar algumas das opções de base. Num primeiro momento será conveniente estudar a possibilidade (ou inviabilidade) de praticar operações de manutenção com regularidade. Em seguida, será aconselhável fazer uma apreciação da adaptação e previsível desempenho das espécies vegetais, ao sistema de manutenção possível. A avaliação e ponderação destas duas condicionantes, poderá influir na opção entre a execução de uma Cobertura com Vegetação de carácter extensivo (manutenção esporádica) e intensivo (manutenção frequente) (Vd. 2.1.1.).

As CcV de carácter extensivo requerem uma manutenção mínima, sendo dessa forma a melhor escolha para coberturas que, por motivos diversos, constituam um obstáculo para a prestação das actividades de manutenção.

De forma a garantir o bom resultado do projecto, o projectista deverá definir:

- Sistema de rega (poderá ser manual nos casos de espaços verdes de carácter extensivo, ponderando as vertentes - dimensão, clima e disponibilidade em mão-de-obra);
- Facilidade de acesso da equipa responsável pelas operações de manutenção;
- Local de armazenamento de ferramentas, máquinas e produtos; necessários às operações de manutenção;
- Sistema para abastecimento de energia aos aparelhos de manutenção;
- Sistema, ou mecanismos, para fazer ascender máquinas e apetrechos de apoio, assim como remover os resíduos das tarefas de manutenção.

3.1.5. Custos

Na avaliação de uma previsão de custos há que ter em conta, não só os encargos, como também os benefícios económicos que as Coberturas com Vegetação poderão acarretar, nomeadamente na redução de consumo de energia em conforto térmico, redução de obras de conservação de coberturas.

Em termos gerais, a disponibilidade de recursos financeiros vai condicionar a solução adoptada, mais particularmente os custos associados às seguintes situações (Stifter, 1988;

Krupka, 1992; ; Weiler, 2009):

- Reforço de cobertura;
- Implantação de vegetação;
- Manutenção do espaço, sobretudo das espécies vegetais e substrato;
- Implantação de estruturas adicionais para usufruto do espaço pelos utentes;

Numa estratégia de projecto, será possível limitar bastante estes custos através de (Stifter, 1988):

- Trabalho de planeamento em cooperação com o técnico de estruturas;
- Escolha adequada do tipo de vegetação, de acordo com as condicionantes específicas do microclima local e das características artificiais do sistema;
- Reflexão e subsequente deliberação precisa das funções do espaço a projectar;
- Conformidade entre o nível de qualidade pretendida, e futuro padrão de frequência e tipo de utilização do espaço.

Também as condições de construção, nomeadamente aquelas que oneram bastante a obra (transporte e depósito de material) poderão, se devidamente planeadas, contribuir para uma redução dos custos finais. Para esse efeito, uma adequada estimativa de custos, numa fase preliminar, poderá constituir um correcto instrumento de trabalho para acertos e decisões ao longo do desenvolvimento do projecto (Johnston, 1991).

Muitos autores afirmam serem os benefícios económicos, consequentes do maior conforto térmico no interior dos edifícios e protecção da superfície da cobertura, suficientemente elevados para, em poucos anos, amortizar os investimentos iniciais.

Uma rigorosa avaliação entre os encargos indispensáveis e a redução de preços por via dos benefícios deste tipo de espaços, nem sempre é susceptível de se obter (Krupka, 1992).

3.1.6. Concepção

A abordagem dos condicionantes anteriormente descritos visou discriminar, em traços gerais, as informações que não poderão deixar de ser ponderadas quando do acto de concepção de um projecto de uma Cobertura com Vegetação. Apenas formulando uma estratégia válida de projecto, o que pressupõe uma clarificação dos objectivos, será possível passar à formulação conceptual, seguida da proposta formal.

Face ao exposto, é da conjugação dos objectivos pretendidos, e condicionantes existentes, que resultará um modelo de intervenção a partir do qual é possível ao arquitecto paisagista trabalhar, utilizando a sua própria, inerente, e indispensável, criatividade.

O resultado será sempre a conjugação da atitude técnica, baseada na utilização dos conhecimentos adquiridos, com uma criatividade que exprima a formulação intuitiva e reflexiva

resultante da própria experiência do seu autor.

Quanto maior a capacidade de conjugar estas duas atitudes, mais equilibrada e eficaz será a proposta, e certamente a obra que dela resultar.

3.2. Parâmetros de Ordem Técnica

Uma área verde sobre cobertura apresenta certas particularidades que exigem diferentes soluções de construção, de forma a ser assegurado o sucesso da obra.

Não existe uma fórmula universal passível de ser aplicada a todas as Coberturas com Vegetação. A função definida para o espaço, as características da estrutura de suporte ao sistema assim como os meios financeiros disponíveis, determinam qual a melhor solução construtiva a adoptar. Esta multiplicidade de factores, susceptível de análise, exige uma interacção, desde os estádios iniciais, entre os diferentes técnicos envolvidos no projecto, conforme referido no início do capítulo. Os objectivos que se pretende atingir têm que ser determinados, conjuntamente, de acordo com as funções e os meios disponíveis, planeando todo o processo construtivo. O êxito do projecto não só depende de serem garantidas as condições para um bom desenvolvimento da vegetação mas também da sua contribuição para a conservação do edifício.

De um modo geral, as coberturas, incluindo aquelas para as quais não esteja prevista uma aplicação útil complementar à sua função básica de «assegurar a vedação superior de um espaço» (Gomes, 1985), têm por elementos base da sua constituição a laje de estrutura, a camada de isolamento térmico, revestimentos de impermeabilização, dispositivos de drenagem, juntas e ligações.

Nocasoconcreto de uma cobertura onde se pretenda instalar vegetação, de carácter extensivo ou intensivo, é importante considerar outros componentes fundamentais ao estabelecimento de vegetação assim como actividades passíveis de vir a decorrer sobre a cobertura.

As figuras 3.2.1 e 3.2.2. representam os pormenores tipo de cortes em duas áreas distintas de uma Cobertura com Vegetação acessível, evidenciando a sequência das camadas que assentam sobre a laje de estrutura. No sentido ascendente existem: a camada de forma (dispensável quando a estrutura a substitui no cumprimento das suas funções (Gomes, 1985), o isolamento térmico, o revestimento de impermeabilização, a camada de dessolidarização e protecção do revestimento de impermeabilização e / ou piso de circulação, a camada drenante, filtrante, o substrato e a vegetação, na área da cobertura com revestimento vegetal, assentamento e pavimento, na área com pavimento.

De um modo geral, as diversas camadas dispõem-se segundo esta sequência, contudo, conforme referido no ponto 1.4.3. (Isolamento térmico (convencional)), poderão aparecer combinadas de forma diferente.

Posteriormente, estas soluções construtivas são descritas com maior pormenor, tecendo-se algumas considerações gerais quanto às vantagens e problemas, assim como implicações inerentes a cada uma delas que apresentem relevância para o presente trabalho.

3.2.1. Camada de Forma

O escoamento da água é uma necessidade, comum a todas as coberturas. A camada de forma consiste num volume de material aplicado geralmente sobre a estrutura resistente, conferindo a inclinação necessária ao encaminhamento da água para os dispositivos de evacuação. Segundo Lopes (1994, 2004), os materiais mais empregues na composição da camada de forma são o betão celular, o betão leve de granulado de cortiça ou, o betão leve de argila expandida.

Devido aos problemas de compatibilidade que podem surgir entre materiais da camada de forma e os da estrutura ou camadas adjacentes, é sempre desejável que a pendente da cobertura seja realizada quando da execução da cobertura, dando a forma pretendida à estrutura resistente (Gomes, 1968; Barret, 1988).

Lopes (1994), aconselha valores de pendentes de cobertura em telhado na ordem de 1 a 2%. Contudo, alguns autores defendem ser possível a aplicação de declive nulo (admitida em alguns países), como seja em situações de Coberturas com Vegetação, nas quais, o declive será proporcionado por outros materiais inerentes à constituição da cobertura, nomeadamente pela camada drenante (FLL, 2002). Nestas situações deve ser feito um estudo mais cuidadoso da localização e densidade dos pontos de evacuação de água.

Outro considerando relacionado com a camada de forma é a sua geometria. O volume de água escoado para cada colector está directamente relacionado com a área da cobertura com inclinação para esse mesmo ponto. Uma forte assimetria entre as diferentes áreas de escoamento poderá resultar em problemas de funcionamento do sistema de drenagem, ou da necessidade de redimensionamento do mesmo. Ao nível do projecto, deverá haver uma harmonia entre os relevos de terra pretendidos para o projecto e as inclinações da camada de forma, uma condição essencial a respeitar para evitar divergências aquando da construção da área verde (Johnston, 1991; Krupka, 1992).

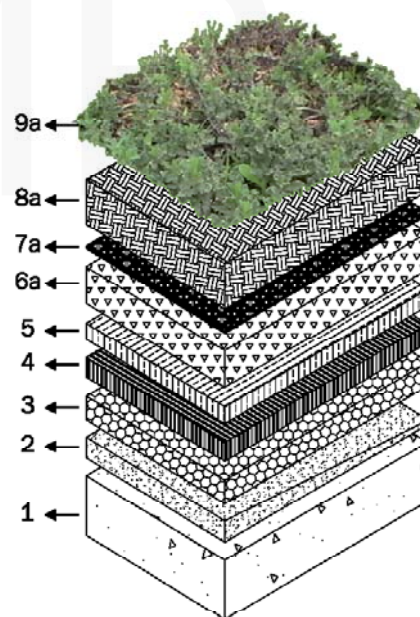


Figura 3.2.1. Revestimento vegetal - Sequência das camadas que assentam sobre a estrutura resistente.

- 1 - Laje de estrutura / cobertura
- 2 - Camada de forma
- 3 - Isolamento térmico
- 4 - Camada impermeabilizante
- 5 - Protecção da impermeabilização
- 6 a - Camada drenante
- 7 a - Camada filtrante
- 8 a - Substrato
- 9 a - Vegetação

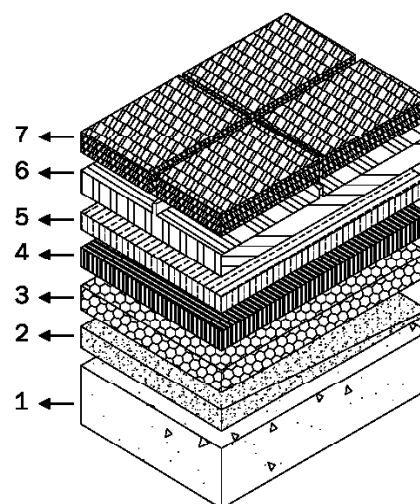


Figura 3.2.2. Pavimento - Sequência das camadas que assentam sobre a estrutura resistente.

- 1 - Laje de estrutura / cobertura
- 2 - Camada de forma
- 3 - Isolamento térmico
- 4 - Camada impermeabilizante
- 5 - Protecção da impermeabilização
- 6 - Camada drenante
- 7 - Pavimento

3.2.2. Isolamento Térmico

Segundo Gomes (1994), a protecção térmica na construção assenta em dois fenómenos: fraca condutividade da energia térmica (isolamento) e desfasamento temporal da transmissão dessa energia pela capacidade de acumulação (inércia térmica).

A aplicação de uma camada de isolamento térmico tem duas finalidades primordiais: limitar o aparecimento de deformações de origem térmica e eventual fissuração da laje de estrutura e, com maior importância, estabelecer uma barreira às transferências de calor entre o meio exterior e a estrutura subjacente à cobertura. Com esta aplicação é possível assegurar um controlo mais eficiente da temperatura dentro dos edifícios, reduzindo a influência, no interior, das variações térmicas (diárias e sazonais) existentes no exterior (Gomes, 1968; Lopes, 1994; Piedade, 2003).

Qualquer elemento constituinte da cobertura contribui, por si só e de uma forma mais ou menos intensa, para uma barreira térmica de protecção ao edifício. A acção conjunta dos diferentes materiais permite não só moderar os valores máximos e mínimos das temperaturas sentidas no interior, por comparação com o exterior, como também produzir um desfasamento temporal devido à inércia térmica de toda a cobertura. Contudo, a presença de um isolamento térmico (um determinado revestimento específico ou a existência de uma caixa-de-ar) revela ser mais eficaz na função isolante, em consequência do seu fraco coeficiente de transmissão térmica. (Gomes, 1968; Lopes, 1994).

Nem sempre é exigível a presença de uma membrana isolante, dependendo da função para a qual o edifício foi concebido; um parque de estacionamento automóvel ou uma estação de metropolitano dispensarão a sua aplicação, em oposição, a uma escola ou a um edifício residencial / escritórios, por razões de conforto térmico, será indispensável o seu emprego.

No que concerne à disposição do isolamento térmico, conforme já referenciado no ponto 1.4.3., são diversas as soluções construtivas possíveis da sua aplicação. Geralmente é colocado sob o revestimento de impermeabilização e sobre, uma barreira pára-vapor . No entanto, existem outras soluções, como seja o sistema de cobertura invertida, ou seja, situa a membrana isolante térmica sobre a camada impermeabilizante, dispensando-se neste caso a barreira pára-vapor (Lopes, 1994). O revestimento de impermeabilização beneficia assim de uma menor oscilação de temperatura, o que contribui para a manutenção da sua plasticidade, resultando numa maior durabilidade. Além disso, esta solução de cobertura invertida permite manter a estrutura mais quente e seca que no sistema “convencional” (Barret, 1988; Lopes, 1994). Contudo, segundo Labs (1990), as propriedades térmicas da camada isolante, pelo contacto com a água, vão sendo atenuadas, factor a ser considerado na selecção dos materiais isolantes que devem apresentar impermeabilidade à água.

A principal propriedade dos materiais isolantes térmicos é a sua reduzida condutividade térmica, de modo a ser possível atenuar a transmissão de calor entre o interior e o exterior da estrutura. Esta capacidade isolante resulta da presença de ar na textura do material, i.e., a

estrutura do material (forma e dimensão dos espaços internos existentes – celular, granular ou fibrosa) determina a eficácia da membrana (Gomes, 1968).

Existem outras propriedades que também deverão ser consideradas quando da escolha dos produtos a utilizar. A compatibilidade do isolamento térmico com o revestimento de impermeabilização é extremamente importante porque estas camadas estão, geralmente, em contacto directo na organização da cobertura. Também uma elevada estabilidade e baixa compressibilidade deverão ser requisitos a contemplar. Será essencial uma avaliação da carga à qual a estrutura será submetida, assegurando que os materiais seleccionados correspondam (Barret, 1988).

Como exemplo de algumas opções com resultados positivos pode-se referir, no caso do sistema de cobertura invertida, o emprego de uma camada de poliestireno extrudido, com estrutura celular fechada, e as espumas de vidro celular e os materiais celulósicos e minerais que satisfazem as exigências de estabilidade e compressibilidade (Lopes, 1994).

As soluções até agora apresentadas dizem respeito a aplicações genéricas para o isolamento térmico das coberturas planas, que, reportando para as CcV, há a considerar algumas diferenças.

O conjunto substrato – camada drenante, contribui para a redução das trocas energéticas entre o interior da estrutura e o exterior. Uma maior ou menor eficiência desta camada está directamente relacionada com o seu coeficiente global de transmissão térmica. Assim, não só a escolha dos materiais será importante mas também as suas propriedades inerentes (humidade, composição, espessura, entre outros) (Barret, 1988; Krupka, 1992).

A vegetação também contribui para o isolamento térmico do edifício subjacente, contributo mais significativo em revestimentos de elevada densidade (Vd. 2.1.1., Figs. 2.1.4 e 2.1.5.). Embora não se tenham encontrado estudos conclusivos sobre esta matéria na bibliografia consultada, actualmente são numerosas as construções bioclimáticas que procuram beneficiar deste efeito térmico da vegetação em terraços. As Coberturas com Vegetação aliam uma menor condutividade da energia térmica a uma razoável inércia, dependente da sua espessura, composição e densidade. Em alguns países, diversos estudos indicam que 15cm de terra recoberta com relvado equivalem a um isolamento térmico constituído por 8cm de lã (espuma) de vidro Labs (1990).

Para qualquer região de Portugal, a utilização de 10cm de argila expandida na camada drenante e de 40cm de terra vegetal, é uma alternativa satisfatória à utilização de isolamento. Caso se substitua a argila por seixo, calhau ou por tijolo, a condutividade térmica do conjunto camada drenante – substrato é superior, deixando de se satisfazer as exigências de isolamento, sendo necessário o emprego de um complemento de isolamento térmico. Refira-se, a propósito destas investigações, que não foi estimado o contributo da vegetação, elemento bastante significativo, em especial se a sua densidade for levada (Lopes, 1994).

3.2.3. Impermeabilização

A camada de impermeabilização tem como função principal garantir a exigência primária de

estanquidade à água, uma das principais medidas para satisfazer os requisitos de salubridade dos espaços interiores. A sua resistência às agressões exteriores é fundamental para a preservação das características intrínsecas do material que tornam a membrana impermeável (Lopes, 2006).

Nas coberturas planas, de declive quase nulo, será fundamental evitar o avanço da água para níveis subjacentes. A aplicação de uma inclinação à própria estrutura (a camada de forma) e o emprego de revestimentos de impermeabilização adicionais, surgem como uma solução de precaução a infiltrações.

As características inerentes dos revestimentos de impermeabilização, assim como o seu modo de aplicação, são estabelecidas pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), organismo responsável pela apreciação e pela concessão de homologações e aprovações técnicas europeias.

Actualmente são inúmeras as possibilidades de escolha, perante o leque de materiais disponíveis no mercado, e que conferem a impermeabilização necessária à cobertura. A cada situação corresponderá uma solução específica, realizada com a colaboração de técnicos e / ou empresas especializadas.

As zonas verdes sobre cobertura desempenham um importante papel protector da membrana impermeabilizante da cobertura porque (como referido no ponto 2.2.5.) funcionam como escudo à acção nociva dos agentes atmosféricos, reduzindo o risco de rasgamento da membrana, como resultado das oscilações térmicas do suporte, por exemplo. Contudo, o estabelecimento de uma CcV comporta alguns riscos de agressão para a membrana que, segundo Barret (1988), podem ser agrupadas em três classes: estáticas, dinâmicas e radiculares. A agressão estática é exercida pelos materiais da camada drenante, estes são impelidos a perfurar a membrana devido não só ao seu próprio peso mas, fundamentalmente, devido a algumas cargas que actuam sobre estes materiais. São exemplo dessas cargas, as exercidas pelo substrato e pela vegetação, a circulação de pessoas ou de máquinas. Nas acções dinâmicas são incluídas as resultantes de queda de objectos pesados e incorrecta manipulação de ferramentas de jardinagem, por exemplo. Por último, as agressões radiculares, consequência da acção física das raízes das plantas que se fazem sentir com maior intensidade nos locais mais sensíveis da membrana, os chamados detalhes, caso não tenham sido tratados com o devido cuidado (Barret, 1988; Gonçalves *et al.* 2005).

O emprego de materiais de pouca qualidade, assim como a negligência na sua aplicação, podem contribuir para o descrédito da fiabilidade das membranas impermeabilizantes e, conseqüentemente, na generalização de um sentimento de insegurança na sua aplicação, determinante para conter a expansão das Coberturas com Vegetação.

De forma a solucionar a questão da ineficácia do revestimento de impermeabilização, foram realizados estudos no domínio das Coberturas com Vegetação que determinaram grandes progressos no conhecimento dos materiais mais apropriados e respectivos processos de aplicação (Lopes, 1993).

A membrana de impermeabilização é composta por materiais que, pelas suas propriedades inerentes, conferem as características de impermeabilidade à camada, e por uma armadura que

garante a estabilidade de todo o conjunto. É frequente aplicar uma camada de protecção contra os diferentes agentes físicos e químicos que, pela sua acção, comprometem a integridade da membrana (Gomes, 1968).

Devem apresentar, além de qualidade hidrófuga, uma adequada plasticidade que lhes permita deformar-se, sem rotura ou fissuração, aquando da ocorrência de movimentos (de origem térmica, higrométrica ou de pressão) do seu suporte (Gomes, 1968; Johnston, 1991).

As coberturas planas podem ser classificadas quanto ao tipo de revestimento de impermeabilização em duas categorias: com revestimento tradicional ou com revestimento não tradicional, podendo em ambos os casos a aplicação ser realizada *in situ* ou o material ser prefabricado (Lopes (1994, 2004)), conforme apresentado, de forma sucinta, no quadro 3.2.1..

Quadro 3.2.1.

Classificação de materiais empregues na impermeabilização de coberturas

Fonte: Adaptado de Lopes (1994, 2004).

MATERIAIS TRADICIONAIS		
Materiais betuminosos	Betume Asfalto Alcatrão e breus de alcatrão de hulha	
Materiais auxiliares	Armaduras	Feltros Telas Folhas
	Matérias minerais	Cargas Acabamentos
	Materiais metálicos	Folha
Produtos elaborados	Emulsões betuminosas Pintura betuminosa Ligantes Cimento vulcânico	
Produtos prefabricados	Armaduras saturadas	Feltros betuminosos Telas betuminosas
	Membranas betuminosas	Armada com feltro Armada com tela Armada com folha
MATERIAIS NÃO TRADICIONAIS		
Produtos em pasta	Emulsões modificadas	
	Materiais plásticos	Termoplásticos Termoendurecidos
	Resinas diversas	Poliétileno clorosulfonado Poliuretano Acrílicas e silicónicas Poliéster
Produtos prefabricados	Membranas de betumes modificados: Membranas termoplásticas (PVC plastificado, TPO ou FPO) Membranas elastoméricas (EPDM, CSPE, CPE, PIB ^a)	
PVC (policloreto vinil), TPO / FPO (poliolefinas), EPDM (monómero de etileno-propileno-dieno), CSPE (polietileno clorossulfonado), CPE (polietileno clorado), PIB ^a (poli-isobutileno).		

Entende-se por revestimentos não tradicionais todos aqueles que, ao contrário dos tradicionais, não se conhecem com precisão as suas características técnicas e não existe prática na sua aplicação, devendo a execução deste grupo de materiais reger-se de acordo com os

documentos emitidos pelo LNEC, conforme referido no início deste ponto.

Os produtos mais utilizados nas soluções de impermeabilização tradicionais são, de um modo geral, produtos de base hidrocarbonada, borrachas ou resinas naturais e sintéticas. A sua natureza e forma de aplicação difere consideravelmente, razão que exige um elevado conhecimento técnico de forma a ser assegurado o cumprimento das suas funções.

De acordo com Lopes (1994, 2004), como armadura dos produtos de impermeabilização recorre-se a telas e fibras de origem orgânica ou mineral e para protecção, os inertes pétreos e as folhas metálicas de reduzida espessura, de cobre ou de alumínio. Existem no mercado produtos com propriedades de elevada durabilidade e de fácil aplicação. São folhas de materiais plásticos ou de borrachas sintéticas.

Os revestimentos de impermeabilização das Coberturas com Vegetação baseiam-se em soluções tradicionais e não tradicionais, aplicadas em diferentes sistemas.

Nas soluções tradicionais incluem-se os sistemas alfásticos e os multicamada, sendo este último o mais empregue em Portugal. Consiste na sobreposição de múltiplas camadas betuminosas, coladas entre si e, possivelmente ao suporte, com betume insuflado a quente ou com maçarico. As camadas devem ser no mínimo de três e, a massa global do sistema, não deve ser inferior a 10kg/m² (Lopes, 1994).

As soluções com base em asfalto são normalmente constituídas por duas a três camadas de asfalto, sendo a inferior de asfalto puro e a camada seguinte, ou seguintes, de asfalto misturado com outros elementos, que são sempre independentes do suporte (Lopes, 1994).

As camadas não tradicionais incluem o processo monocamada e o bicamada. No processo monocamada a acção impermeabilizante é conferida por uma membrana termoplástica em PVC. A junção entre as peças é efectuada por acção térmica, eléctrica ou química. O sistema bicamada é constituído por duas membranas de betume elastomérico, soldadas uma à outra (Barret, 1988).

Protecção do revestimento de impermeabilização

Como anteriormente referido, o sistema de impermeabilização das Coberturas com Vegetação fica sujeito a um considerável número de agressões que põem em risco a integridade física da membrana, sendo necessário recorrer ao estabelecimento de uma camada protectora que anule ou minimize as acções agressoras.

A protecção da membrana pode ser leve ou pesada. A protecção leve pode ser aplicada em fábrica ou em obra, ao contrário da protecção pesada, cuja aplicação é sempre feita em obra.

Entre as diversas soluções possíveis, a protecção pesada rígida formada por betonilha de argamassa, armada ou não, ladrilhos cerâmicos ou hidráulicos assentes sobre betonilha ou placas pré-fabricadas, é a de uso mais generalizado. Este tipo de protecção, além de actuar como camada protectora, também pode servir como superfície de desgaste ou circulação (Lopes (1994, 2004)).

A inibição ao avanço das raízes poderá ser de natureza química ou física. A acção química resulta da presença de elementos no próprio revestimento de impermeabilização, ou numa

membrana a ela sobrejacente, que exercem uma acção repulsiva, impedindo a progressão do sistema radicular. Os produtos são, em regra, aplicados sobre a camada de impermeabilização, de que são exemplo o Preventol B2 e o Pentaclorofenol (Barret, 1988; Lopes, 1994).

O betume constituinte de muitos revestimentos é um “alimento” possível para as raízes, em especial em situações de carência de água e nutrientes. Daí ser muito frequente a presença de agressões radiculares nos sistemas impermeabilizantes baseados neste constituinte.

Actualmente, alguns revestimentos de natureza betuminosa incorporam nas suas membranas um produto químico repelente de raízes (Lopes (1999, 2006)). Os feltros ou pastas com base em alcatrão ou de breu de hulha constituem outra solução, mais clássica, que actua também quimicamente (Barret, 1988; Lopes, 1994). A acção física consiste num processo de natureza mecânica, impedindo o avanço das raízes, de que são exemplo os filmes de polietileno tereftálico, geralmente integrados em membranas betuminosas não tradicionais (Lopes (1994).

Deve ser tomada especial atenção à compatibilidade química entre os materiais a utilizar. Por exemplo, é conhecida a incompatibilidade entre as folhas de PVC e o revestimento betuminoso (Lopes, 1999).

3.2.4. Drenagem

Numa cobertura em terraço o adequado escoamento da água constitui uma exigência técnica indispensável. Esta função é assegurada pelo estabelecimento de declives (como referido no ponto 3.2.1.) na própria estrutura, ou na camada de forma, direccionando a água para os dispositivos de recolha e deste, para a rede de águas pluviais ou esgotos, do edifício.

A incorrecta projecção do sistema de drenagem conduz a sérios danos na construção com consequências graves para os edifícios. Para qualquer terraço são feitos os cálculos de escoamento em função da superfície impermeabilizada e a escoar. São estudadas as inclinações adequadas, o número de dispositivos de recolha, as caleiras de recepção de águas assim como o número e diâmetro das tubagens de queda das águas pluviais (Gomes, 1968).

A superfície deve ser dividida em pendentes que conduzam a água ou para canais e destes para pontos ou, directamente para os pontos de evacuação. Para cada situação deve-se optar por uma solução de compromisso entre a forma da cobertura e a localização dos pontos de descarga (Gomes, 1968).

A estas pendentes deve ser atribuído um valor, cujo limite mínimo se encontra estipulado na legislação portuguesa em 1%. Barret (1988) e Gomes (1968) advertem que nas situações em que a protecção de impermeabilização é feita com materiais rugosos, que oferecem resistência ao escoamento, convém adoptar um ângulo para o declive da cobertura superior ao mínimo admissível.

Ao projectar as superfícies de drenagem, deve ser garantido que algumas estruturas emergentes, como o caso dos muretes de contenção de terra, não sejam um obstáculo ao livre escoamento da água, sendo aconselhável a sua localização nos pontos de cumeada da cobertura (Barret, 1988).

No caso das Coberturas com Vegetação, a presença de superfícies permeáveis, por vezes conjugadas com áreas de pavimentação inerte, vai alterar o modelo do sistema de drenagem comum nestas superfícies. Por outro lado, há que adicionar aos volumes das águas pluviais e de lavagem, as provenientes da rega. Contudo, esta não condiciona os cálculos de dimensionamento dos tubos de escoamento porque os volumes não competem com os resultantes de grandes chuvadas (Stifter, 1988; Krupka, 1992).

A permeabilidade das superfícies de plantação promove a infiltração de água que atinge as camadas subjacentes, sendo imprescindível promover um bom escoamento de forma a evitar permanência de água sobre a membrana de impermeabilização da laje de estrutura, o que provocaria não só excesso de peso como seria agente gerador de agressões de natureza química nas superfícies impermeabilizantes. Nestas situações, a drenagem está dependente não só da camada de forma como do substrato porque qualquer uma delas tem influência nos equilíbrios necessários ao adequado escoamento de água (Krupka, 1992).

Dadas as características de retenção de água pelo substrato, é necessário promover a existência de uma outra camada – a camada drenante – que recolha a água armazenada no suporte da cultura e a encaminhe para o sistema de escoamento.

No caso específico das CcV, será vantajoso reunir, a esta capacidade drenante, a aptidão para o armazenamento de água, adquirindo especial relevância nas Coberturas com Vegetação de carácter extensivo. Assim, porque é benéfico que o substrato mantenha um certo volume de humidade, é fundamental que a velocidade de escoamento das águas seja controlada de forma a garantir ao solo os valores adequados para o bom desenvolvimento das espécies vegetais. Apenas a água que poderá pôr em risco a integridade do edifício, deve ser escoada e a restante disponibilizada para as plantas (Barret, 1988; Krupka, 1992).

Nas superfícies onde a inclinação é superior a 10 – 15%, a própria gravidade assegura a função drenante, dispensando a existência de camadas específicas. O escoamento processa-se através do substrato (Johnston, 1991; Krupka, 1992).

A camada de drenagem precisa de ser capaz de ultrapassar as constantes dificuldades geradas pelas condições climáticas, garantindo a estabilidade de funções. Os materiais que compõem a camada drenante são os responsáveis por promover um adequado escoamento das águas. Para que essa função seja preservada a longo prazo é necessário garantir a ausência de partículas de granulometria muito fina porque implicam uma elevada retenção de água e conseqüente aumento de carga. As cargas a que a camada drenante se encontra sujeita, pontuais ou permanentes, não poderão alterar as suas características, o que implica que a camada deve resistir a deformações que ponham em causa a sua função drenante. É ainda conveniente assegurar a compatibilidade destes materiais com a natureza da membrana ou da protecção da membrana de impermeabilização (Barret, 1988; Stifter, 1988).

Entre os materiais mais empregues, pode-se mencionar: argila expandida, calhau rolado ou brita, placas cerâmicas nervuradas ou placas de poliestireno expandido. Existem outras soluções que combinam a função de escoamento com um baixo peso, armazenamento de água, durabilidade,

e outros. A sua maior eficácia, associada a uma maior durabilidade e custos acessíveis, contribui para a elevada aceitação que estes têm tido em certos países.

Sendo este sistema determinante para o bom funcionamento das Coberturas com Vegetação, tem-se verificado uma intensa investigação orientada para o aperfeiçoamento das membranas de drenagem, conduzindo à produção de materiais com diferentes formas de aplicação e composição. O principal critério de eleição está relacionado com a funcionalidade a longo prazo.

3.2.5. Membrana filtrante

A membrana filtrante é colocada entre a camada de drenagem e o substrato, funcionando como um filtro que retém as partículas de solo, impedindo o seu arrastamento para o sistema de drenagem. Desta forma, evita-se a obstrução dos espaços livres da camada drenante, responsáveis pelo fácil escoamento da água.

Os materiais filtrantes deverão, além das propriedades filtrantes, apresentar resistência à compressão e ao alongamento, rasgamento, perfuração, elevada permeabilidade à água e manter estáveis as suas propriedades face à natureza das camadas adjacentes (Stifter, 1988).

Alguns dos materiais possíveis de emprego serão: feltro de lã de vidro, feltro de fibras acrílicas e de poliamida e feltro anti-contaminante de fibras de poliéster ou polipropileno. Estes últimos, designados por geotêxteis, são os que têm maior resistência, factor que justifica a sua preferência relativamente aos demais (Barret, 1988; Lopes, 1994).

3.2.6. Suporte de plantação (Substrato)

O substrato constitui, em primeiro lugar, o suporte para a cultura, pelo que o desenvolvimento das espécies vegetais irá depender, em grande parte, das suas propriedades intrínsecas. De forma a garantir essa função será fundamental que reúna a capacidade de: armazenar água; fornecer nutrientes; porosidade; suporte radicular; estrutura estável e drenagem da água em excesso.

As condições de sobrevivência da vegetação nas coberturas são mais precárias devido, sobretudo, à artificialidade inerente à construção do meio e às condições de menor amenidade climática. Deste facto decorre uma menor possibilidade de polivalência do substrato, o qual deverá ser elaborado em função das condições de uso pretendidas, da vegetação proposta e do peso comportado pelo edifício. Em função destes factores, determinar-se-á a espessura e composição do substrato (Stifter, 1988).

Espessura do substrato

A determinação do valor da espessura de substrato a utilizar está dependente de diversos factores, nomeadamente, da capacidade de carga da estrutura, das condições climáticas e do porte da vegetação que se pretende implantar.

Em geral, a dimensão da espessura é directamente proporcional à disponibilidade de água e à quantidade de nutrientes, sendo admitidos valores que podem variar entre 2 e 200cm de altura da camada de substrato (Barret, 1988; Johnston, 1991), dependendo do tipo de vegetação, clima e microclima local, assim como do regime de manutenção. Profundidades inferiores a 20cm são aconselháveis só para revestimentos de carácter extensivo, ou porque a vegetação neles implantada é menos exigente, ou em situações de capacidade de carga reduzida.

Contudo, qualquer valor indicado não pode ser considerado como absoluto. Alguns autores afirmam ser possível obter um revestimento sobre uma espessura de substrato de 1cm, ou mesmo inferior. Será necessário um conjunto de circunstâncias extremamente razoáveis, particularmente as condições climáticas do local (Johnston, 1991), um regime de manutenção responsável, com frequências de rega e controlo de nutrientes, permitindo espessuras com estes valores, uma vez que não será possível garantir o armazenamento de água por longos períodos (Stifter, 1988; Barret, 1992).

Os valores aconselhados para revestimentos de carácter extensivo diferem de autor para autor mas é possível indicar o valor médio de 5cm como um valor de referência que permite ter uma melhor percepção da espessura necessária.

Barret (1992), afirma que é possível diminuir a espessura do substrato com a introdução de um sistema de rega, contudo, a adição esporádica de água não é praticável para garantir uma reserva de humidade no solo.

Não deve ser esquecido o facto de que a espessura do substrato, após a aplicação, sofre uma diminuição que pode atingir valores da ordem dos 25%, devidos ao assentamento e rearranjo das partículas. Logo, o valor da espessura mínimo aconselhado deve ser aumentado de 25% (Lopes, 1994).

Composição do substrato

A composição do substrato depende muito das necessidades das diferentes espécies vegetais. A terra vegetal, correntemente aplicada na construção de jardins, nem sempre é o suporte eleito, quer pela sua massa volumétrica quando saturada ($1,6 - 1,8 \text{ ton/m}^3$, ou $160 - 180 \text{ Kg/m}^2$ para uma espessura de 10cm), não tolerável por qualquer estrutura, quer pelas suas características físico-químicas, nem sempre as apropriadas. É prática comum ser parcial ou na totalidade preterida em detrimento de misturas de outros materiais, em diferentes proporções e de natureza distinta que conferem ao substrato características adequadas a cada situação específica.

Relativamente às propriedades físicas, é possível alterar a textura do substrato pela incorporação de diferentes elementos, diminuindo o peso por ele exercido, melhorar o arejamento e conferir um melhor comportamento hídrico. Esta adição de materiais poderá significar a total substituição e, no seu lugar misturar, numa correcta proporção, turfa com elementos mais leves e calibrados, como sejam a argila, o xisto, o poliestireno expandido, perlite, vemiculite, pirofillite, entre outros (FLL, 2008). A incorporação de materiais requer um conhecimento técnico adequado

e, dependendo das condições climáticas do local e da função pretendida com a cobertura, deverão ser estimados encargos ao nível de sistema de rega e fertilização. Deste modo e segundo Barret (1988), sempre que se pretenda uma manutenção de carácter reduzido, a terra vegetal será a melhor solução.

As propriedades químicas do substrato referem-se, essencialmente, ao valor do pH, medida da concentração hidrogeniónica que influi directamente na solubilidade e na assimilabilidade dos elementos nutritivos. O valor de pH influencia a nutrição e o desenvolvimento das espécies vegetais, distinguindo-se as plantas tolerantes à acidez, acidófilas, das que suportam um elevado pH, calcícolas. A compatibilização dos valores do pH com as exigências da vegetação a implantar tem de ser respeitada para se atingir um bom desenvolvimento das espécies.

Este parâmetro, bem como outras características do substrato, deve ser interpretado inserido num conjunto e não isoladamente. Costa (1991) refere que, por exemplo, a tolerância à acidez aumenta com o teor do solo em matéria orgânica. Ainda em relação à acidez, Lopes (1994) alerta que para a generalidade dos materiais empregues na camada de impermeabilização da cobertura, não são aconselháveis valores do pH inferiores a 3, com risco de agressão destes.

O substrato inclui ainda os elementos nutritivos, normalmente garantidos pela decomposição de materiais orgânicos, assegurando-se a conservação de uma estrutura estável, não sendo necessário recorrer à adição de fertilizantes, sobretudo nos revestimentos extensivos, não só pelas próprias características das espécies a utilizar – mais resistentes – como também por se pretender eliminar a propagação de espécies indesejáveis (Krupka, 1992; Johnston, 1991).

Coberturas com Vegetação de carácter Extensivo

O meio de cultura ideal varia com o carácter da cobertura. Contudo, há características comuns vantajosas para qualquer que seja a vegetação a implantar, como sejam uma elevada capacidade de retenção de água e uma boa permeabilidade e arejamento (Johnston, 1991).

Nos revestimentos extensivos a presença de pessoas é rara e a selecção das espécies está condicionada à sua natureza auto-suficiente. Nestas circunstâncias, a carga total do conjunto infligida à estrutura subjacente não comporta, geralmente, restrições significativas. Uma espessura mínima de 2cm poderá ser suficiente para garantir a sobrevivência de uma camada de herbáceas, sobretudo em países com regimes climáticos onde não se verifique uma prolongada ausência de precipitação (Barret, 1988). No caso de Portugal, será aconselhável uma espessura que se situe entre os quatro e os quinze centímetros.

A composição do substrato deve ser concebida considerando a sua capacidade de armazenamento de água. Dado a inexistência de rega nestes espaços, normalmente, é aconselhável garantir as necessidades de água mínimas durante os períodos de baixo valor de precipitação. Segundo alguns autores, uma retenção entre os 25 a 38% será suficiente para o bom desenvolvimento das plantas, não decorrendo qualquer vantagem em se processar um aumento desta percentagem (FLL, 2008).

A composição dos substratos para os revestimentos extensivos parte do pressuposto de que não são exigidos elevados níveis de nutrientes, sendo aconselhável conter quantidades mínimas, ou mesmo nulas, de húmus. Para esse efeito, é apropriada a utilização de elementos minerais que tornem o substrato permeável, com um máximo de 10% de minerais de argila e entre 3 a 8% de elementos orgânicos (húmus, terra composta, resíduos vegetais, por exemplo). A adição de espumas plásticas é, sob o contexto ambiental, negativa e deverá ser evitada (FLL, 2008).

De modo a aumentar a capacidade de armazenamento de água, mas assegurando um peso relativamente reduzido, Krupka (1992) aconselha a acrescentar argila e xisto expandidos, elementos calcários ou materiais vulcânicos de grande porosidade. Este suplemento deverá, em regra, representar um valor de 10 a 50% do total.

O declive da cobertura detém uma considerável influência na composição do substrato a adoptar. Maiores inclinações pressupõem elevadas velocidades de escoamento da água, pelo que será aconselhável aumentar a proporção de elementos presentes na mistura com capacidade de retenção. Por outro lado, em coberturas praticamente planas, é imprescindível assegurar o movimento da água até à camada drenante, de forma a evitar uma elevada concentração desta no substrato, com consequente asfixia do sistema radicular. Será, por isso, conveniente optar por um substrato permeável, com a adição de elementos de maior granulometria (Barret, 1988; Krupka, 1992).

3.2.7. Vegetação

A presença de vegetação na cobertura é o objectivo final de projecto. Os sub-capítulos anteriores servem para tornar possível a instalação e um bom desenvolvimento das espécies vegetais, e, em simultâneo, zelar pela integridade da estrutura subjacente. A inclusão de outros elementos, quando possível, no projecto, como pavimentos, plataformas, por exemplo, apenas contribui para que o espaço seja melhor usufruído.

A selecção das espécies vegetais para uma cobertura é um acto fundamental e determinante, estando dependente de algumas limitações que se atribuem a factores inerentes à estrutura sobre a qual esta assenta. Os critérios que fundamentam esta selecção são distintos e deverão ser ponderados com o intuito de se garantir um bom desenvolvimento e durabilidade da vegetação.

A eleição das espécies deve, para qualquer tipologia de Coberturas com Vegetação, privilegiar as espécies que melhor se encontram adaptadas às condições climáticas do local e às condicionantes apresentadas pela cobertura. Simultaneamente, deve satisfazer os objectivos funcionais e estéticos da obra, e ser ajustada à disponibilidade em meios técnicos e financeiros, tendo em vista não só a realização da obra mas também, a sua posterior manutenção e conservação.

A CcV de carácter extensivo apresenta um elevado número de restrições à implantação de vegetação de que são exemplo a fina espessura de substrato disponível para a vegetação ou o facto das acções de manutenção previstas serem escassas ou mesmo nulas. Estas desvantagens podem ser atenuadas, recorrendo a uma criteriosa selecção das espécies. Nesse sentido, é

apresentada uma pequena apreciação sobre alguns dos aspectos que podem contribuir para a eleição ou, pelo contrário, exclusão de algumas espécies, de acordo com as suas características morfológicas, fisiológicas em interação com os factores de ordem climática, estrutural, técnica, ambiental e económica. A componente estética não será abordada porque não se enquadra no âmbito do trabalho.

A capacidade de suporte, como já referido, é um factor restritivo ao nível da implantação da vegetação e futura manutenção e conservação da mesma. Uma baixa capacidade de carga não permite, por exemplo, a colocação de espécies com uma massa elevada, ou a instalação de um volume de substrato conveniente, ou de um adequado sistema de rega e de drenagem, imprescindíveis para o desenvolvimento de um grande número de espécies vegetais.

Também o acesso à cobertura é um ponto fundamental pois pode limitar, aquando da instalação, o transporte, quer da vegetação quer dos elementos necessários ao seu estabelecimento e, a longo prazo, as actividades para a sua manutenção.

As acções de manutenção a prestar variam com a vegetação a eleger, distinguindo-se as plantas que dependem destas acções para um bom desenvolvimento, daquelas em que estas podem ser descuradas. Há situações em que, por motivos estruturais, técnicos ou financeiros, estas operações não podem ser realizadas, devendo-se atender a este facto quando da eleição das espécies vegetais.

O apoio económico é um dos factores que possibilita um maior leque de opções de escolha de material vegetal mas devido, geralmente, ao seu grau de incerteza, é mais seguro eleger uma listagem mais restrita de plantas por forma a garantir uma melhor relação de compatibilidade planta-estrutura-ambiente, reflectido numa diminuição de encargos, tanto ao nível da implantação como posterior manutenção e conservação da vegetação.

Os factores climáticos como a insolação, temperatura e os regimes de pluviometria e de vento, desempenham um papel crucial na distribuição da vegetação no globo, facto que pode ser confirmado pela observação da correspondência entre os limites que definem as áreas climáticas e as principais fronteiras das áreas florísticas e de vegetação (Santo, 1992).

Em geral, é aconselhável eleger plantas que pertençam às associações vegetais características do local para o qual se encontra prevista a obra, sendo em princípio as que melhor se encontram adaptadas às condições climáticas da região. Contudo, a singularidade de cada cobertura, em interação com as condições climáticas próprias da zona, dá origem, sobre esta, a diferentes microclimas, aos quais o projectista deve atender para a escolha das espécies vegetais.

Nas coberturas dos edifícios altos, isolados, as amplitudes térmicas diárias são muito elevadas, pois não existem estruturas envolventes que limitem quer a radiação solar recebida durante o dia, quer a emitida pela superfície da cobertura durante a noite. O risco de ocorrência de geadas pode ser elevado devido ao acentuado arrefecimento nocturno da cobertura.

Os efeitos negativos da elevada oscilação térmica podem ser minimizados com uma preferência por vegetação mais resistente, pelo recurso a artifícios que reduzam a entrada de radiação durante o dia e, ou, as perdas de calor da cobertura. São disso exemplo, a disposição de

painéis desdobráveis durante a noite que diminuem o arrefecimento da cobertura.

O regime pluviométrico adquire particular importância nas situações em que não seja possível a instalação de um sistema de gestão de rega.

O vento é responsável pelo agravamento das condições de carência hídrica porque acentua os fenómenos de evaporação no solo e evapotranspiração nas plantas.

Nas coberturas extensivas, para as quais se prevêem acções de manutenção reduzidas ou nulas, deve ser privilegiada a utilização de vegetação com capacidade auto-regenerativa e auto-conservativa e, em situações de restrição de espaço e de água, vários autores recomendam a aplicação prudente de uma protecção ao revestimento de impermeabilização (Vd. 3.2.4.) de forma a ser evitada ou, pelo menos, reduzida, a possibilidade de perfuração das membranas.

Outro critério que se revela pertinente para a selecção da vegetação é o seu efeito atractivo para a pequena fauna, conforme exposto no ponto 2.2.4.. As CcV de edifícios constituem importantes habitats em meio urbano onde aves e pequenos insectos encontram nelas locais menos perturbados em comparação com as zonas verdes no espaço urbano.

4. PROPOSTA DE UMA COBERTURA COM VEGETAÇÃO - EDIFÍCIO 1, CAMPUS DE GAMBELAS, UNIVERSIDADE DO ALGARVE , FARO

MEMÓRIA DESCRITIVA

Enquadramento

A convergência das linhas orientadoras e dos vários componentes focados nos capítulos anteriores permitiu criar um elo de ligação entre os diferentes programas e directivas comunitárias e a forma de resolução para a melhoria da eficiência energética dos edifícios existentes. A posição do Arquitecto Paisagista é dar a forma com os elementos que caracterizam a acção, colocando aí o problema do essencial. A polivalência é fundamental, até nos edifícios.

Neste capítulo é apresentada uma proposta em fase inicial de concepção, correspondendo a um estudo preliminar, na qual são lançadas as bases de intervenção para a implantação de uma Cobertura com Vegetação (CcV) como alternativa de projecto, mitigadora e adaptável às alterações climáticas, a empregar na reabilitação da cobertura correspondente à primeira fase de construção do edifício 1 do *Campus* de Gambelas, da Universidade do Algarve (UALg), no concelho de Faro, em conformidade com o enunciado ao longo do trabalho. A proposta está estruturada da seguinte forma:

- Peças escritas:

Memória descritiva e justificativa

Enquadramento da área de estudo onde se insere a proposta:

Plano 1 - Localização;

Plano 2 - Características climáticas;

- Peças desenhadas:

Edifício 1:

Desenho 1 - Localização;

Desenho 2 - Cobertura do edifício (área da proposta) e cortes;

Situação de referência da cobertura do edifício 1 (1ª Fase):

Desenho 3 - Equipamentos e elementos da cobertura / pormenor construtivo;

Desenho 4 - Drenagem;

Proposta:

Desenho 5 - Apresentação do conceito da proposta;

Desenho 6 - Elementos a remover da cobertura do edifício 1 (1ª Fase);

Desenho 7 - Plano geral da proposta, pormenores construtivos, perspectiva

As peças desenhadas foram integradas na memória descritiva e justificativa, na qual é realizada uma breve análise das características da área de estudo onde se insere a proposta e da área de intervenção, evidenciando as suas potencialidades bem como os seus condicionalismos.

Com base nesta análise, é apresentada uma proposta na qual são indicados possíveis objectivos de intervenção para as opções a tomar na concepção de um projecto, quer a nível formal quer a nível funcional.

A bibliografia consultada e a formação e contactos estabelecidos com profissionais ligados à construção de Coberturas com Vegetação (CcV), constituíram a fonte de informação que permitiu realizar a vertente prática deste trabalho.

A oportunidade de desenvolver esta proposta surgiu da autorização oficial ao acesso à cobertura do edifício 1 e a documentos oficiais da Universidade do Algarve, sem os quais não teria sido possível concretizar o objectivo desta dissertação. Desta forma, foram facultadas algumas plantas do mesmo (Anexo A) e documentos complementares.

Como referido na introdução, tomou-se por base as cartas de ante-projecto e projecto do edifício 1 (fase 1 e 2), datadas de 1988 e 1996 respectivamente, procedeu-se ao seu tratamento digital e passagem ao formato dwg, psd e skp. O cruzamento da informação temática foi integrada com o levantamento planimétrico *in situ* e com elementos de melhor definição presentes noutras cartas, igualmente submetidas a tratamento digital. Será de considerar que os métodos empregues podem originar desfazamentos com as áreas reais.

As fases subsequentes à proposta apresentada implicarão um trabalho com outras equipas de áreas complementares.

A presente memória pretende clarificar e justificar as opções a tomar na concepção de um projecto de arquitectura paisagista para a reabilitação de áreas de cobertura de um edifício.

4.1. Metodologia de Abordagem e Adequação da Proposta

A proposta para a implantação de uma Cobertura com Vegetação (CcV), como sistema passivo na reabilitação do edifício 1 do Campus de Gambelas da Universidade do Algarve, no âmbito da eficiência energética do edifício, em particular, e da qualidade ambiental, em geral, desenvolveu a sua abordagem com base nos princípios orientadores e objectivos descritos nos capítulos anteriores e a sua adequação aos Instrumentos de Gestão Territorial (IGT) em vigor.

A abordagem aos IGT assentou nos seguintes pontos:

- identificação dos IGT e respectivos objectivos / linhas estratégicas ou medidas para a área onde se insere a proposta; caracterização da área,
- identificação daqueles objectivos / linhas estratégicas ou medidas que reforcem o enquadramento, a concretização e a viabilidade da proposta apresentada.

Foram analisados os seguintes IGT:

- Plano Regional de Ordenamento do Território do Algarve (PROT Algarve) (RCM, 2007),
- Plano de Ordenamento do Parque Natural da Ria Formosa (POP NRF) (PCM, 2009),
- Plano Director Municipal de Faro (PDM) (RCM, 1995 com alterações posteriores).

E ainda os planos da Câmara Municipal de Faro, o Plano Estratégico da Cidade e o Plano Verde de Faro.

Tabela 4.1.1.

Síntese das oportunidades resultantes da implantação da proposta face à eficiência energética, construção sustentável e às alterações climáticas, ao nível: edifício, *Campus*, local / regional e nacional, de acordo com a bibliografia consultada.

Fator Crítico de Decisão Reabilitação Ed. 1 - ambiente urbano	Objectivos Ambientais Relevantes	Programas / Planos / IGT
Eficiência Energética		
Edifício	Redução do consumo energético	ADENE CBD
<i>Campus</i>	Redução da emissão de gases com efeito de estufa	Directivas Comunitárias
	Redução da emissão de gases com efeito de estufa	EEE
A nível local / regional	Replicação aos edifícios alvo de reabilitação / intervenção, ao nível da cobertura	IEEA
A nível nacional	Replicação a edifícios comerciais / serviços, no concelho ou região	IPCC
	Inserido nas boas práticas de gestão dos Imóveis do Estado	PDM Faro
Construção sustentável		
Edifício	Eliminação de infiltrações de água, na cobertura	Plano Verde de Faro
	Aumento da eficiência da drenagem, na cobertura	PNAC
	Aumento da vida útil do sistema da cobertura	POP NRF
	Amorteça o ruído	PROT Algarve
<i>Campus</i>	Recolha e gestão das águas pluviais	ULSF
A nível local / regional	Imagem da Universidade, Inovar / Investigar / Experimentar	UNCED
	Recolha e gestão das águas pluviais	ONU
A nível nacional	Contributo para uma construção / reabilitação sustentável	
	Inserido nas boas práticas de gestão dos Imóveis do Estado	
Alterações climáticas / Conservação da natureza e biodiversidade no meio urbano		
Edifício	Redução do consumo energético	
	Redução da emissão de gases com efeito de estufa	
	Filtragem / fixação das poeiras atmosféricas	
	Aumento da qualidade das águas pluviais	
<i>Campus</i>	Regularização climática	
	Regularização do regime hídrico	
A nível local / regional	Aumento da qualidade das águas pluviais, contributo para a melhoria da qualidade das linhas de água, temporárias, que drenam para o sistema lagunar da Ria Formosa	
	Promoção da educação e consciencialização ambientais da população universitária e visitante do <i>Campus</i>	
	Contributo para a biodiversidade, qualidade ambiental e, para uma Universidade mais sustentável	
A nível local / regional	Redução do consumo energético	
	Redução do efeito “ilha de calor”	
	Filtragem / fixação das poeiras atmosféricas	
	Regularização do regime hídrico	
A nível nacional	Aumento da qualidade das águas pluviais, contributo para a melhoria da qualidade das linhas de água que drenam para o sistema lagunar da Ria Formosa	
	Valorização e salvaguarda do património natural e edificado	

Como elemento integrador e estruturante da proposta (possível de ser englobada num futuro plano ambiental para o Campus), foi utilizado o conceito de Factores Críticos de Decisão (FCD) que tem por base os temas fundamentais para a decisão, sobre os quais a proposta se debruça, sendo identificados os aspectos considerados na concepção da estratégia e das acções que a implementam, para alcançar os objectivos propostos.

Na proposta, os FCD resultaram da apreciação, em simultâneo, do quadro de referência estratégico, constituído pelos planos, programas e instrumentos de gestão territorial (IGT) considerados relevantes, de um conjunto de questões estratégicas relacionadas com os objectivos da dissertação, bem como dos factores ambientais directamente relacionados (tabela 4.1.1.).

Estas oportunidades assumem maiores resultados, no âmbito da Qualidade Ambiental do Campus, se transpostas a todos os edifícios, numa implementação integrada (entre projectos) e articulada (entre entidades), com idênticas medidas aplicadas em prole por um *Campus* mais sustentável.

4.2. Enquadramento Territorial da Área de Estudo onde se Insere a Proposta

Localização

O *Campus* de Gambelas (*Campus*) da Universidade do Algarve (Vd. Introdução e 1.1.), na freguesia de Montenegro, ocupa uma área de aproximadamente 20 hectares e está localizado à latitude 37° 2' 40" N e longitude 7° 58' 24" W, a noroeste da cidade de Faro, capital do distrito Algarve (Plano 1 - Fig 4.2.2.).

Situado na região mais meridional de Portugal (Plano 2 - Fig. 4.2.9.), o Algarve é limitado a Norte pelo Baixo Alentejo, a Oeste e Sul pelo oceano Atlântico e a Este pelo rio Guadiana, ocupando uma faixa rectangular com uma distância média de 135 km no sentido O-E e de 40 km no sentido N-S. Genéricamente, é composto por três unidades geológica, morfológica e pedologicamente distintas: a Serra, o Barrocal e o Litoral.

O sistema orográfico é constituído pelas serras de Espinhaço de Cão, Monchique, Caldeirão e Monte Figo, encontrando-se o ponto mais elevado na serra de Monchique (Foia - 902 m). A altitude média da região é de 182 m.

É tradicional a divisão da região em Barlavento (zona ocidental) e Sotavento Algarvios (zona oriental).

O Algarve abrange uma área de cerca de 4 991 km², repartida por 16 concelhos e por duas bacias hidrográficas principais, a bacia hidrográfica das Ribeiras do Algarve e a bacia hidrográfica do rio Guadiana. O concelho de Faro (Sotavento), com uma área de 200,99Km², está inserido na sua totalidade na bacia hidrográfica das Ribeiras do Algarve, na Sub-bacia Ria Formosa, que corresponde às bacias dos cursos de água que drenam para o sistema lagunar da Ria Formosa, situando-se o local em análise na bacia hidrográfica da Ribeira das Moiras do Algarve, localizada na extremidade Noroeste da Ria Formosa (Plano 1 - Fig. 4.2.4).

O *Campus* está integrado na área do Parque Natural da Ria Formosa (Plano 1 - Fig.

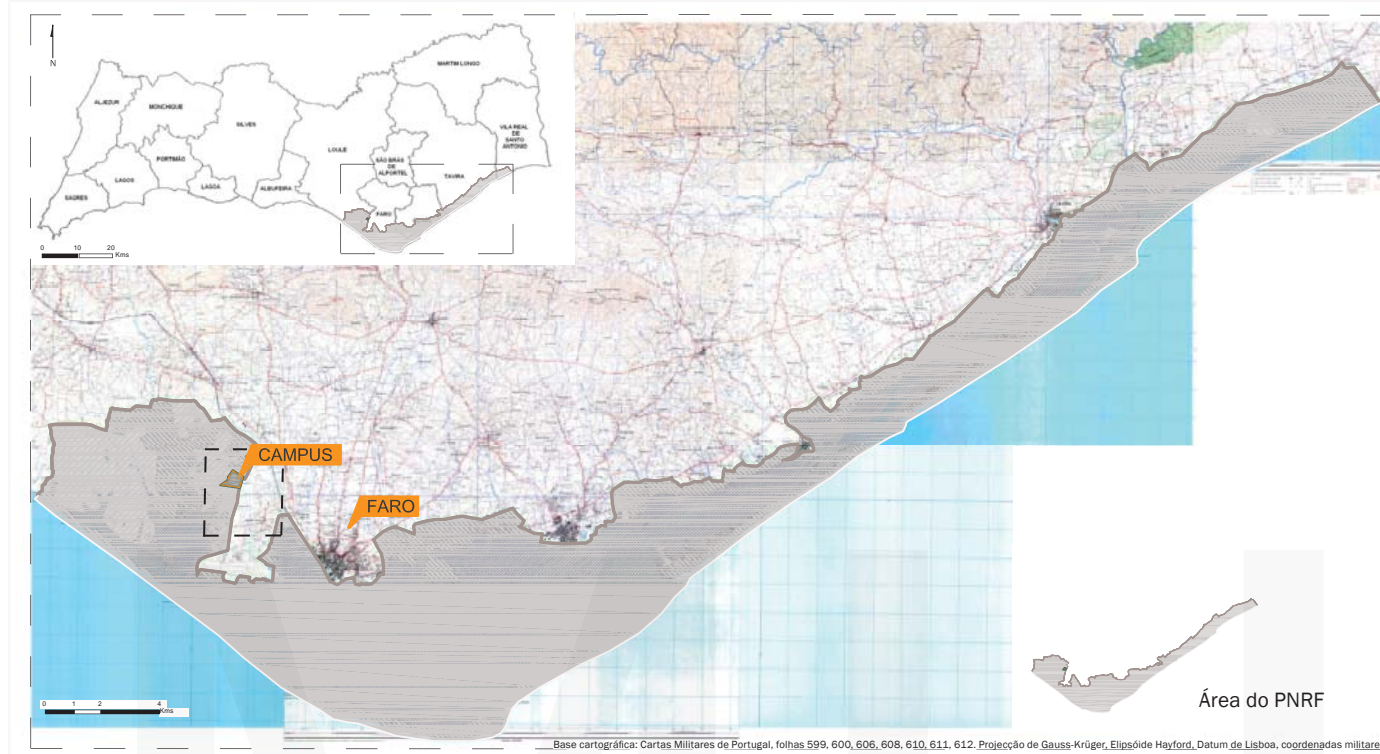
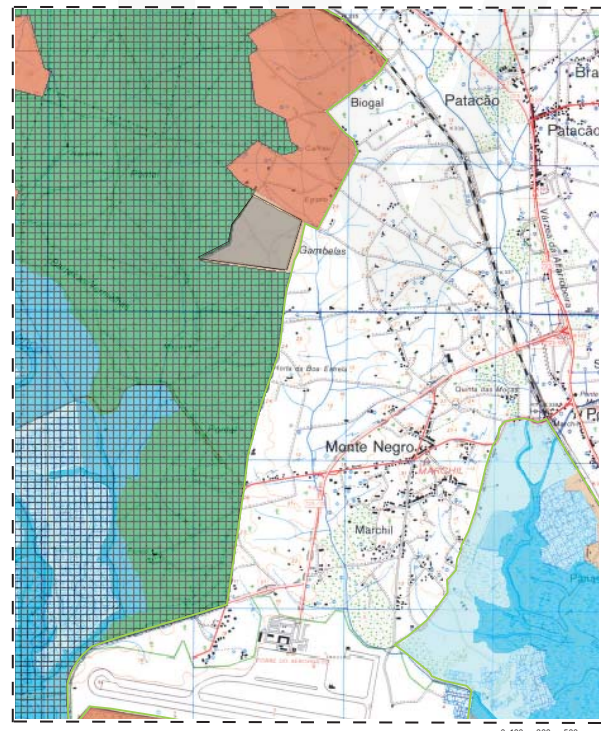


Fig. 4.2.1. Região do Algarve. Localização do Parque Natural da Ria Formosa (PNRF)

Fig. 4.2.2. Localização do *Campus* de Gambelas da Universidade do Algarve

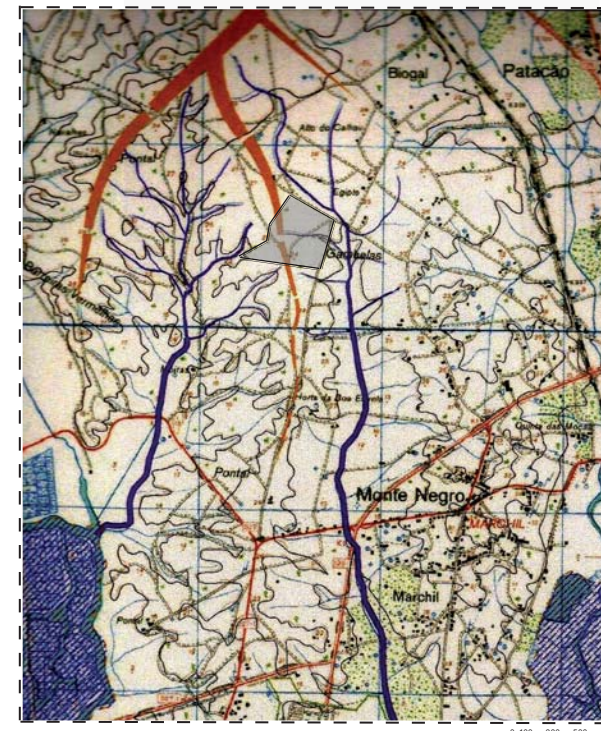
Fonte: Adaptado de ICN/ PNRF, 2004.

Campus de Gambelas - Universidade do Algarve



Regime de protecção:
 Limite do PNRF
 Área terrestre:
 Protecção parcial
 Protecção complementar I
 Protecção complementar II
 Intervenção específica do Ludo e Pontal
 Área costeira e lagunar:
 Protecção total
 Protecção parcial I
 Protecção parcial II

Fig. 4.2.3. - Enquadramento do *Campus* segundo a carta de síntese do POPNRF
 Fonte: PCMI, 2009



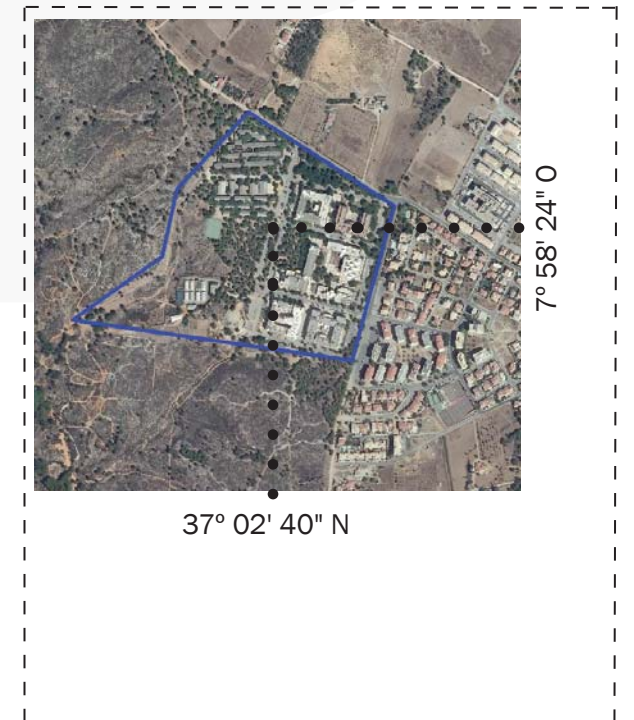
Legenda:
 Linhas de fecho
 Linhas de água
 Zona lagunar
 Curvas de nível

Fig. 4.2.4. - Morfologia do terreno, à escala da área de estudo
 Fonte: Rodrigues et al., 2005



Legenda:
 0 - 10 mts
 10 - 20 mts
 20 - 30 mts
 30 - 40 mts
 40 - 50 mts

Fig. 4.2.5. - Planta altimétrica da área de estudo
 Fonte: Rodrigues et al., 2005



PLANO 1 - LOCALIZAÇÃO

Enquadramento territorial da área de estudo onde se insere a proposta

MHMR

MHMR

MHMR

4.2.2.), sítio que pela sua dimensão e complexidade estrutural é considerado a zona húmida mais importante do sul do país. É um sistema lagunar de grandes dimensões que inclui uma faixa bem conservada de ilhas barreira que asseguram a protecção de uma vasta área de sapais, bancos de vasa e areias. Na zona de interface, existem charcos de água salobra e pequenas linhas de água com grande valor para as comunidades vegetais e faunísticas. Estas características naturais e a sua situação geográfica elegeram-na como área de grande importância do ponto de vista da avifauna, sobretudo a aquática, tendo sido classificada como zona húmida de interesse internacional pela Convenção de Ramsar.

A conservação da natureza e a valorização do património natural e da paisagem não devem ser entendidas como restrições ao desenvolvimento, mas antes como pressupostos de um modelo de desenvolvimento sustentável. Estas áreas obedecem tanto a objectivos de natureza biológica como paisagística, tendo em consideração critérios de raridade, valor estético, científico, cultural e ou social.

Segundo o artigo 15º do Plano de Ordenamento do Parque Natural da Ria Formosa (POPNR) (PCM, 2009), a área ocupada pelo *Campus* é classificada como um espaço com características essencialmente urbanas / infraestruturas, integrando as áreas de protecção complementar do tipo II, onde a importância dos valores naturais presentes é menos significativa e a sua sensibilidade ecológica é média ou baixa, estando sujeitas a parecer do Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade, I. P., as obras de reconstrução, entre outras, das edificações existentes. Constituem objectivos prioritários destas áreas a contenção da edificação e amortecer os impactes ambientais que prejudicam as áreas sujeitas a níveis superiores de protecção que, conforme Fig. 4.2.3 (Plano 1), confrontam o *Campus* a oeste e a sul (protecção parcial + intervenção específica do Ludo e Pontal) e a norte (protecção complementar I).

As áreas de protecção parcial compreendem as zonas que contêm valores naturais e paisagísticos relevantes ou excepcionais, apresentando uma sensibilidade ecológica elevada ou moderada, integrando áreas florestais cujo valor florestal é excepcional e com objectivos prioritários de preservação, manutenção ou recuperação, dos valores que as definem (art. 11º do POPNR). A área de intervenção específica do Ludo e Pontal (art. 27º do POPNR), visa assegurar a manutenção e recuperação do estado de conservação favorável dos valores naturais e impedir a degradação nas zonas húmidas e nas zonas florestais. Nesta área deve ser dado cumprimento, entre outras, às medidas de gestão dos cursos de água e vegetação associada, bem como ao sistema de diques e valas, no sentido de evitar a drenagem em excesso da área (Plano 1 - Figs. 4.2.4.e.4.2.5).

As áreas de protecção complementar I correspondem a áreas de enquadramento, transição ou amortecimento dos impactes ambientais relativamente às áreas de protecção parcial, integrando áreas rurais, com edificação dispersa, onde predomina o uso agrícola (art. 13º do POPNR).

De acordo com o PDM de Faro (Anexo B) e o Plano Verde de Faro, a área em análise encontra-se inserida no sistema contínuo de protecção e valorização, sistema de mata de pinhal manso com conjunto arbóreo a manter e a valorizar, com significado em espaços "Naturais". É confrontada a nascente com uma área consolidada, com ocupação essencialmente habitacional.

Clima

A abordagem ao clima de Faro assenta numa breve caracterização geral sobre o clima da região e, referente às variáveis climáticas temperatura e precipitação, é particularizada uma análise comparativa actual dos valores referentes ao período 2009/2010 e as normais climatológicas¹ (1971/2000). A escolha destes dois anos deveu-se à ocorrência de anomalias positivas, em relação ao valor normal², dos dois elementos climáticos, em Faro.

Na análise comparativa, recorreu-se aos dados disponíveis no site do Instituto de Meteorologia, I. P., (I.M., 2012), actual Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I. P., de forma a explicitar, com base em fonte oficial, a importância da aplicação de medidas mitigadoras não só no âmbito do aumento da eficiência energética dos edifícios, de que é exemplo a proposta apresentada nesta dissertação, mas igualmente no âmbito do conforto bioclimático das espécies vegetais.

Na caracterização do clima da área em estudo foram utilizados os registos disponíveis da precipitação e temperatura, e de outros parâmetros climáticos como humidade relativa, vento e insolação, da estação climatológica do Aeroporto de Faro (tab. 4.2.1.), ainda no caso da insolação, recorreu-se ao traçado das isolinhas que constam no Atlas Climatológico de Portugal.

O clima da região onde se insere a área em estudo é influenciado por factores regionais e locais, salientando-se a sua posição geográfica na fachada meridional de Portugal Continental (Plano 2 - Fig. 4.2.9.), e a situação de abrigo proporcionada pela Serra Algarvia.

A conjugação destes factores implica que a área de estudo se insira numa região de clima do tipo marítimo, sub-tipo Algarve, onde os verões são do tipo quente, com a temperatura máxima média do mês mais quente (Julho / Agosto) variando entre 29°C e 32°C, meses onde se registam temperaturas superiores a 25°C anualmente em média, em cerca de 150 dias. Em termos médios, a precipitação anual varia entre 1277 mm e 406 mm, com o valor médio ponderado de 653 mm para todo o Algarve.

Segundo a classificação de Koppën -Geiger, na maior parte do território Continental, o clima é Temperado, do Tipo C, verificando-se o Subtipo Cs (Clima temperado com Verão seco), sendo na região em análise, Faro, CSa Mediterrâneo (Plano 2 - Figs. 4.2.6. a 4.2.9.), semi-árido, caracterizado por uma estação seca prolongada, entre Junho e Setembro, que abrange os meses mais quentes de Verão, e uma estação chuvosa, de temperatura amena, entre Novembro/Dezembro e Fevereiro, que corresponde aos meses de Inverno.

Tabela 4.2.1.

Estação meteorológica mais próxima da área de estudo

Localização	Entidade	Latitude (N)	Longitude (W)	Altitude (m)
Faro (Aeroporto)	I.M., I.P.	37°01′	07°59′	8

1 Designam-se por normais climatológicas os apuramentos estatísticos em períodos de 30 anos que começam no primeiro ano de cada década (I.M., 2012).

2 Valor médio correspondente a um número de anos suficientemente longo para se admitir que ele representa o valor predominante daquele elemento no local considerado (I.M., 2012).

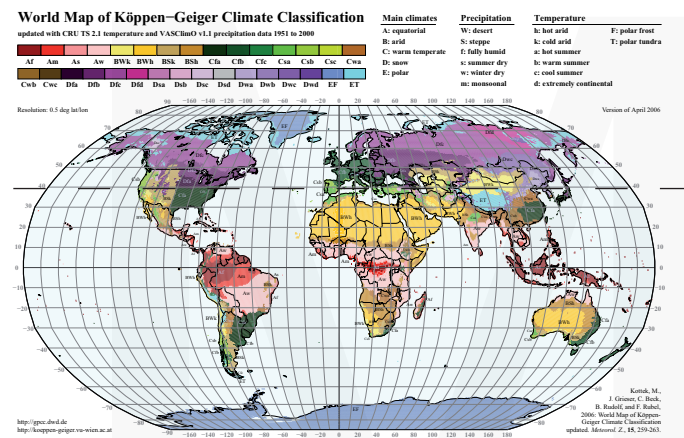


Figura 4.2.6.

Fig. 4.2.6. - Mapa climático segundo a classificação de Köppen-Geiger

Fonte: Kottek et al, 2006

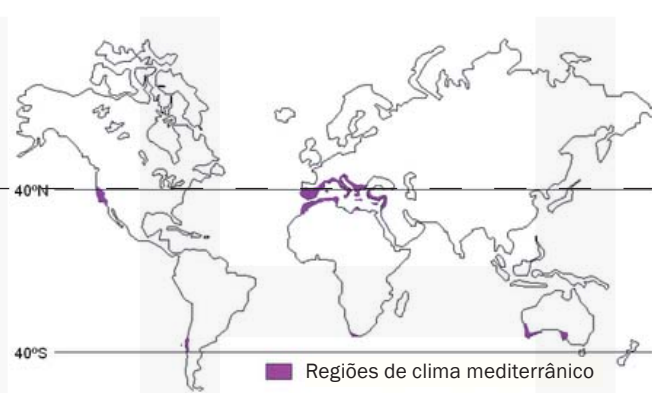


Figura 4.2.7.

Fig. 4.2.7. - Distribuição das regiões de Clima Mediterrânico

Fonte: en.wikipedia.org

Clima Mediterrânico

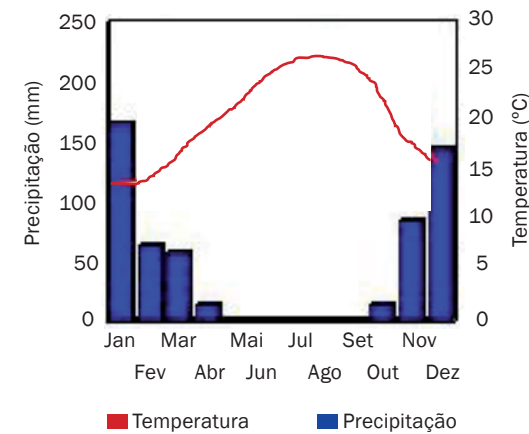


Figura 4.2.8.

Fig. 4.2.8. - Diagrama característico do Clima Mediterrânico - Precipitação e Temperatura

Fonte: worldmap-medit-c

Classificação Climática de Köppen-Geiger

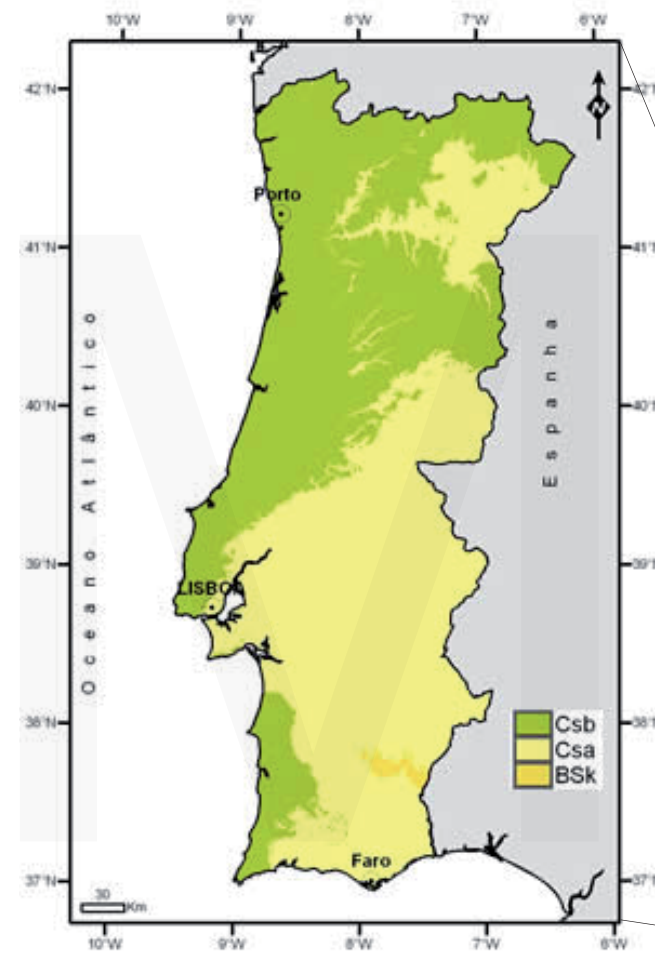


Figura 4.2.9.

Csa - clima temperado com Verão seco e quente
 Csb - clima temperado com Verão seco e suave
 BSk - clima de estepe fria de latitude média

Fig. 4.2.9. - Portugal Continental segundo a classificação climática de Köppen-Geiger

Fonte: I.M., 2012



Figura 4.2.9a. Projecção ortográfica da Europa

Fonte: Ssolbergj, 2009

PLANO 2 - CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA
 Enquadramento climático da área de estudo onde se insere a proposta

MHMR

MHMR

MHMR

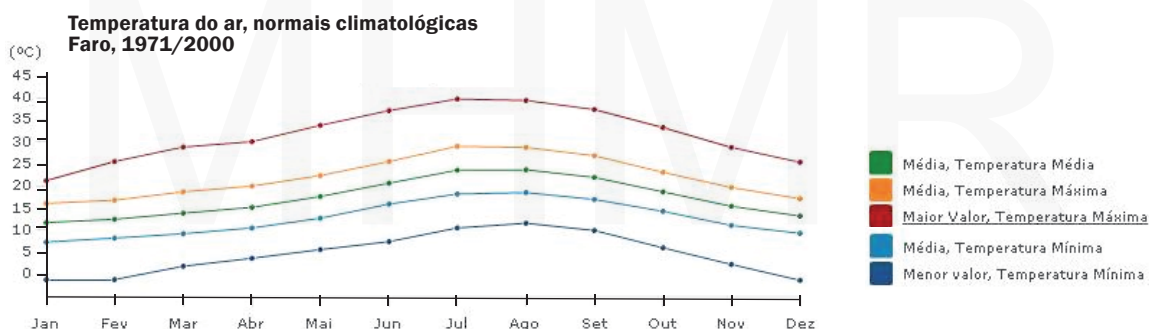


Figura 4.2.10. Temperatura do ar, normais climatológicas, Faro, 1971/2000

Fonte: I.M., 2012

Temperatura

A temperatura média anual em Faro situa-se nos 17,5°C, sendo que a amplitude média da variação anual é de cerca de 9,0°C, facto que é indicativo da influência marítima dominante.

Analisando os valores das normais climatológicas de Faro (1971/2000) (Fig. 4.2.10.), verifica-se que as temperaturas médias mensais mais altas registam-se entre os meses de Junho e Setembro, sendo os meses de Julho e Agosto os mais quentes, apresentando temperaturas máximas superiores a 28°C e a média dos valores mínimos da ordem dos 18°C. Entre Dezembro e Fevereiro, registam-se as temperaturas médias mensais mais baixas, sendo os valores médios da temperatura mínima da ordem dos 12,7°C e os valores médios da temperatura máxima da ordem dos 22°C (tab. 4.2.2.).

No ano de 2009, em Portugal Continental, os valores médios da temperatura máxima e média do ar foram superiores à normal climática (1971/2000), +0,9°C, +0,5°C, respectivamente, e o valor médio da temperatura mínima foi próximo à normal, com uma anomalia positiva de +0,1°C (Fig. 4.2.11.).

Durante esse ano ocorreram anomalias positivas da temperatura máxima significativas, em particular nos meses de Março, Maio e Outubro. A anomalia negativa mais significativa da temperatura máxima foi em Janeiro. Com relação à temperatura mínima, salientam-se por um lado as anomalias positivas nos meses de Junho, Outubro e Novembro e por outro lado, as anomalias negativas nos meses de Fevereiro, Abril e de Julho. O valor médio mensal da temperatura mínima foi de 14,3°C, em Faro, no ano de 2009 (tab. 4.2.2.), com um desvio em relação à normal de +1,6°C,

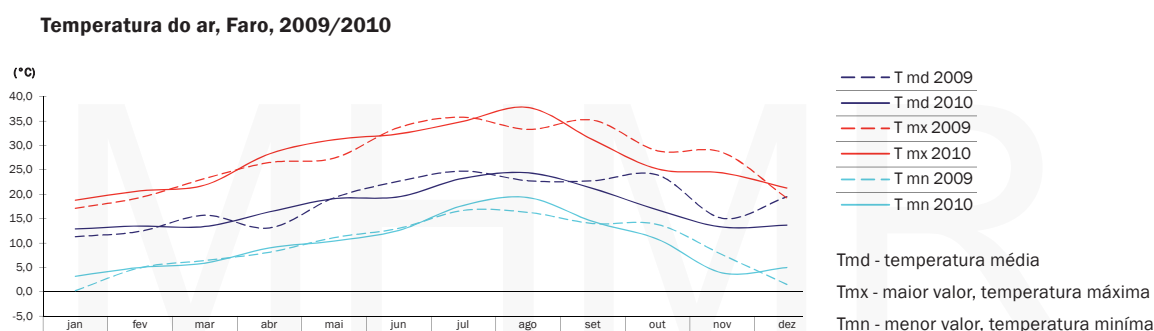


Figura 4.2.11. Temperatura média e valores máximos e mínimos, mensais.

Fonte: adaptado de I.M., 2012

Tabela 4.2.2.
Temperatura média anual comparada - Anos 2009 / 2010

Fonte: adaptado de I.M., 2012.

Temperatura do Ar (°C)										
Local	Média Temp. Máxima		Normal Climatológica ⁽¹⁾ 1971-2000	Média Temp. Mínima		Normal Climatológica 1971-2000	Valores extremos da Temperatura Período Janeiro 2009 - Dezembro 2010			
	2009	2010		2009	2010		Máxima Ocorrida ⁽²⁾	Dia/mês/ano	Mínima Ocorrida ⁽³⁾	Dia/mês/ano
	Faro	22,6	22,3	22,0	14,3	14,8	12,7	37,8	13 Ago 2010	0,2

(1) Média 1971 - 2000

(2) Maior valor da temperatura máxima ocorrida no período 2009-2010

(3) Menor valor a temperatura mínima ocorrida no período 2009-2010

sendo o valor médio mensal da temperatura máxima de 22,6°C, com desvio também positivo em relação à normal de +0,6°C.

De salientar, no mês de Junho, a ocorrência de duas ondas de calor em todo o território do Continente, nos períodos de 27 de Maio a 3 de Junho e de 10 a 22 de Junho, este último com maior incidência nas regiões do Sul, tendo-se registado em Faro uma onda de calor com a duração de 7 dias entre 10 e 16 de Junho.

No ano de 2010, em Portugal Continental, é de destacar o Verão (Junho, Julho, Agosto) muito quente, sendo o segundo Verão com a temperatura máxima e média do ar mais elevada desde 1931 (a temperatura mais elevada ocorreu em 2005 com 30,5°C e 23,4°C, respectivamente). O valor médio mensal da temperatura máxima do ar, em Faro, foi de 22,3°C, com uma anomalia de +0,3°C em relação à normal (tab. 4.2.2.), e a temperatura média mensal atingiu o valor de 20,4°C, com anomalia de +2,7°C. A temperatura mínima do ar também foi superior à normal, com uma anomalia de +2,1°C. No mês de Julho, a persistência de valores muito elevados da temperatura do ar originou na população uma sensação de desconforto térmico que, nesse mês, e de acordo com o Índice WSI (Weather Stress Index – índice utilizado na medição do desconforto térmico), pode classificar-se de elevado a extremo (Fig. 4.2.11.). Ainda nesse mês, ocorreram valores de temperatura mínima do ar superiores a 20,0°C (noites tropicais) em quase todo o território do Continente, com realce para o sotavento algarvio, com Faro a registar 22 noites tropicais.

Na continuidade de Julho, o mês de Agosto caracterizou-se por valores médios da temperatura do ar, máxima, média e mínima, bastante superiores às normais climatológicas (1971-2000) em todo o território do Continente (Fig. 4.2.11. e tab. 4.2.2.). O número de noites tropicais observado na estação meteorológica de Faro foi de 27.

O número médio de dias (2009/2010) com temperatura máxima do ar igual ou superior a 25°C, em Faro, foi de 71,5 dias, superior à normal, de 55 dias (tab. 4.2.3.).

Relativamente ao Clima Mundial, o ano 2010 foi um dos anos mais quentes desde 1850, ano de início dos registos climáticos consolidados, de acordo com a Organização Meteorológica Mundial (OMM) (IM, 2012). O aquecimento foi muito significativo em alguns continentes, regiões e sub-regiões, de que são exemplo a África, o Ártico e a Ásia Central, respectivamente, em contraste com regiões em que se observaram valores de temperatura média do ar abaixo da normal, tais

como do Sudoeste da América do Sul, Europa do Norte e Ocidental e a Sibéria Ocidental e Central, na Rússia, tendo sido considerado o ano mais frio, desde 1996, no Norte da Europa e desde 1998, na região Norte da Ásia.

Segundo a OMM (2009), no último decénio, 2001-2010, a temperatura global apresenta uma anomalia de +0,46°C acima da normal de 1961-1990, o maior valor registado até agora para um período de 10 anos.

Precipitação

A média anual da precipitação total foi, no período considerado, da ordem dos 523 mm, facto que lhe confere características próximas do clima semi-árido, sendo a sua distribuição anual tipicamente mediterrânica, com um período chuvoso e outro seco, bem individualizados (Figs. 4.2.8. (Plano 2) e 4.2.12. / 4.2.13.).

Os meses mais chuvosos registam-se entre Novembro e Fevereiro, apresentando o mês de Dezembro o valor mais elevado de precipitação média mensal. Os meses secos são Junho, Julho e Agosto e os meses de Maio e Setembro são meses de transição, apresentando valores de precipitação baixos.

Depois de seis anos consecutivos com invernos mais secos que o normal, o inverno 2009/2010 (Dezembro, Janeiro, Fevereiro), classificou-se como um inverno chuvoso a extremamente chuvoso, sendo o ano 2010, em todo o território nacional, caracterizado como o ano mais chuvoso da última década (2001/2010), com 1063 mm, o que superou em quase 20% o valor da normal (1971/2000), onde se destacou o mês de Março que registou o terceiro valor mais alto de precipitação dos últimos 30 anos (I.M., 2012).

A nível nacional, o total da precipitação registado nesse inverno, em algumas estações meteorológicas, foi o mais elevado ou o segundo mais elevado desde o início da estação. Foi o caso de Faro, onde se registou o valor total de precipitação de 521,2 mm, com uma anomalia + 199,0 mm, precedido do valor registado no inverno de 1995/6, de 555,4 mm (Figs. 4.21.12. e 4.2.13.).

Tabela 4.2.3.

Análise comparada do número de dias com temperatura $\geq 25^{\circ}\text{C}$ e 35°C , Faro, 2009/2010.

Fonte: adaptado de I.M., 2012.

Meses	Nº Dias Temperatura				Média 71-00	
	$\geq 25^{\circ}\text{C}$		$\geq 35^{\circ}\text{C}$		$\geq 25^{\circ}\text{C}$	$\geq 35^{\circ}\text{C}$
	2009	2010	2009	2010		
Abr		3			2	
Mai	10	7			6	
Jun		17	10		15	
Jul			17	19		12
Ago			13	17		10
Set			6	5		4
Out	12				6	
Total	22	34	46	41	29	26

Tabela 4.2.4.

Análise comparada do número de dias de precipitação com valores $\geq 1\text{mm}$, Faro, 2009/2010.

Fonte: adaptado de I.M., 2012.

Meses	Nº Dias Prec. $\geq 1\text{mm}$		Média 71-00
	2009	2010	
Jan	10	11	7
Fev	5	19	8
Mar	0	11	5
Abr	4	0	6
Out	0	5	5
Nov	2	11	7
Dez	16	16	9
Total	38	73	40

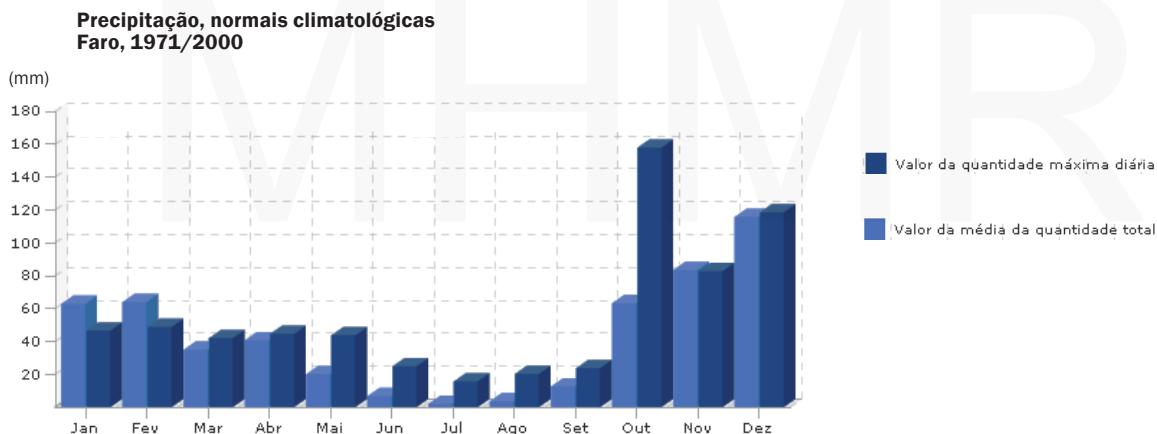


Figura 4.2.12. – Precipitação, normais climatológicas, Faro, 1971/2000

Fonte: I.M., 2012

O número de dias com precipitação superior ou igual a 1 mm foi superior ao valor normal, 1971 - 2000, com ocorrência frequente de períodos de chuva ou aguaceiros, por vezes fortes, sendo registado em Fevereiro de 2010, os maiores valores nas regiões do Sul (tab. 4.2.4.).

No ano de 2009, decorreu uma situação de seca entre Março e Outubro em todo o território, onde apenas nos meses Janeiro, Junho, Novembro e Dezembro, os valores de precipitação foram superiores aos valores da normal, sendo de salientar o mês de Dezembro com cerca de 60% acima do valor médio. Em Faro, esse valor foi de 52% acima da normal, com um registo de 239,3 mm face aos 115,6 mm da normal (1971/2000) e a ocorrência do valor da quantidade máxima diária de precipitação durante o ano de 40,5 mm, no dia 21 (tab. 4.2.5. e Fig. 4.2.13.).

Em relação à quantidade de precipitação ocorrida no Verão 2010, o valor registado foi inferior ao valor normal (1971/2000), com uma anomalia de cerca -25mm, sendo classificado como um Verão seco a normal em quase todo o território.

A ocorrência de dias com intensas precipitações no Sul do continente tem um importante significado regional, pelo contributo no total pluviométrico e pelas consequências desastrosas que normalmente provocam devido ao escoamento torrencial que originam, uma vez que se registam com maior frequência nas áreas de maior escassez pluviométrica, como é o caso da maior parte do Algarve. Nesse sentido, será relevante adicionar aos dados apresentados, três datas recentes com valores da quantidade de precipitação máxima diária, elevados.

Tabela 4.2.5.

Precipitação média anual comparada, Faro - 2009 / 2010

Fonte: adaptado de IM, 2012.

Quantidade de precipitação (mm)													
Local (Ano de início da série)	2009/2010				Normal Climatológica ⁽¹⁾ 1971-2000	Valores Extremos da Precipitação							
	Total anual		Precip.	Dia/mês (ano)		Máximo Anual		Mínimo Anual		Máximo Diário (desde 1941)			
	2009	2010			Média Anual	Precip.	Ano	Precip.	Ano	Precip.	Dia	Mês	Ano
Faro (1966)	456,8	717,5	40,5	21/12 (2009)	509,1	1157	1990	208	1983	158	14	10	1989

(1) Média 1971 - 2000

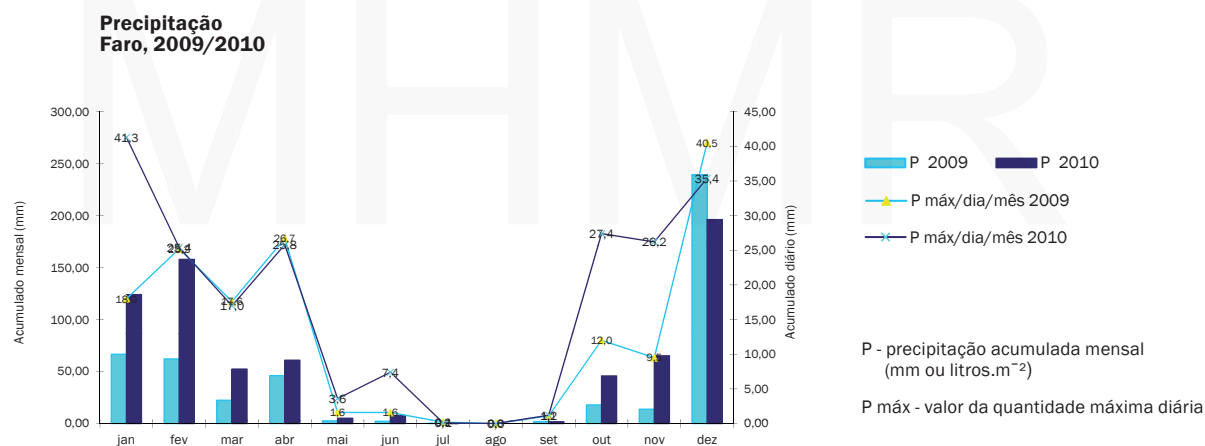


Figura 4.2.13. – Precipitação acumulada mensal e valores máximo diário.

Fonte: adaptado de I.M., 2012

Referente ao ano de 2011, os valores registados nos dias 24 de Outubro (40,7 mm) e 20 de Novembro (61,3 mm), da quantidade de precipitação máxima diária, representam 64% e 73%, respectivamente, da normal da quantidade total mensal (63,3 mm e 83,5 mm). Mais recentemente, no dia 22 de Outubro de 2012, o valor da quantidade de precipitação máxima diária de 41,1 mm, representa 65% da normal (1971/2000).

Ventos

Os ventos mais frequentes durante o ano são os ventos de W (21% da média anual) e de NW (16,3% da média anual), sendo também representativos os ventos de E (13,2% da média anual), SW (12,6% da média anual) e N (11,1% da média anual). Os ventos que em média atingem maior velocidade durante o ano são os de E (17,2 Km/h) e W (17,1Km/h) seguidos dos ventos de SW (16,2 Km/h) e SE (15,5 Km/h). Em Faro (aeroporto), as maiores velocidades atingem-se em Dezembro e Janeiro e são provenientes do quadrante sul.

Refira-se ainda que o “Levante”, vento quente e seco que sopra de E ou SE, é característico do Sotavento Algarvio sendo frequente na Primavera, Verão e princípio de Outono, estando associado a valores muito altos da temperatura do ar durante o Verão.

O regime de brisas contribui para os contrastes térmicos que se observam na região. Nas áreas próximas do litoral, como Faro, beneficiam do efeito de regulatização térmica que o mar exerce.

Insolação

A radiação global na área de estudo é da ordem de 165 kcal/m², correspondendo a uma das áreas de maior radiação em Portugal Continental. As isolinhas de insolação revelam, nas zonas costeiras e ao longo do rio Guadiana, valores superiores a 3 000 horas anuais, correspondendo a cerca de 70% do total. Os valores médios mensais mais altos verificam-se nos meses de Maio a Agosto e os valores mais baixos registam-se nos meses de Dezembro a Fevereiro, com valores superiores a 55% de horas de Sol.

Humidade relativa

Os valores médios anuais da humidade relativa variam entre 70% (às 9.00h) e os 75% (às 21.00h), atingindo valores de 62% (às 15.00h). Os valores médios mensais mais altos registam-se em Dezembro, Janeiro e Fevereiro, e os mais baixos registam-se em Julho e Agosto.

Nebulosidade

A nebulosidade é máxima no Inverno e mínima no Verão, sendo que dominam os dias descobertos embora também haja uma presença representativa de dias parcialmente encobertos.

Evaporação e Evapotranspiração

Os valores mais elevados de evaporação verificam-se nos meses de Julho e Agosto, enquanto que os menores valores se observam em Janeiro. Em média, a evaporação anual varia entre um mínimo de 1 070 mm, na Praia da Rocha, e um máximo de 2 500 mm, em Figueirais.

No que respeita à evapotranspiração potencial, a média anual é de 850 mm, com um máximo de 895 mm, em Faro. A evapotranspiração real, o valor médio anual situa-se em 500 mm.

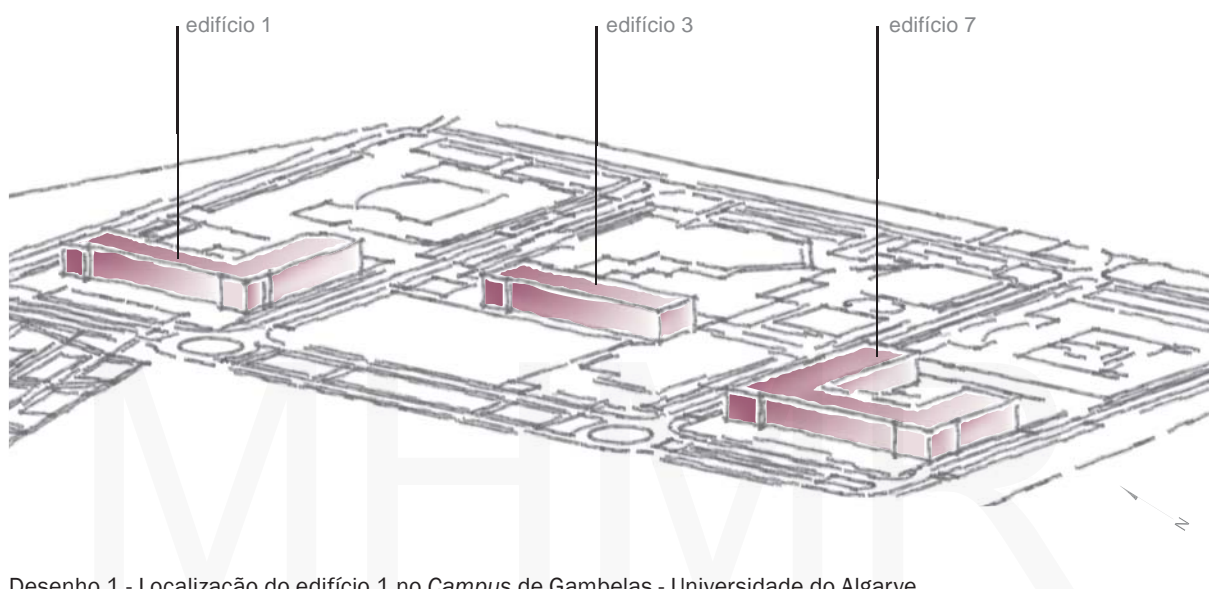
4.3. Identificação e Caracterização do Edifício em Análise

Com base nos documentos do Gabinete de Projectos de Arquitectura e Engenharia, Plano X (1989, 1990, 1996), referentes ao processo de construção do edifício 1, foi possível apresentar uma breve sequência cronológica, e justificativa, do desenvolvimento dos volumes edificados no Campus de Gambelas, com destaque para o edifício alvo de análise.

Em Setembro de 1988, a Universidade do Algarve – Instituto Politécnico de Faro (U.A.L. – I.P.F.), lançou um concurso para o Estudo Prévio do que foi designado por 1ª Fase, ou Fase 1, da Construção da U.A.L. – I.P.F. no *Campus* de Gambelas, em Faro, com base nos documentos “Revisão do Plano Geral” e “Programa Preliminar”, de Fevereiro de 1988. A proposta apresentada pelo Gabinete Plano X – arquitectura e engenharia, Lda., foi a seleccionada e a base à elaboração do Anteprojecto ou Projecto Base, de Novembro de 1989.

A 1ª Fase de construção do concurso englobou diversos edifícios e a execução de arranjos exteriores que as condições do concurso consideraram como nele englobados, entre eles, a 1ª fase do edifício da ex-Unidade Estrutural de Economia e Administração, actual Edifício 1 (Ed.1), objecto onde incide a proposta da presente dissertação.

Na organização espacial do *Campus*, o Edifício 1 foi inserido no módulo de malha de planeamento a Norte do edifício - Complexo Pedagógico (actual Edifício 3), em posição simétrica ao edifício da ex-Unidade Estrutural de Ciências e Tecnologia dos Recursos Aquáticos (actual Edifício 7) (Desenho 1). A construção destes três edifícios foi englobada na 1ª Fase de construção do *Campus* de Gambelas.



Desenho 1 - Localização do edifício 1 no *Campus* de Gambelas - Universidade do Algarve

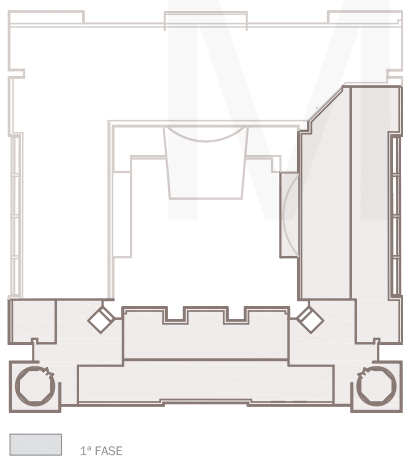


Fig. 4.3.2. Planta de cobertura edifício 1 - 1ª e 2ª fases de construção. Esc. 1:1000

Fonte: Autora, adaptado de Plano X, 1988/96

A área de implantação do Ed.1 inscreve-se num perímetro quadrilátero de 72 m de lado, constituído por quatro alas que circunscrevem um pátio interior. No projecto de execução da 1ª fase do edifício foi considerada a construção de dois corpos, Poente e Sul, e dois núcleos de acessos verticais. A obra foi concluída em 1991. A área, alvo de análise do presente estudo, corresponde à cobertura destes dois corpos (Fig. 4.3.2.). O fecho do quadrilátero foi realizado posteriormente, na 2ª fase de construção.

A área total do edifício é de 7950 m², dos quais 5180 m² são de área climatizada, correspondendo 3650 m² à 1ª fase. Com um pé direito de 3 metros, é constituído por 3 pisos, maioritariamente nos corpos Nascente e Norte.

O edifício tem uma ocupação média de 809 pessoas, dispondo duma potência térmica instalada de aquecimento de 967 kW e de arrefecimento de 812 kW, segundo o documento de auditoria energética realizada ao edifício em 2010 (AREAL, 2010).

De acordo com a distribuição de concelhos de Portugal em zonas climáticas feita pelo RCCTE (Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios - Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril), o edifício situa-se na zona climática I1 (Inverno) e V2-S (Verão) (Fig. 4.3.3.), correspondendo a uma exposição solar média de 4,3 meses por ano e a uma temperatura média de verão na ordem dos 23 °C.

O edificio, no geral, é composto por salas de aula, gabinetes, zonas administrativas, W.C's, auditório e bar, sendo frequentado, em média, por 820 utilizadores por dia, durante pelo menos 260 dias por ano (AREAL, 2010).



Figura 4.3.3. Zona climática I1 (Inverno) e V2-S (Verão)

Fonte: DL, 2006.

A cobertura do edifício 1 (1ª Fase) - área da proposta

SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA

- Condicionantes e Aptidões

A área onde incide a proposta é uma cobertura plana, classificada como não acessível (apenas para trabalhos de manutenção) e o acesso é realizado através dos dois núcleos de escadas, localizadas nos elementos verticais AV1 e AV2 que ligam as alas Poente-Norte e Sul-Poente, respectivamente, conforme Desenho 2.

A cobertura estende-se por toda a superfície do edifício (cerca de 1700 m²), apresentando alguns elementos marcantes que a caracterizam: o vazio correspondente ao átrio central do piso 0 (Desenho 2), duas áreas onde se dispõem os elementos de climatização e outros equipamentos (Desenho 3) e a área ocupada pelas caixas de ar (pára-sol) (Desenho 2 (Cortes D2-01), Desenho 3).

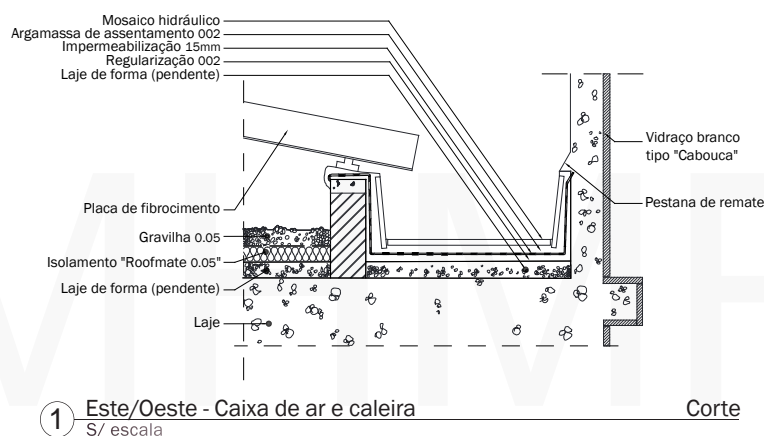
As caixas de ar presentes na cobertura têm como revestimento chapa de fibrocimento perfil SC (Desenho 3), assente em muretes de alvenaria e estruturas de apoio em elementos de betão pré-fabricado.

De acordo com Plano X (1990), é possível caracterizar a cobertura do ed. 1 como sendo uma cobertura invertida, excepto nas áreas sob as caixas de ar, conforme Corte (D3.01), onde não foi colocada a membrana de impermeabilização.

A pendente da cobertura, dada pela camada de forma, é de 2%. No Desenho 4 é apresentado o sentido de drenagem do piso da cobertura e a localização e diâmetro dos tubos de queda, conforme projecto consultado (Anexo A). Não foi possível confirmar o número total de sumidouros *in situ* em virtude da inacessibilidade a vários locais.

A existência de um parapeito (com altura mínima de 1,45 m) ao longo dos limites exteriores da cobertura, evita quedas por imprudência e oferece protecção aos diferentes componentes do

CORTE (D3.01)

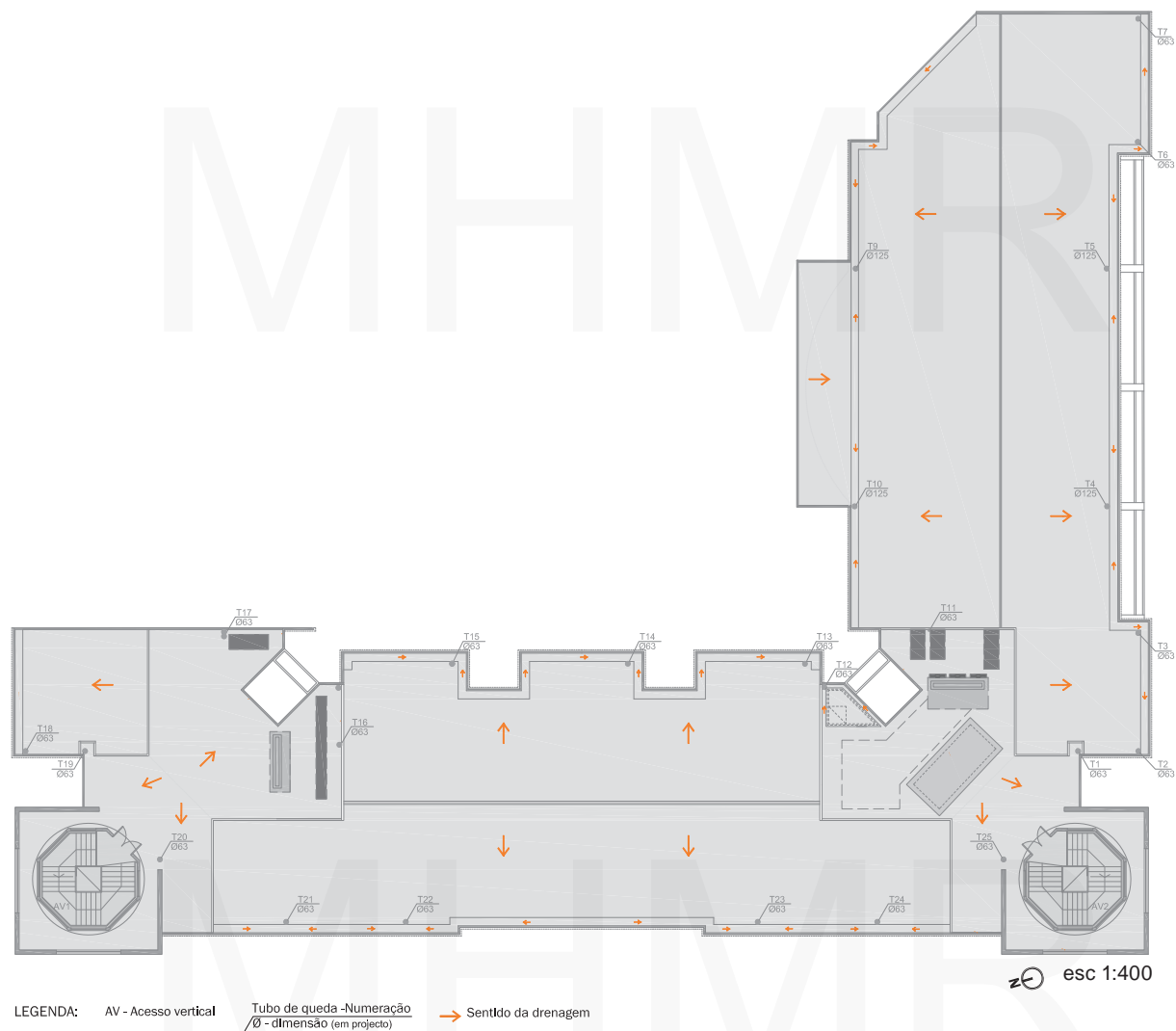


116 Capítulo IV

sistema de cobertura da acção dos vários agentes atmosféricos, fundamentalmente do vento.

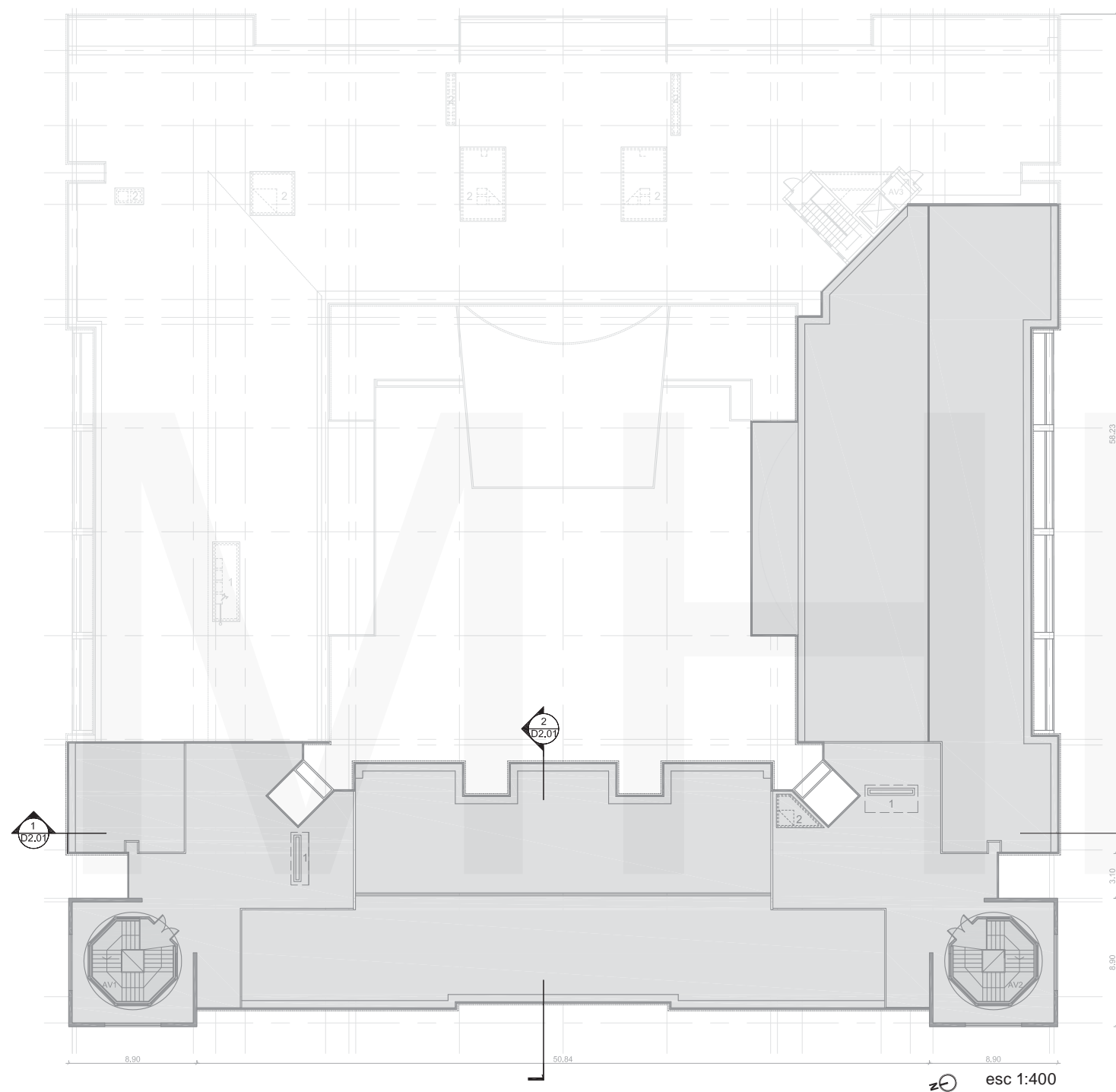
Uma vez que se trata da reabilitação de uma cobertura, a capacidade de carga da estrutura subjacente de $0,3 \text{ kN/m}^2$ (30 Kgf/m^2) (Plano X, 1990), não suporta uma utilização de carácter intensivo em toda a sua área, determinando e restringindo as acções que poderão ocorrer sobre ela (Vd. 3.1.1). Este facto, aliado ao intervalo de tempo desde a execução do edifício, a perda de estanqueidade da cobertura, desgaste dos elementos e as anomalias existentes, assunto a abordar posteriormente, indicam que seria prudente uma análise técnica da especialidade ao comportamento em serviço dos diferentes elementos do sistema.

A cobertura, dada a ausência de barreiras físicas visuais, beneficia de uma panorâmica de elevada qualidade cénica, em especial a oeste do *Campus*.



Desenho 4 - Sentido da drenagem da cobertura
Situação de referência da cobertura do edifício 1 (1ª Fase)

Fonte: Autora, adaptado de Plano X, 1988

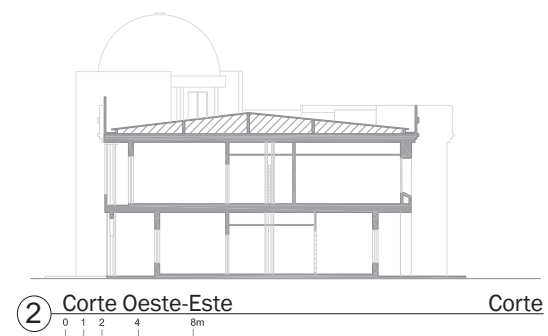
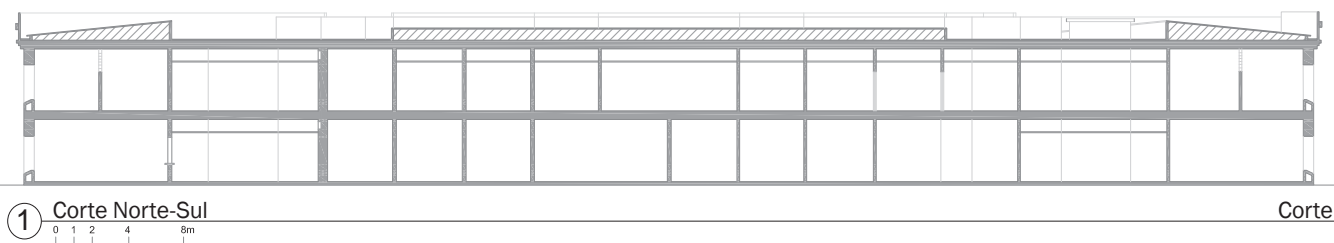


- LEGENDA:
- 1 - Casoto
 - 2 - Clarabóia
 - 1ª FASE
 - CAIXA DE AR

Desenho 2.01 - Cobertura do edifício 1

Fonte: Adaptado de Plano X, 1988

CORTES (D2.01)



DESENHO 2 - COBERTURA DO EDIFÍCIO 1
CORTES

Edifício 1
Campus de Gambelas - Universidade do Algarve - Faro

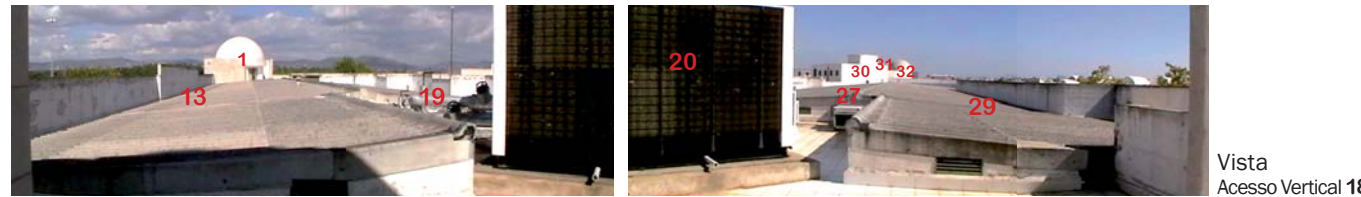
MHMR

MHMR

MHMR



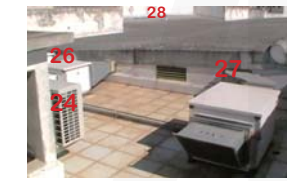
Vista Acesso Vertical 1



Vista Acesso Vertical 18

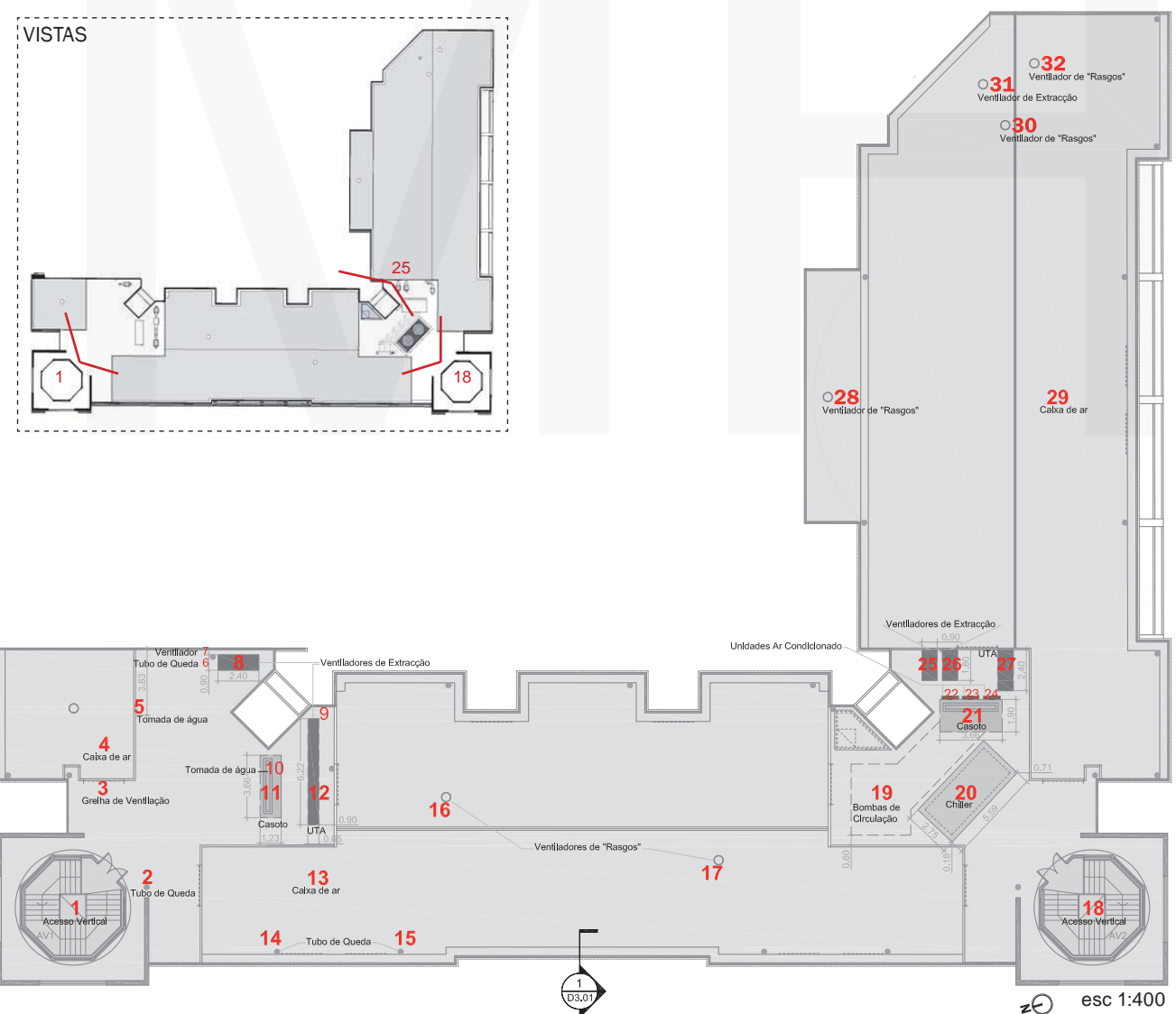


Vista Ventilador 25



DESENHO 3 - EQUIPAMENTOS E ELEMENTOS DA COBERTURA

Situação de referência da cobertura do edifício 1 (1ª Fase) Campus de Gambelas - Universidade do Algarve - Faro



Desenho 3.01 - Equipamentos e elementos da cobertura do edifício 1 - 1ª Fase
Fonte: Autora, adaptado de Plano X, 1988

Registo fotográfico 2010 - 2012
Fonte: Autora

MHMR

MHMR

MHMR

- Anomalias Existentes no Sistema De Cobertura Em Análise, Respectivas Causas







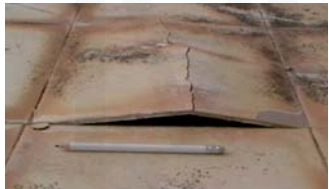



A análise à situação de referência deve ser considerada de cariz genérico uma vez que se trata de um tema a ser realizado por equipas da especialidade das diferentes áreas envolvidas.

O cruzamento do estado de conservação dos diferentes elementos do sistema de cobertura possíveis de registo (tabela 4.3.1.) com a síntese das acções de manutenção para os principais elementos de uma cobertura plana (Anexo C), sugere que será necessário e vantajoso a substituição parcial ou total de elementos antes do final da sua vida útil, minimizando os trabalhos extraordinários, a degradação prematura de todo o sistema e, por consequência, a melhoria da eficiência energética - ambiental do edifício, de acordo com os compromissos assumidos em Quioto, relativos às alterações climáticas (Vd 1.4.).

As coberturas são o segundo elemento construtivo mais afectado e com maior número de anomalias. A degradação prematura do sistema de coberturas não é apenas consequência de uma ineficaz execução dos seus elementos. De acordo com a bibliografia consultada, os principais agentes de deterioração de qualquer tipo de cobertura estão relacionados com factores atmosféricos (a água, temperatura, radiação solar, vento, agentes químicos, poluição devido ao

Tabela 4.3.1.
Exemplos do estado de conservação dos diferentes elementos do sistema de cobertura

Fonte: Autora

Anomalias: causas	Registos		
Superfície corrente			
Desenvolvimento de vegetação:			
Presença prolongada de água			
Falta de insolação			
Falta de manutenção com inspecções periódicas			
Permanência prolongada de água:			
Reduzida pendente			
Conformação insatisfatória da camada de forma			
Obstruções de caleiras / ralos			
Localização e número insuficiente de ralos			
Falta de manutenção			
Fissuração / fracturação / corrosão			
			

122 **Capítulo IV**

Tabela 4.3.1. (continuação)

Exemplos do estado de conservação dos diferentes elementos visíveis do sistema de cobertura

Anomalias: causas		Registos			
Pontos singulares					
Sistema de remates:					
Fissuração					
Insuficiente altura					
Descolamento					
Acumulação de detritos, vegetação parasitária					
Alvenarias da cobertura:					
Fissuração / fracturação					
Desagregação					
Presença de infiltrações					
Humificação da alvenaria					
Sujidade superficial					
Degradação do revestimento das caixas de ar					
Fissuração / fracturação					
					
Sistema de drenagem					
Acumulação de água e manchas junto a tubos de queda e caleiras:					
Deficiente regularização das superfícies acabadas					
Deficiente limpeza do suporte					
Humidade					
Acumulação de detritos					
Ausência de manutenção e inspeções					
Estrangulamento dos pontos de evacuação					
Entupimento dos ralos:					
Acumulação de detritos					
Degradação dos materiais vedantes dos tubos de queda					
Deficiente limpeza do suporte					
Ausência de manutenção e inspeções					
Localização e número insuficiente de ralos					

tráfego e uso indevido).

A água representa o factor que mais influência o processo de degradação de uma cobertura. A sua acumulação numa cobertura permite o desenvolvimento de microorganismos e vegetais parasitas (tabela 4.3.1.), provocando uma perda nas características dos diferentes elementos do sistema da cobertura. Quando o sistema apresenta fissuras, a água pode infiltrar-se nessas zonas. Esta perda de estanqueidade foi registada na cobertura em análise nos eventos de grande pluviosidade ocorridos nos anos 2011 e 2012, assinalados no ponto 4.2. - clima (precipitação).

As temperaturas elevadas apresentam uma forte influência nos produtos betuminosos, tendo como resultado a sua retracção, endurecimento e fissuração, provocando, por consequência, a degradação acelerada de todo o sistema de cobertura.

4.4. Proposta

A cobertura do edifício 1 (ed. 1) carece de resolução urgente de intervenção e é nesse sentido que a presente dissertação propõe a implantação de uma Cobertura com Vegetação como medida de eficiência energética e de filtragem e aproveitamento das águas pluviais.

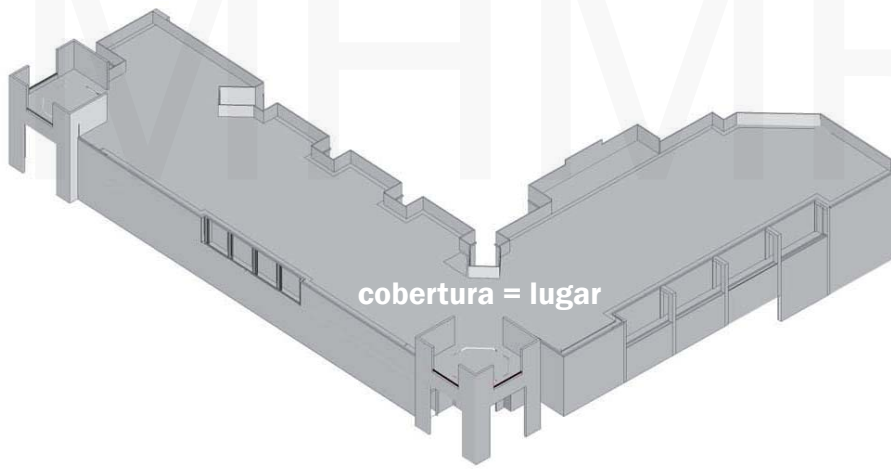
A análise das principais condicionantes da área da proposta foi o ponto de partida para a definição dos objectivos de carácter funcional, tendo-se procurado potenciar as particularidades do espaço.

A proposta de uma Cobertura com Vegetação (CcV) como sistema passivo na reabilitação de edifícios recai no ed. 1 porque, como referido anteriormente, trata-se de um edifício que revela na cobertura um nível de degradação avançado ao nível das camadas de protecção da laje, perda de estanqueidade em periodos de forte queda pluviométrica e a presença de placas de fibrocimento deterioradas com características perigosas para a saúde pública (DL, 1994).

A limitada capacidade de suporte de carga determina a restrição de utilização deste espaço. Contudo, a eventual presença de pessoas na cobertura aconselhou a adoptar também uma abordagem estética para o espaço. Desta forma, não se beneficia apenas das vantagens de índole ecológica, característica das CcV, sendo reforçada a componente cénica.

Procurou-se beneficiar o sistema de circulação ao longo de toda a cobertura por forma a facilitar os trabalhos de manutenção da cobertura e dotar o espaço de um eficaz sistema de drenagem.

Remetendo para a classificação que distingue a cobertura em função do seu uso (Vd. 3.2.1) e de acordo com as restrições do local, propõe-se uma zona verde de carácter extensivo.



Desenho 5 - Conceito da proposta
Proposta de uma Cobertura com Vegetação - edifício 1

Fonte: Autora

CONCEITO

O uso pretendido para o espaço lança o desafio para a formalização dos objectivos apontados. O desenho da proposta é o resultado de uma solução de compromisso entre factores de várias ordens: funcional, estética/intuitiva, técnica, entre outras.

O conceito de intervenção (Desenho 5) desenvolve-se em torno da comunicação entre o edifício e a zona adjacente, reconvertendo a área a reabilitar através da permuta dos materiais inertes e degradados por materiais vivos e materiais recicláveis / certificados / homologados.

Um aspecto determinante do desenho foi proporcionar uma ligação fácil entre os acessos verticais, ao nível da cobertura, inexistente, assim como a todo o perímetro do espaço.

O desenho do espaço sobre a cobertura é simples e facilmente legível para um observador que circule na área acessível da cobertura (Fig. 4.4.1.).



Figura 4.4.1. Esboço da proposta

Fonte: Autora

SOLUÇÕES TÉCNICAS E FUNCIONAIS

Do conjunto de equipamentos / elementos existentes na cobertura e do seu estado de conservação, as placas de fibrocimento mereceram especial atenção uma vez que se encontram, segundo a legislação em vigor, numa situação de conservação em que o fibrocimento se torna potencialmente perigoso, tendo em consideração o ano de fabrico das placas (anterior a 1994).

Nesse sentido, a total remoção das caixas de ar de toda a cobertura, englobando o revestimento¹ e o conjunto de estruturas de apoio, foi a base de construção da proposta (Desenho 6).

A nova reorganização espacial proposta (Desenho 7), com a eliminação destas estruturas, e assim, a diminuição de obstáculos físicos à drenagem de águas pluviais, permite

¹ De acordo com o Decreto-Lei nº 266/2007, as placas de fibrocimento com amianto devem ser removidas por equipas especializadas.

o aumento da eficácia do sistema de drenagem da cobertura. No desenho da proposta foi considerado o sentido da pendente da camada de forma de projecto (Desenho 4).

Outro factor que reforça a aplicação desta medida diz respeito à possibilidade de circular ao longo da cobertura e a ter acesso aos vários elementos e equipamentos sujeitos a acções de manutenção regulares.

O sistema de circulação que se propõe considera um eixo de ligação entre os acessos, no corpo poente e, no corpo sul, uma ligação do acesso AV2 ao ponto mais distante da cobertura, sentido nascente. (Desenho 7.01 - A).

A selecção dos materiais a utilizar nos pavimentos deve ter em consideração o coeficiente de permeabilidade, a resistência às condições climáticas e a cor, sendo sugerido o emprego de piso permeável nos eixos principais e materiais inertes nos percursos secundários e valas laterais.

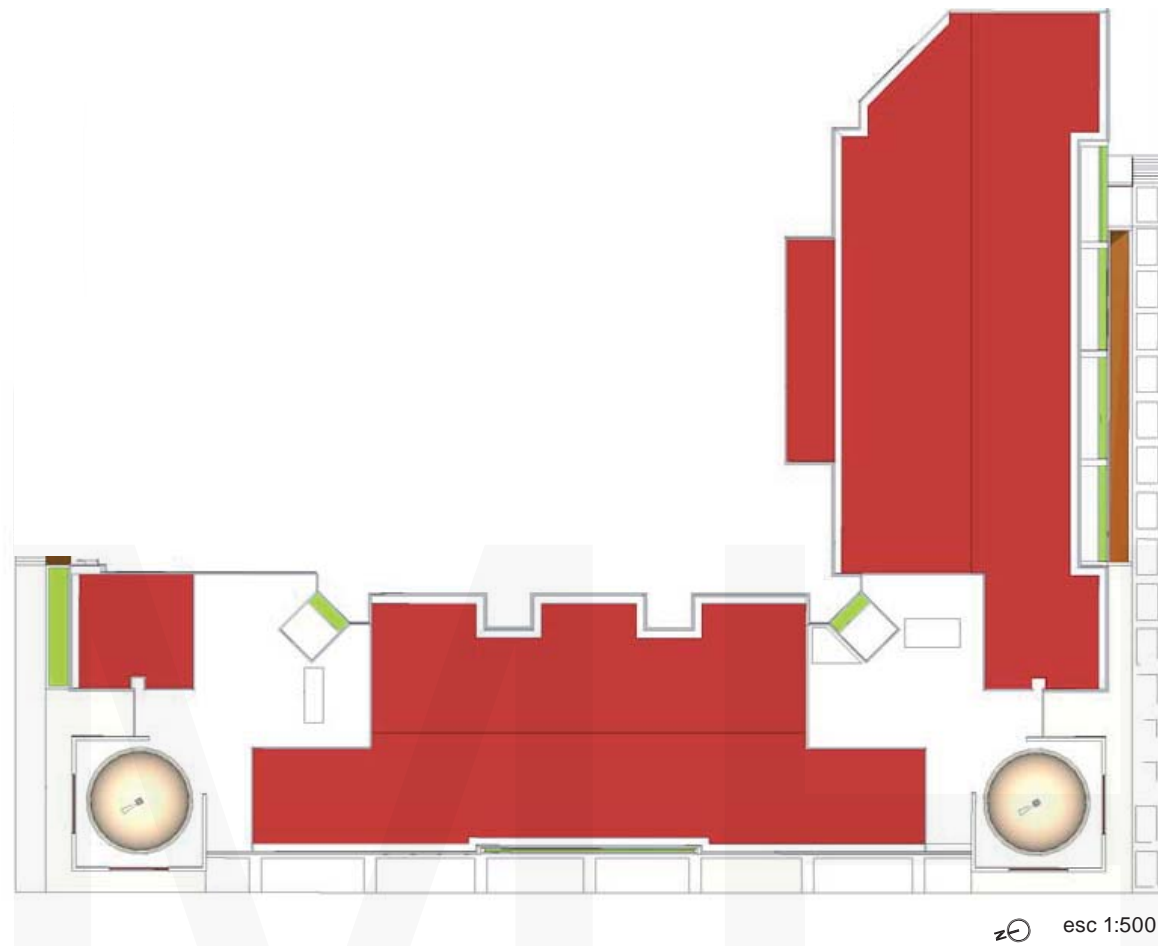
Conforme referido, a realização de um estudo prévio à capacidade de carga, natureza e estado actual da estrutura de suporte da cobertura do ed.1 seria prudente. Embora esta condicionante limite a apresentação da selecção e natureza das diferentes camadas que compõem o sistema de uma CcV e, de acordo com o exposto no início do capítulo sobre o âmbito da proposta, é sugerida uma sequência genérica da possível ordem dos diferentes constituintes do sistema, sequência baseada nas normas da FLL e nas normas (regulamentadas ou por oficializar) praticadas por países com clima do tipo mediterrânico (Desenho 7.01 -B).

O meio de crescimento corresponde ao volume de material que estará disponível para o sistema radicular das plantas. Esta parte do sistema é responsável pelo armazenamento de água e nutrientes que as plantas necessitam para sobreviver. Na sua base está colocada a camada de drenagem, responsável pela evacuação da água na cobertura para os tubos de queda. A drenagem pode ser realizada através de uma fina camada de cascalho ou empregando folhas de drenagem manufacturadas. A possibilidade de captar a água pluvial para uso posterior, deveria ser considerada, pois permitiria não só a diminuição de gastos em água potável como visaria a diminuição dos caudais recolhidos pela rede de pluviais existente e minimização dos riscos de cheia através da redução da velocidade de escoamento (Vd. 2.2.3.).

A diminuta espessura do substrato e uma grande exposição, determinam uma rápida mudança entre a saturação e a secura do meio. No sul de Portugal este facto é particularmente importante (Vd 4.2.), onde o período estival muito seco, com elevadas temperaturas e ausência total de precipitação, podem justificar a instalação de um sistema de rega para assegurar não só o êxito à instalação do sistema mas também na manutenção do mesmo.

A existência de dois pontos de água na cobertura (Desenho 3) facilita a adopção desta medida e a possibilidade da existência de dois sistemas de abastecimento de água, um ligado à rede pública, existente, e outro a ligar a soluções a adotar para recolha e armazenamento da água da chuva.

Tendo em consideração a dimensão e o número de edifícios no *Campus* e a existência de uma rede pluvial, a construção de cisternas para a recolha e o armazenamento da água da chuva permitiria uma mais valia deste importante recurso.



LEGENDA:
■ Caixas de ar
■ Floreira
■ Canteiro

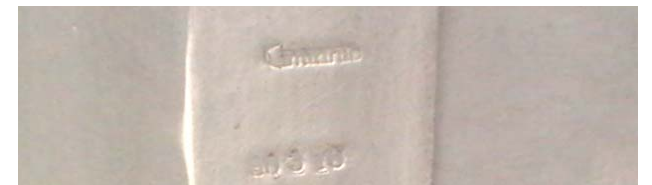
Desenho 6.01 - Distribuição das caixas de ar na cobertura do edifício 1 (1ª fase)

Fonte: Autora



Desenho 6.02 - Elementos das caixas de ar a remover

Fonte: Autora



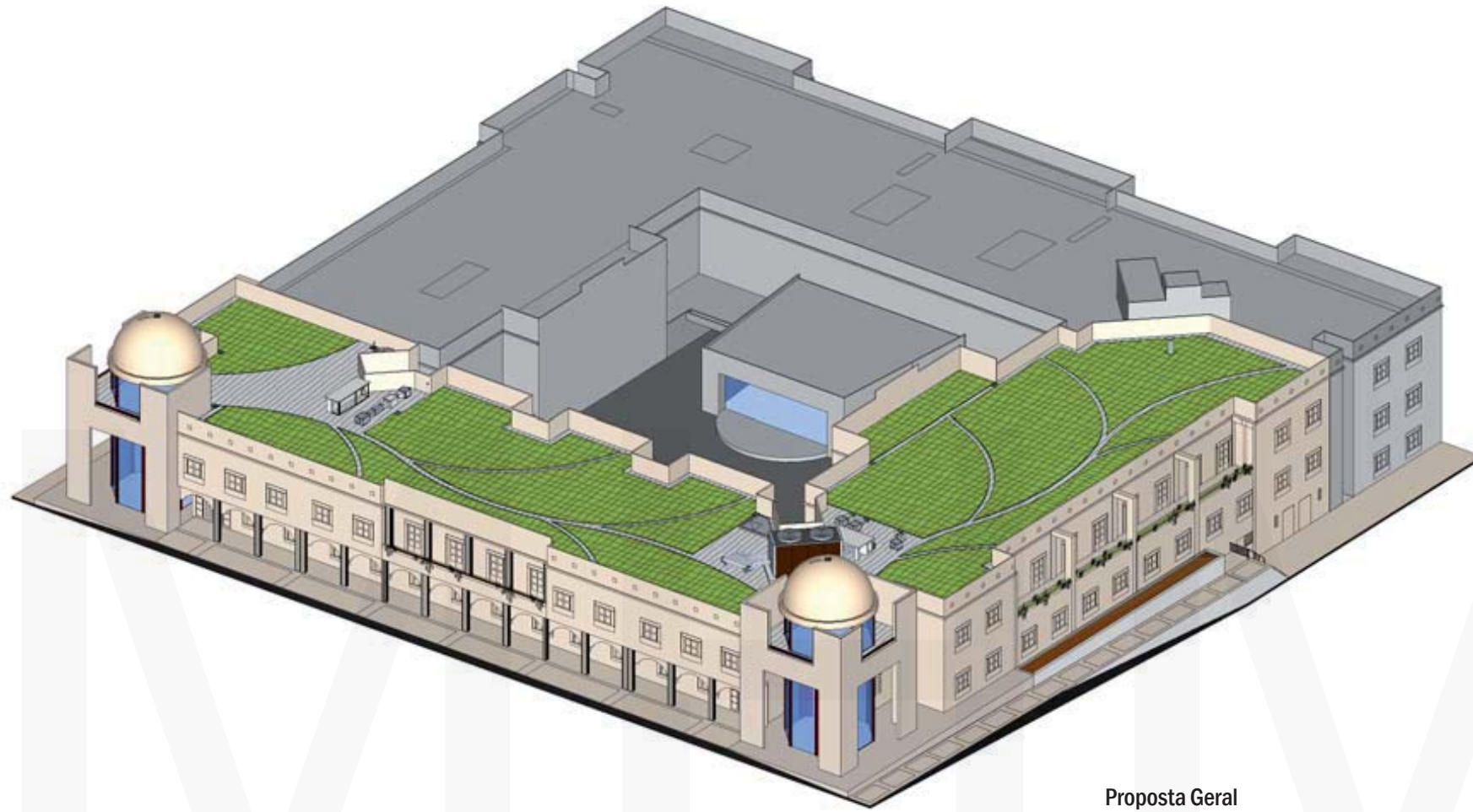
DESENHO 6 - ELEMENTOS A REMOVER DA COBERTURA DO EDIFÍCIO 1 (1ª FASE)

Proposta de uma Cobertura com Vegetação - edifício 1 Campus de Gambelas - Universidade do Algarve - Faro

MHMR

MHMR

MHMR

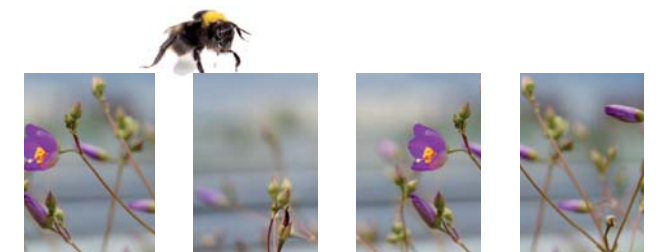


Proposta Geral

Fonte: Autora



Perspectiva Norte - Sul (AV1)



DESENHO 7 - PROPOSTA

1 de 2

Proposta de uma Cobertura com Vegetação - edificio 1
Campus de Gambelas - Universidade do Algarve - Faro

MHMR

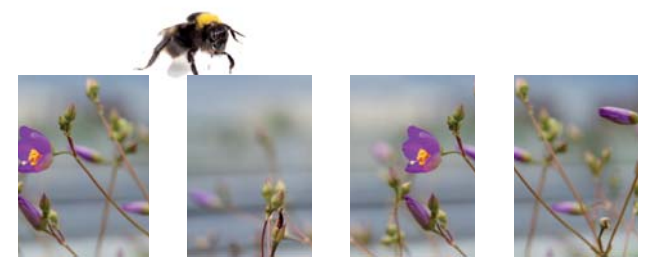
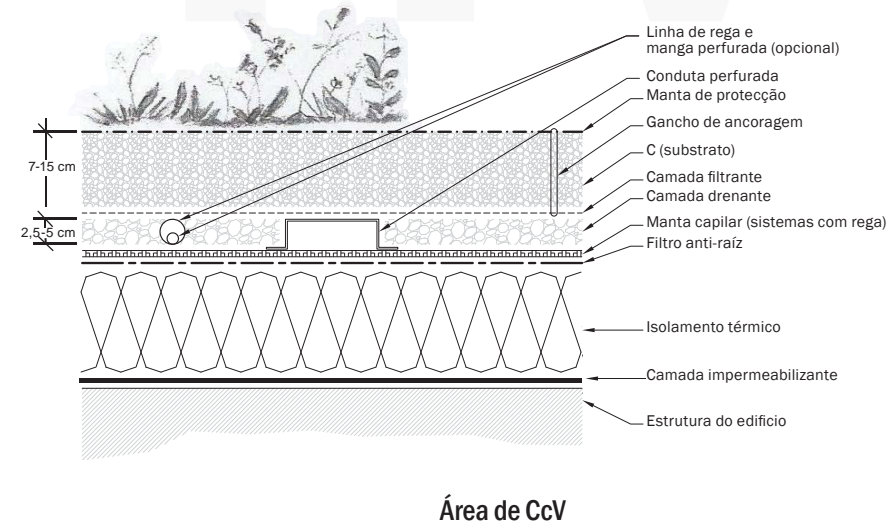
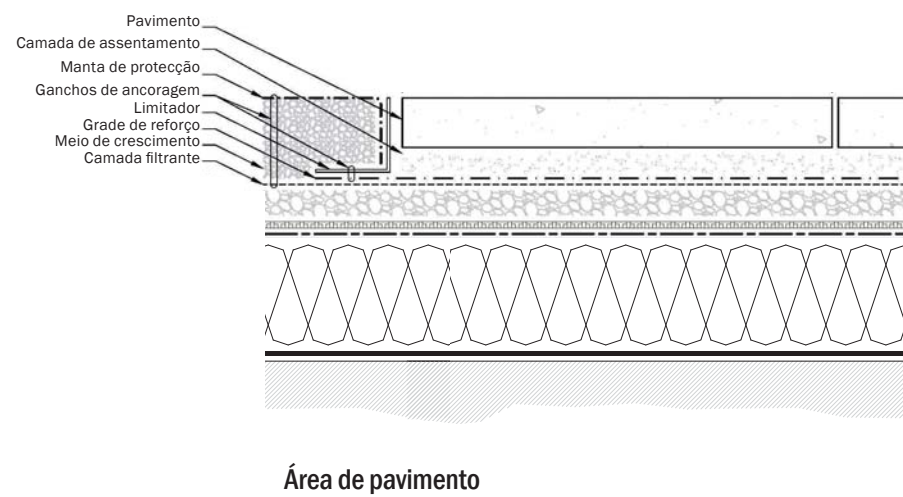
MHMR

MHMR



Desenho 7.01 / A - Áreas verdes e percursos na cobertura do edifício 1 (1ª fase)

Fonte: Autora



DESENHO 7.01 - PROPOSTA

2 de 2

Proposta de uma Cobertura com Vegetação - edifício 1
Campus de Gambelas - Universidade do Algarve - Faro

Desenho 7.01 / B - Estrutura de uma cobertura com vegetação, carácter extensivo: área de pavimento / área de CcV

MHMR

MHMR

MHMR

A eleição do material vegetal a implantar numa cobertura de carácter extensivo está sujeita a um grande número de restrições porque as espécies a seleccionar devem ser rústicas o suficiente para resistir às condições adversas que encontram sobre uma cobertura. A delgada camada de substrato disponível, as acções de gestão e manutenção que se pretendem mínimas são factores muito importantes a considerar.

Deste modo, as espécies seleccionadas devem-se encontrar bem adaptadas às condições climáticas do local, dando-se preferência às resistentes à secura e que possuam a capacidade de se auto regenerar e conservar.

O objectivo será promover muito pouca manutenção após o período de estabelecimento, de modo a que a quantidade de precipitação de um ano normal seja a suficiente, uma vez as plantas estabelecidas. O grupo de plantas a seleccionar deverá ter um coeficiente cultural (K_c) equivalente ao clima da área de estudo.

MHMR

MHMR

MHMR

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS e recomendações para desenvolvimentos futuros

A conservação e a gestão da natureza e da biodiversidade nas zonas urbanas é por vezes muito diferente, e mais complexa, que nas zonas rurais. Há mais pessoas, as pressões de desenvolvimento do espaço são mais fortes, menos espaço, uma grande variedade e intensidade de interesses concorrenciais, uma multiplicidade de jurisdições envolvidas e, em geral, uma percepção pobre da natureza urbana e da necessidade em a preservar.

No entanto, a presença da natureza nas cidades não é apenas sobre as pressões e ameaças mas também sobre as oportunidades. Os ambientes urbanos estão constantemente em mudança, as oportunidades de integrar a biodiversidade nos novos planos e nas iniciativas de desenvolvimento são numerosas. Uma gestão cuidadosa pode melhorar significativamente o valor da biodiversidade de uma cidade sem causar por tal, custos adicionais. Este incremento, em contrapartida, pode contribuir para tornar a cidade num lugar mais atraente para aí viver e trabalhar, e melhorar a qualidade de vida dos cidadãos.

Será melhor ter em conta a natureza no início do processo de desenvolvimento ao invés de pensar no depois. Ela deve ser vista como fazendo parte da solução e não parte do problema.

Porque os ambientes urbanos estão constantemente a mudar e as pessoas estão dando mais importância ao valor do espaço verde, há mais oportunidades para a integração da biodiversidade nos novos planos de desenvolvimento e nos projectos.

Os projectistas reconhecem cada vez mais que a natureza também lhes pode ser útil, trazendo importantes benefícios sociais e económicos com pouco ou nenhum custo adicional (por exemplo, fornecendo um ambiente atraente para a interacção social, absorvendo a água da chuva em excesso em torno de habitats de zonas húmidas, a instalação de coberturas e paredes com vegetação). A chave é considerar a natureza no início da proposta de desenvolvimento e não como um pós-pensamento, tornando-se ela própria uma parte integrante do processo de concepção geral.

Sabendo-se hoje das vantagens da utilização da vegetação nos edifícios numa perspectiva de construir cidades mais sustentáveis, deveriam ser dados estímulos, à semelhança de outros países, de forma a tornar a aplicação destas medidas adaptáveis às alterações climáticas, uma prática corrente. Cabendo, em primeiro lugar, às entidades públicas accionar mecanismos capazes de acelerar o processo, onde as Universidades, como mandatárias do desenvolvimento sustentável, desempenham um importante papel na formação de projectistas, de decisores e na capacidade de investigação.

O conceito de desenvolvimento sustentável deve ser intrínseco à dinâmica de construção sustentável, abrangendo os aspectos ambientais, sociais e económicos. A procura de equilíbrio deve ser efectuada através de eficiência, reduzindo a intensidade em materiais e energia e valorizando a dinâmica ambiental.

A Agenda Habitat II nos seus objectivos estabelece a promoção local de métodos e técnicas de construção apropriados, seguros, eficientes e ambientalmente sensíveis e aceitáveis economicamente, em todos os países, em particular nos países em vias de desenvolvimento, a nível local, nacional e regional que enfatizem o uso óptimo dos recursos humanos e encoraja métodos de poupança de energia e protecção da saúde humana.

A importância de instrumentos de avaliação e reconhecimento, que levam à aplicação dos sistemas de avaliação e certificação como forma de apoiar a implementação e reconhecer objectivamente a procura de sustentabilidade, podem ser um contributo importante para a sua concretização. A estes devem juntar-se os princípios locais específicos em termos de Agenda 21 Local ou outros instrumentos de avaliação ambiental, de forma a integrar no empreendimento as sensibilidades e as estratégias da zona.

Para atingir a sustentabilidade devem ser consideradas as várias vertentes numa abordagem integrada, tendo em consideração a relação entre diferentes aspectos como a localização, o consumo de recursos que se traduzem na energia, na água, nos materiais e ainda na diminuição das cargas como os efluentes, as emissões e os resíduos e assegurar a qualidade do ar interior, a durabilidade e as acessibilidades dos empreendimentos.

A avaliação de eficiência da medida mitigadora preconizada neste trabalho, a aplicação de uma CcV de carácter extensivo na cobertura do Edifício 1 do *Campus* de Gambelas da Universidade do Algarve, como técnica de reabilitação do edifício no que respeita à eficácia térmica, redução de emissão de gases com efeito de estufa, gestão de águas pluviais, entre outros, é muito pertinente no momento actual, estamos num período onde a confluência de factores está a provocar um conjunto de alarmes do ambiente em todo o globo. Contudo, seria necessário existir a análise da situação de referência e aplicar os critérios de análise segundo o programa LiderA V1.01.

Como propostas de futuros trabalhos, são apresentadas algumas ideias, no âmbito da gestão sustentável do campus, onde o objectivo central seria abordar, de modo integrado, a energia, a água e a utilização dos materiais e recuperação de resíduos, numa perspectiva de redução global dos consumos:

- Promoção de uma estratégia energético-ambiental para o *Campus*, num enquadramento com o PNAEE, colocando como metas:

- Energia / CO2: redução do consumo de energia nos edifícios e no *Campus*;
- Água: redução da procura de água potável, espaços exteriores do *Campus*.

As CcV são uma ferramenta que permitiria contribuir para o alcance das metas enunciadas, tendo como permissa a Inovação, chave da construção de um crescimento mais sustentável e de sociedades mais justas e mais ecológicas;

- Reabilitação dos edifícios do *Campus* – promoção e realização de intervenções passíveis de melhorar o desempenho energético-ambiental em edifícios a reabilitar na Universidade;

- Desenvolvimento de uma auditoria energético-ambiental e simulação dinâmica de medidas

a implementar nos edifícios com vista à redução dos consumos energéticos e ao aumento da qualidade do ar;

– Implementação de redes de rega de água residual tratada para rega dos espaços verdes e outros usos não potáveis. Estas redes piloto permitirão estruturar o modelo de negócio e definir uma estratégia de médio prazo para a Universidade, em particular, e para o concelho, em geral.

MHMR

MHMR

MHMR

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADENE. 2012. Programa ECO.AP – Apresentação das linhas gerais do Projecto-piloto. (<http://www.adene.pt/pt-pt/EnergiaNoEstado/EcoAP/Documents/120124ProgEcoAp.pdf>, acessido em Novembro 2012)
- ADENE. 2009a. Caracterização do Solar Térmico em Portugal 2008. Algés: Agência para a Energia.
- ADENE. 2009b. Nota Técnica: NT-SCE-01. Método de cálculo simplificado para a certificação energética de edifícios existentes no âmbito do RCCTE. Portugal: Agência para a Energia.
- ADENE. 2009c. Certificação Energética e Ar Interior. Portugal: Agência para a Energia.
- ADENE. 2004. Caracterização da actividade das empresas do Solar Térmico em Portugal. Algés: Agência para a Energia.
- ADENE. 2001. FORUM “Energias Renováveis em Portugal” – Relatório Síntese. Lisboa: Agência para a Energia/ INETI.
- Aelenei, L. 2012. Temos que começar por reduzir as necessidades energéticas dos edifícios. entrevista por Ascenso, R. in Climatização Edifícios e Energia. nº83. Media Line. Algés. pp. 28 – 37.
- Agenda 21 Local. 2008. (<http://www.agenda21local.info>, acessido em Maio de 2010).
- Alegre, A. N.; Appleton, J.; Heitor, T. V. 1999. Boletim Municipal de Planeamento e Gestão Urbanística da CML. A Reabilitação das Casa de Rendas Económicas das Células I e II do Bairro de Alvalade.
- Alves, F. 2004. A Visão do conselho europeu de urbanistas sobre as cidades do séc. XXI. 2º Congresso Nacional da Construção – Repensar a Construção. FEUP. Porto. (<http://paginas.fe.up.pt>., acessido em Dezembro 2009).
- Amaral, F.K., Lobo, J.H., Malato, J.J. 1988. Zona 3 – Beiras. in Amaral, F.K. (coord.) Arquitectura Popular em Portugal, Vol.II, Ed.3. Arquitectos Portugueses. Printer Portuguesa. 242 pp.
- APA. 2010. Agência Portuguesa do Ambiente. Relatório do Estado do Ambiente 2009. APA. Amadora.
- Araújo, I. 1961. Problemas da Paisagem Urbana. M.O.P.D.G.S.U.Centro de Estudos de Urbanismo. Lisboa.
- AWD – American Wick Corporation (www.americanwick.com acessido em Outubro 2009).
- Banting, D., Li, J., Missios P., Au, A., Currie, B.A., Verrati, M. 2005. Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto.
- Barra, E. 2003. Paisagens úteis Escritos sobre paisagismo. Mandarin. São Paulo.139 pp.

140 Referências bibliográficas

- Bernatzky, A. 1982. The contribution of trees and green spaces to a town climate. Energy and Building. Volume 5. Issue 1. pp. 1-10.
- Barret, J., Bertholon, P., Marié, X. 1988. Terrasses Jardins: Conception et Aménagement des Jardins sur Toitures Dalles et Terrasses. Syrus Alternative. Cordoba.
- Bordeau, L. 1999. Sustainable Development and the Future of Construction – A comparison of visions from various countries. Building Research & Information, Vol. 27, Issue 6. pp. 354-366. (<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/096132199369183>, acessado em Novembro de 2011).
- BCSD. 2005. Protocolo de Gases com Efeito de Estufa – Normas Corporativas de Transparência e Contabilização. BCSD Portugal. LiderGraf, SA. Lisboa. 112 pp.
- CBD – Convenção da Diversidade Biológica (<http://www.cbd.int.>, acessado em Janeiro 2010).
- CE. 2009. Comissão Europeia., Desenvolvimento Sustentável. (http://ec.europa.eu/research/sd/index_en.cfm, acessado em Agosto 2010)
- CEU – Conselho Europeu de Urbanistas (<http://www.ceu-ectp.org/e/athens.>, acessado em Dezembro 2009).
- Chinery, M. 1997. As Savanas e as Pradarias. Everest. Rio de Mouro. 40 pp.
- Christensen, E. (<http://www.beepworld.de/members/erikchristensen/index.htm>, acessado em Novembro 2009)
- CIB. 1999. Conseil International du Bâtiment. Agenda 21 on sustainable construction. CIB Report Publication 237.CIB. Rotterdam.
- Cóias, V.. 2006. Inspeções e Ensaios na Reabilitação de Edifícios. IST Press. Lisboa.
- Coimbra Herbarium (http://www.uc.pt/herbario_digital/glossario, acessado em Outubro 2009).
- Conselho Europeu de Urbanistas. 2009. Nova Carta de Atenas. (<http://www.ceu-ectp.eu/index.asp?id=25>, acessado em Fevereiro 2010).
- Construção Sustentável. 2009. (<http://geotpu.dec.fct.unl.pt/investigacao/sustainable-constructionconstrucao-sustentavel>, acessado em Agosto 2010)
- Costa, J.V. 1991. Caracterização e constituição do solo. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa.
- Coutinho, A. X. P. 1939. Flora de Portugal. Ed. 2. Bertrand. Lisboa.
- Couto, A.; Alves, M.; Matos, A.; Carvalho, P. 2005. Publicado in N. Bryan, L. Gonçalves e O. Sanchez (orgs). Los Desafios de la Gestión Universitaria hacia el Desarrollo Sostenible. UNA/UNICAMP. ISBN: 9968-9614-0-X. Costa Rica: 25-48.

- Christensen, E. (<http://www.beepworld.de/members/erikchristensen/index.htm>, acessado em Novembro 2009)
- DGEG. 2012. Energia em Portugal, principais números. Direcção Geral de Energia e Geologia. (<http://www.dgeg.pt>, acessado em Novembro 2012).
- DGEG. 2004. Reabilitação energética da envolvente de edifícios residenciais. Direcção Geral de Energia e Geologia, Lisboa. 40 pp.
- DGOTDU. 2009. Alterações climáticas e desenvolvimento urbano. Série Política de cidades (4). Direcção Geral de Ordenamento Território Lisboa. 90 pp.
- Du Plessis, C., et al. 2002. Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries. CSIR Report BOU/E0204. CSIR. CIB & UNEP-IETC. Pretoria.
- Dunnett, N., Kingsbury, N. 2004. Planting Green Roofs and Living Walls. Timber Press. Portland, Oregon. 256 pp.
- EEA, 2009 – European Environment Agency's. (<http://www.eea.europa.eu/urbanbiodiversity>, acessado em Agosto de 2010).
- Emilsson, T. 2003. The influence of establishment method and species mix on plant cover. In Greening rooftops for Sustainable Communities. Proceedings of the First North American Green Roofs Conference. Chicago. Toronto: The Cardinal Group.
- Eumorfopoulou, E.A. e Kontoleon, K.J. 2009. Experimental approach to the contribution of plant-covered walls to the thermal behaviour of building envelopes. Building and Environment. 44:1024-1038.
- EnerBuilding. 2008. A utilização racional de energia em edifícios públicos. DECO. Lisboa.
- EU. 2008. European Communities. Combating climate change -The EU lead the way. Guidebook on energy intelligent retrofitting. Bruxelas.
- European Federation of Green Roof Association (EFB). (www.efb-greenroof.eu acessado em Junho 2012).
- Eurostat. 2008. EU27 Energy dependence rate at 54% in 2006. Eurostat.Luxembourg.
- Eurostat. 2012. Europe 2020 Strategy – towards a smarter, greener and more inclusive EU economy?. (http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-SF-12-039/EN/KS-SF-12-039-EN.PDF, acessado em Novembro 2012).
- Fabos, J. 1985. Land-Use Planning-From Global to Local Challenge. Chapman and Hall. New York.
- Ferrer-Balas, D. 2002. Global environmental planning at the Technical University of Catalonia. Proceedings of International Conference on Environmental Management for Sustainable Universities: The Role of Higher Education in Sustainable Development. EMSU and Rhodes University. 11 – 13 September 2002, Rhodes University, Grahamstown, South Africa: 111-124. (Cit in Couto .2005).

142 Referências bibliográficas

- FEUP. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. (<http://paginas.fe.up.pt.>, acessido em Dezembro 2009).
- Filgueiras, O.L., Araújo, A., Dias, C.C. 1988. Zona 2 – Trás-os-Montes. in Amaral, F.K. (coord.) *Arquitectura Popular em Portugal*, Vol.I, Ed.3. *Arquitectos Portugueses*. Printer Portuguesa. 230 pp.
- Filipe, J. 2005. *Arquitectura de Terra em Portugal*. Argumentum. Lisboa.299pp.
- FLL. 2002. *Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau. Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen. (Guidelines for the Planning, Development and Maintenance of Green Roofing)*. FLL, Bonn Publishing. 95pp.
- FLL. 2008. *Green roofing guideline*. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau FLL, Bonn. Publishing. 124 pp.
- Frampton, K. 2003. *História Crítica da Arquitectura Moderna (1980)*. Martins Fontes. S. Paulo.
- Gedge, D. 2003. From rubble to redstarts. In *Greening Rooftops for Sustainable Communities. Proceedings of the First North American Green Roofs Conference*. Chicago. Toronto: The Cardinal Group.
- Geoghegan-Quinn, M. 2010. 6 de Outubro. Bruxelas. (<http://europa.eu/>, acessido em Novembro de 2010).
- Gertis, K., Wolfseher, U. 1977. Modification of the thermal microclimate through construction *Gesund Ing.* 98(1-2): 1-10. Germany.
- GHESP. 2001. *Global Higher Education for Sustainability Partnership. The Luneburg Declaration on Higher Education for Sustainable Development, International Conference on Higher Education for Sustainability: Towards the WSSD 2002. COPERNICUS and the University of Luneburg*. University of Luneburg. Germany. (Cit in Couto, 2005).
- Gomes, R. J. 1968. *Coberturas em Terraço*. Informação Técnica – Edifícios 1. MOP. LNEC. Lisboa.
- Gonçalves, H., Graça, J. 2004. *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*. DGGE / IP-3E. Amadora. 52 pp.
- Gonçalves, H. 2012. Temos que começar por reduzir as necessidades energéticas dos edifícios. entrevista por Ascenso, R. in *Climatização Edifícios e Energia*. nº83. Media Line. Algés. pp. 28–37.
- Gonçalves, M., Lopes, J. G., Brito, J., Lopes, M. G. 2005. Características das membranas de impermeabilização de coberturas em terraço. *Engenharia Civil* nº22. Universidade do Minho. Novembro. pp. 59-71.
- Graham, A. 2004. *Report on Higher Education Sustainability Activities*. MIT. Cambridge. USA. (Cit in Couto, 2005).
- GreatBuildings (http://www.GreatBuildings.com/buildings/Freeway_Park.html, acessido em novembro de 2009).

- GRHC. 2005. Green Roofs for Healthy Cities North America. About Green Roofs. (<http://www.greenroofs.net>, acessado em Agosto 2011)
- Hämmerle, F. 2005. Der Gründachmarkt leidet unter Wachstumshemmem (In Werthemann, 2007)
- Heemskerck, M. séc. XVI (http://es.wikipedia.org/wiki/Martin_van_Heemskerck, acessado em Maio 2010)
- Hitesh, Doshi & Doug Banting & James Li, & Paul Missios & Angela Au & Beth Anne Currie & Michael Verrati. 2005. Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto.
- Hodson, P. 2012. Entrevista com Paul Hodson da Comissão Europeia. realizada por Seppanen, O. The REHVA European HVAC Journal. (trad: in Climatização Edifícios e Energia. nº84. Media Line. Algés. pp. 66–68.
- Hundertwasser, F. 2008, Hundertwasser Architektur, Korsch Adolf Verlag Gmbh, Berlin, 48 pp.
- Hurt, A. 2003 ([http://en.wikipedia.org/wiki/Lafayette_Street_\(Manhattan\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Lafayette_Street_(Manhattan)), acessado em Novembro de 2009)
- ICNB. 2009 – Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade (<http://portal.icnb.pt/ICNPortal/PT2007-AP-RiaFormosa/OParque/ValoresNaturais/Flora>, acessado em Outubro 2009).
- ICLEI. 2009 – Governos Locais pela Sustentabilidade (<http://www.iclei.org.>, acessado em Dezembro 2009).
- I.M. 2012. Instituto de Meteorologia. Instituto Público. (www.meteo.pt/pt/, acessado em Outubro de 2012).
- Internacional Green Roof Association (IGRA). (www.igra-world.com acessado em Julho 2012).
- IPCC. 2007. Climate Change. 2007: Synthesis Report. Summary for Policymakers. Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva. Switzerland. (www.ipcc.ch, acessado em Outubro 2009).
- ITIC. 2008. Instituto Técnico para a Indústria da Construção. O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior dos Edifícios. Instituto Técnico para a Indústria da Construção. Portugal. Lisboa.
- Jellicoe, G., Jellicoe, S. 1995. The Landscape of Man. Thames and Hudson. London.
- Johnston, J.; Newton, J.. 1991. Building Green: A guide to using plants on roofs, walls and pavement. London Ecology Unit. London.
- Keesing, F. M. 1961. Antropologia Cultural. Ed. Fundo de Cultura. Rio de Janeiro. (Cit In Oliveira, 1994).
- Köhler, M, Schmidt, M., 1997. Hof,-Dach,-und Fassadenbegrünung – zentraler Baustein der Atadtökologie. Schriftenreihe Landschaftsentwicklung und Umweltforschung 105, 128 S, TTTU, Berlin (Cit in Silva, 2001).
- Kottek, M., J. Grieser, C. Beck, B. Rudolf, and F. Rubel. 2006: World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. Meteorol. Z., 15, 259-263. DOI: 10.1127/0941-2948/2006/0130. (http://koepen-geiger.vu-wien.ac.at/pdf/kottek_et_al_2006_A4.pdf, acessado em Junho de 2010)

144 Referências bibliográficas

Krupka, B. 1992. Dachbegrünung Pflanzen – und vegetationsanwendung an Bauwerken. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart (Cit in Silva, 2001).

Labs., K. 1990. Technics: Roofs for use. Progressive Architecture: Vol.71. n.7.

Lanham, A., Gama, P.; Braz, R. 2004. Seminários de Inovação - Arquitectura Bioclimática: perspectivas de inovação e futuro. Instituto Superior Técnico. Lisboa.

LEED, 2008. Green Building Council's . (www.usgbc.org , acedido em Outubro de 2009).

Lemos, J. 2007. (<http://madeira-gentes-lugares.blogspot.com/2007/05/rochas-do-arquipelago-da-madeira-e.html>, acedido em Julho 2010).

Liesecke, H.J. 2005. Entstehung und Entwicklung der extensiven Dachbegrünung. Dach+Grün. Stuttgart. (Cit In Werthemann, 2007).

Liesecke, H.J. 1975. Vegetationstechnische Gesichtspunkte bei der Begrünung von Flachdächern. Deutscher Gartenbau 29. (Cit In Werthemann, 2007).

Leonardo, B. 1998. A cidade e o arquitecto. Edições 70. Lisboa. 146 pp.

Levene, R.C., Cecilia, F.M. 1996. El Croquis. Arquitectura Española – desde la planta profunda hacia la planta anamórfica. nº 81/83. El Croquis Editorial.. Madrid. 272 pp.

Liébard, A., De Herde, A. 2005. Traité D'Architecture et D'Urbanisme Bioclimatiques. Observ'ER. Paris.

Liptan, T. 2003. Planning, zoning and financial incentives for ecoroofs in Portland, Oregon. In Greening Rooftops for Sustainable Communities. Proceedings of the First North American Green Roofs Conference. Chicago. Toronto: The Cardinal Group.

LOPES, J.M.G. 2006a. Análise de anomalias em coberturas em terraço - Uma forma de aprender a projectar e a executar bem as respectivas soluções. 2º Encontro Nacional sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios. FEUP. Porto. pp. 125-135.

LOPES, J.M.G. 2006b. Da qualidade da aplicação de revestimentos de impermeabilização de coberturas em terraço. QIC. LNEC. Lisboa. pp. 3-11.

LOPES, J.M.G. 2004. Classificação de coberturas em terraço - Uma abordagem ao tema. LNEC. Lisboa. pp. 87-105.

Lopes, J.M.G. 1999. Flat Roof Waterproofing Systems in Portugal: Present Situation and Actions for the Future. LNEC. Lisboa.

Lopes, J.M.G. 1994. Revestimentos de Impermeabilização de Coberturas em Terraço. ICT. ITE 34. LNEC. Lisboa.

LOPES, J.M.G. 1994a. Anomalias em impermeabilizações de coberturas em terraço. Informação técnica de

edifícios ITE 33. LNEC. Lisboa.

Lourenço, P. 2003. 2º Simpósio internacional sobre patologia, durabilidade e reabilitação de edifícios. Defeitos e soluções para paredes de alvenaria não-estrutural. LNEC. Lisboa.

Lowry, W. 1969. Weather and Life: An Introduction to Biometereology. Academic Press. New York.

Maasz, H. 1930. Gartentechnik und Gartenkunst. Nordhausen . Germany. (Cit In Werthemann, 2007).

Magalhães, I., Teles, C. 2010

(<http://oficinaobra-blogspot.com/2010/construcoes-de-tipo-primitivo.html>, acedido em Agosto 2010).

Magalhães, M. 2001. A Arquitectura Paisagista – morfologia e complexidade. Estampa. Lisboa. 525 pp.

Magalhães, M. 1996. Morfologia da Paisagem. Tese de Doutoramento em Arquitectura Paisagista. UTL/ISA. Lisboa

Magalhães, M. 1992. O Clima e o Microclima como Factores de Ordenamento do Território. Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica. U.T.L. S.A.P. Lisboa (Cit in Silva, 2001).

Magalhães, M. 1983. O Controle da Radiação no Espaço Exterior Urbano. Serviços de Estudos do Ambiente. Lisboa.

Maldonado, E. 2012. 12as Jornadas de Climatização - A Reabilitação Energética de Edifícios. (http://www.ordemengenheiros.pt/fotos/dossier_artigo/20121025_emaldonado_515917107509a7fa0c0033.pdf, acedido em Novembro 2012)

Manso, A. 2003. Conservação e reabilitação de edifícios: avaliação de custos e recentes desenvolvimentos. 2º Simpósio International sobre Patologia, Durabilidade e Reabilitação de Edifícios. GeCoRPA, CIB W86 Building Pathology. LNEC. Lisboa.

Martins, A.P., Castro, C., Torres, F. 1988. Zona 6 – Algarve. in Amaral, F.K.(coord.) Arquitectura Popular em Portugal, Vol.III, Ed.3. Arquitectos Portugueses. Printer Portuguesa. 283 pp.

Martínez, A. 2005. Dwelling on the roof. Gustavo Gili. Barcelona. 208 pp.

Mayor, F. 1999. The Role of Culture in Sustainable Development. In: EDP/UNESCO (ed.): Sustainable Development.Education the Force of Change. Caracas.

Mazurkiewicz B. 1998. International Association of Universities Task Force: Universities as Actors in Sustainable Development.Draft Report of the IAU Fourt Mid-Term Conference´ First Meeting. IAU. Bangkok, Thailand. In: UNESCO (2000). (<http://www.unesco.org/iau>, acedido em Abril, 2009).

ME. 2002. Eficiência Energética nos Edifícios – Programa E4. Direcção Geral de Energia - Ministério da Economia. (http://www.p3e-portugal.com/_ficheiros/2/1/BrochuraEEE.pdf, acedido em Abril, 2010).

Medclim.png. (http://en.wikipedia.org/wiki/Mediterranean_climate, acedido em Novembro de 2011).

146 Referências bibliográficas

- Mestre, V. 2005. Terra de cobertura – Construções circulares com cobertura de terra (Alentejo) e coberturas de salão do Porto Santo (Madeira). (In Filipe, 2005)
- Miranda, P. Coelho, F. Tomé, A. Valente, M. 2002. 20th Century Portuguese Climate and Climate Scenarios. 2nd. Chapter (pp 27--83) in Santos, F., K. Forbes, Moita, R. (ed.). Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures - SIAM Project. Gradiva. Lisboa. Portugal. 454pp.
- MOPTC. 2007. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. Portugal SB07: Sustainable Construction, Materials and Practices – Challenge of the Industry for the New Millennium. Gabinete do Ministro das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. Lisboa.
- Morin, E. 2003. Educar na Era Planetária. Cortez. São Paulo. (<http://www.scielo.br/scieloOrg>, acessado em Novembro de 2009).
- Morgado, J. N. 2012. Plano de inspeção e manutenção de coberturas de edifícios correntes. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. IST. Lisboa. pp 81 – 82.
- Murakami, S. 2003. CASBEE; New Assessment tools based on environmental efficiency and designed to fit all lifecycle stages. Yokohama. Japão.
- Museum of Unnatural Mystery (<http://unmuseum.mus.pa.us>, acessado em Abril 2009)
- Niachou, A., Papakonstantinou, K., Santamouris, M., Tsangrassoulis, A., Mihalakakou, G. 2001. Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance. Energy and Buildings.33: 717-729.
- Oliveira, E. V., Galhano, F., Pereira, B., 1994, Construções Primitivas em Portugal, Coleção Portugal de Perto, Ed.3, Publicações Dom Quixote, Lisboa, 363 pp.
- OMM, 2009. Organização Meteorológica Mundial. Relatório Preliminar do Clima de 2010 – Novembro 2009 (In . Instituto de Meteorologia. Instituto Público).
- Orlando, R. 1979 (1961). Geografia e Civilização: temas portugueses / Orlando Ribeiro. 2ª ed. Livros Horizonte. Lisboa. 161 pp.
- Osmundson, T. 1999. Roof gardens: history, design and construction. W. W. Norton &Company, Inc. New York. 318 pp.
- Oke, T.R. 1995. The Heat Island Characteristics of the Urban Boundary Layer: Characteristics, Causes and Effects. In Cermak, J.E. et al. (Eds.) Wind Climate in Cities, Kluwer Academic: 81-107.
- Peck, Steven W., Chris Callaghan. 1999. Greenbacks from the Green Roofs: Forging a new industry in Canada. P&A Peck and Associates. (<http://www.greenroofs.org/pdf/Greenbacks.pdf>, acessado em Dezembro 2009).
- Piedade, A., Rodrigues, A., Roriz, L. 2003. Climatização em Edifícios – envolvente e comportamento térmico. 2ª Ed. Edições Orion. Amadora.406 pp.

- Pinheiro, M. D. 2006. Ambiente e Construção Sustentável. FEDER. Instituto do Ambiente. Amadora. 241pp.
- Portoghesi, P. 1982. Depois da Arquitectura Moderna, Edições 70. Lisboa.
- pt.wikipedia.org/wiki/Protocolo_de_Quito. acedido em Outubro 2010.
- Roche, K., Dinkeloo, J. Associates LLC. 2008. A Way of Saying “Here I Am”. in *Perspecta 40 Interviews Kevin Roche* (<http://www.archinect.com>, acedido em Setembro 2009)
- Rodrigues, M., Costa, B., Mártires, G. 2003. Caracterização Biofísica - Pinhal de Gambelas / Pontal. Trabalho realizado no âmbito da disciplina de Ecologia da Paisagem (5ºano). Arquitectura Paisagista. FERN-UALg. Faro.
- Rodrigues, J. 2006. Sociedade e Território - Desenvolvimento Ecologicamente Sustentado. Profedições. Porto. 300 pp.
- Rodrigues, R. 2007. (cortardadireita.blogspot.com/2007/11/arquitectura-popular-da-madeira-casas, acedido em Julho 2010).
- Sauberer, F. 1959. Das Strassenklima von Wien. In *Klima und Bioklima von Wien*. Part. III. Wetter und Leben. Sonderhefte ((Cit in Araújo, 1961).
- Schafft, S. 2006 (http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer:Stefan_Schafft, acedido em Novembro de 2009).
- Shriberg, M. 2002. Talloires in Action: Creating Leaders and Laggards in the US.) Research. Vol.6
- Silva, F.T., Wehrmann, A., Henze, H.-J. & Model, N. 2006. Ability of plant-based surface technology to improve urban water cycle and mesoclimate. *Urban Forestry & Urban Greening* 4, pp.145-158.
- Silva, S. 2001. Abordagem ao projecto de zonas verdes em cobertura – Aplicação ao caso prático do edifício FX.Center em Babelsberg. Relatório do trabalho de fim do curso de Arquitectura Paisagista. ISA. Lisboa. 117 pp.
- Sherman, R. 2005. Compost plays key role in green roof mixes, *BioCycle*, v 46, no3, March 2005, 34, pp. 29-32.
- Shriberg, M. 2002. Talloires in Action: Creating Leaders and Laggards in the US. Research. Vol.6 (1). ULSF Publications. (Cit in Couto, 2005).
- Skanska. 2008. EKO-Viikki – Finland. Skanska AB. 38CS: V1. (http://skanska-sustainability-case-studies.com/pdf/39/39_EKO_v001.pdf, acedido em Agosto de 2010).
- Snodgrass, E., Snodgrass, L. 2006. Green roof plants – A resource and planting guide. Timber Press, Inc. Portland. Oregon. 201 pp.
- Spirn, A. 1984. *The Granite Garden: Urban Nature and Human Design*. Basic Books. New York.

148 Referências bibliográficas

SGRA/SGRI - Scandinavian Green Roof Association/Institute. (www.greenroof.se acedido em Janeiro 2011).

Stephenson, R. 1999. Sedum: cultivated stonecrops. Timber Press, Inc. Portland. U.S.A. 335 pp.

Stifer, R. 1988. Dachgaerten, Grune Inseln in der Stadt. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart. (In Werthemann, 2007).

Sousa, J. 2012. O paradigma da eficiência energética dos edifícios. Climatização Edifícios e Energia. nº84, Media Line. Algés. pp. 24- 25.

Ssolbergj. 2009. Europe_(orthographic_projection).svg. ([http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Europe_\(orthographic_projection\).svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Europe_(orthographic_projection).svg), acedido em Dezembro de 2011).

Tabacow, J. 2004. Roberto Burl Marx. Studio Nobel. São Paulo. 223 pp.

Távora, F., Pimentel, R., Menéres, A. 1988. Zona 1 – Minho. in Amaral, F.K. (coord.) Arquitectura Popular em Portugal, Vol.I, Ed.3. Arquitectos Portugueses. Printer Portuguesa. 230 pp.

Tirone, L. 2011. Coberturas Eficientes – Guias para Reabilitação Energético-Ambiental do Edificado. ADENE – Agência para a Energia. Ed. Tirone Nunes SA. Sintra. 59 pp.

TH – <http://www.tirol.highway/Dach>. acedido em Fevereiro 2009.

Thompson, R., Green, W. 2005. When sustainability is not a priority: an analysis of trends and strategies.

International Journal of Sustainability in Higher Education. Vol. 1 (1): 7-17. ((Cit in Couto, 2005).

UNCDS. 2012. Rio+20, United Nations Conference on Sustainable Development. Rio de Janeiro. Brasil. (<http://www.uncds2012/HEI>, acedido em Novembro 2012).

UNCED. 1992. United Nations Conference on Environment and Development. Agenda 21. UN, Rio de Janeiro, Brasil. (<http://www.un.org/esa/sustdev/agenda21.html>, acedido em Setembro 2010).

UNESCO. 2012. IAU – International Association of Universities. (<http://www.unesco.org/iau/tfsd>, acedido em Setembro 2012).

UNCHS. 2009 – United Nations Centre for Human Settlements (Habitat) (<http://www.unchs.org>., acedido em Outubro 2010).

Universidade do Algarve - Instituto Politécnico de Faro. 1989. Relatório da Comissão Instaladora 1986-1989. Faro.

U.W. 2009 - University of Waterloo, roof top gardens. (<http://www.adm.uwaterloo.ca/infowast/watgreen/projects/library/s00rooftopgardens.pdf>, acedido em Novembro 2009).

Vasconcelos, F. 2012. A nova RT vem dinamizar o mercado da Eficiência Energética. entrevista por Ascenso, R. in Climatização Edifícios e Energia. nº84. Media Line. Algés. pp. 30-38.

Villiger, J. 1986. Green roof and walls – a necessity in the city. ANTHOS. Vol.25. nº1. pp.1-3.

Weiler, S., Scholz-Barth, K. 2009, Green Roof Systems – A Guide to the Planning, Design, and Construction of Landscapes over Structure. John Wiley & Sons, Inc.. USA. 314 pp.

Wemmenhove, R.2002. Lessons from South-Africa. IAU Newsletter. November. (Cit in Couto, 2005).

Werthemann, C. 2007. Green roof – A case study: Michael Van Valkenburgh Associates´Design for the Headquarters of the American Society of Landscape Architects. Princeton Architectural Press. New York. 160 pp.

WHO. 2009 – Gabinete Regional para a Europa da OMS (<http://www.who.dk/healthy-cities>., acedido em Outubro 2009).

Wikipedia. Green Roof. (<http://en.wikipedia.org>, acedido em Novembro 2009).

Wordlmap-medit-c. (<http://jimcw.wordpress.com>, acedido em Abril 2012).

Richter, E. 2009. Green Roofs. in Zimmermann, A. (Ed.). Constructing Landscape: Materials, Techniques, Structural Components. Birkhauser Verlag AG. Germany. Berlin. pp. 457-476.

Fontes Legais (citadas e consultadas):

_Decreto-Lei nº28/87. 14 de Janeiro. Considerando a necessidade de preservar a saúde humana e o ambiente, foi publicado, de acordo com as directivas comunitárias, o Decreto-Lei n.º 28/87, de 14 de Janeiro, que estabelece restrições à utilização e comercialização do amianto e de produtos que o contenham, posteriormente alterado pelo Decreto-Lei n.º 138/88, de 22 de Abril.

DL. 1994. Decreto-Lei nº228/1994. 13 de Setembro. É proibida a comercialização e utilização das fibras de amianto mencionadas no n.º 1) do artigo 4.º, bem como dos produtos a que as mesmas tenham sido adicionadas, à excepção do crisótilo (n.º CAS 12001-29-5). Na sequência de novas investigações desenvolvidas nos últimos anos verificou-se, a nível comunitário, ser necessário alargar as restrições então estabelecidas, tendo em vista uma maior protecção da saúde e do ambiente e, nesse sentido, foi publicada a Directiva n.º 91/659/CEE, da Comissão, de 3 de Dezembro. Harmonização do regime jurídico estabelecido pelo Decreto-Lei n.º 28/87, de 14 de Janeiro, com o disposto na mencionada Directiva a n.º 91/659/CEE. Procedeu-se, ainda, à alteração do regime jurídico de fiscalização estabelecido no diploma alterado.

A 4 de Abril de 2006, foram publicados, em Diário da República, três Decretos-Lei que constituem a transposição da EPBD (Energy Performance of Buildings Directive) para o regime jurídico português:

_ Decreto-Lei n.º 78/2006: cria o Sistema Nacional de Certificação Energética e de Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) e as respectivas regras de funcionamento (artigos 7 e 10 da Directiva);

150 Referências bibliográficas

_ Decreto-Lei n.º 79/2006: versão revista do RSECE (Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios), inclui disposições para a inspecção regular de caldeiras e equipamentos de ar condicionado (artigos 8 e 9 da Directiva);

_ Decreto-Lei n.º 80/2006: versão revista do RCCTE (Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios) - artigos 3 a 6 da Directiva. Vem revogar e alargar o anterior Decreto-Lei n.º 40/90 de 6 de Fevereiro fomentam a gestão racional da energia, com geração de benefícios a níveis nacional e global.

Decreto-Lei nº 266/2007. 24 de Julho. Protecção sanitária dos trabalhadores contra os riscos de exposição ao amianto durante o trabalho. Transposição da Directiva n.º 2003/18/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Março, que altera a Directiva n.º 83/477/CEE, do Conselho, de 19 de Setembro.

DL. 2009a. Decreto-Lei nº34/2009. 6 de Fevereiro. Estabelece medidas excepcionais de contratação pública (2009 – 2010) destinadas à modernização e à melhoria da eficiência energética dos edifícios públicos.

DL. 2009b. Decreto-Lei nº319/2009. 3 de Novembro. Transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva 2006/32/CE, de 5 de Abril, relativa à eficiência na utilização final da energia e aos serviços energéticos públicos. Estabelece objectivos e instrumentos que devem ser utilizados para incrementar a relação custo-eficácia na utilização final de energia.

DR, 2009a. Diário da República nº104. Despacho nº12875-A/2009. 22 de Maio. Série II. de 29 de Maio de 2009. (suplemento - Parte C). Prevê investimentos destinados à melhoria da eficiência energética dos edifícios públicos.

DR. 2009b. Diário da República. Assembleia da República. Lei nº10/2009. D.R. nº 48. Série I de 10 de Março de 2009. Cria o programa orçamental da Iniciativa para o Investimento e o Emprego.

DR. 2010 Diário da República. Assembleia da Republica. Lei nº3-A/2010.D.R. nº 82. Série I. de 28 de Abril. de 2010. Estabelece as grandes opções do plano 2010 – 2013.

DR. 2010a. Diário da República. nº 209 Série II. de 27 de Outubro de 2010. Despachos de ajuste directo ao abrigo do Decreto-Lei nº 34/2009.

Directiva n.º 2012/27/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Outubro de 2012, relativa à eficiência energética, que altera as Diretivas 2009/125/CE e 2010/30/UE e revoga as Diretivas 2004/8/CE e 2006/32/CE. Jornal Oficial da União Europeia L 315 de 14.11.2012, 56 pp. Versão online no site: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:PT:PDF>, acedido em Novembro de 2012.

Directiva n.º 2010/31/EU do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios (reformulação). Jornal Oficial da União Europeia L 153 de 18.6.2010, pp 13-35. Versão online no site:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:PT:PDF>, acedido em Maio de 2011.

Directiva n.º 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de Dezembro de 2002, relativa ao desempenho energético dos edifícios. Jornal Oficial da União Europeia L 1 de 4.1.2003, pp 65-71. Versão online no site: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:001:0065:0065:PT:PDF>, acedido em Janeiro de 2010.

PCM. 2010. Presidência do Conselho de Ministros. Resolução do Conselho de Ministros n.º24/2010. Diário da Republica n.º64. Série I. 1 de Abril. pp. 1090 – 1106. Versão online no site: <http://dre.pt>, acedido em Maio de 2010.

PCM. 2009. Presidência do Conselho de Ministros. Resolução do Conselho de Ministros n.º78/2009. Diário da Republica n.º170. Série I. 2 de Setembro. Plano de Ordenamento do Parque Natural da Ria Formosa (POP NRF). pp. 5811 – 5848. Versão online no site: <http://dre.pt>, acedido em Novembro de 2009.

RCM. 2010. Resolução do Conselho de Ministros n.º. 29/2010. 15 de Abril. Aprova a nova Estratégia Nacional para a Energia 2020 (ENE 2020) que altera e actualiza a anterior Estratégia, aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º. 169/2005.

RCM. 2008. Resolução do Conselho de Ministros n.º. 80/2008. 20 de Maio. Ministério da Economia e Inovação. Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE) – Portugal eficiência 2015, relativa à eficiência na utilização de energia e aos serviços energéticos.

RCM. 2007. Resolução do Conselho de Ministros n.º. 102/2007. 3 de Agosto. Plano Regional de Ordenamento do Território para o Algarve (Revisão). As orientações definidas no Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT) são desenvolvidas nos Planos Regionais de Ordenamento do Território (PROT), os quais, por sua vez, constituem, em conjunto com o PNPOT, um quadro de referência estratégico para os Planos Directores Municipais (PDM). Os PROT correspondem por isso a um dos três pilares fundamentais do Sistema de Gestão Territorial em que assenta a política de ordenamento do território e do urbanismo. As opções estratégicas, o modelo territorial e as normas orientadoras definidos nos PROT são também um referencial fundamental para as diversas intervenções políticas sectoriais com incidência no ordenamento do território regional.

RCM. 2001. Resolução do Conselho de Ministros n.º. 154/2001. 19 de Outubro. Ministério da Economia - Programa E4 – Eficiência Energética e Energias Endógenas, visa a promoção das fontes de energia renováveis, já consolidadas do ponto de vista técnico-económico.

RCM. 1995. Resolução do Conselho de Ministros n.º 174/95. 19 de dezembro. Plano Diretor Municipal (PDM) de Faro com alterações posteriores. Estabelece o modelo de estrutura espacial do território municipal e constitui uma síntese da estratégia de desenvolvimento e ordenamento que se pretende para o concelho.

MHMR

ANEXOS

MHMR

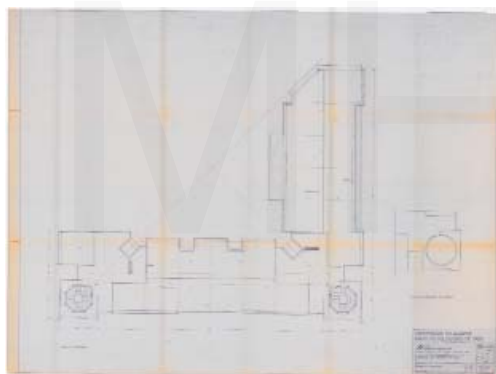
MHMR

MHMR

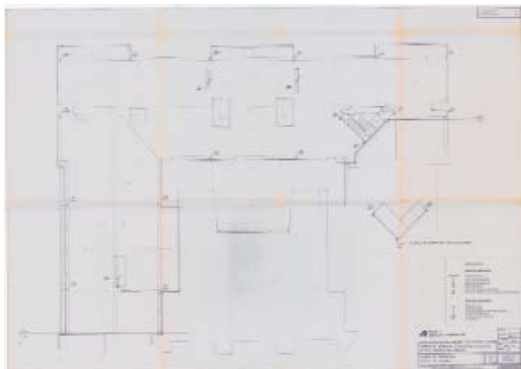
MHMR

MHMR

PLANTAS EDIFÍCIO 1 (1ª Parte)- UALg



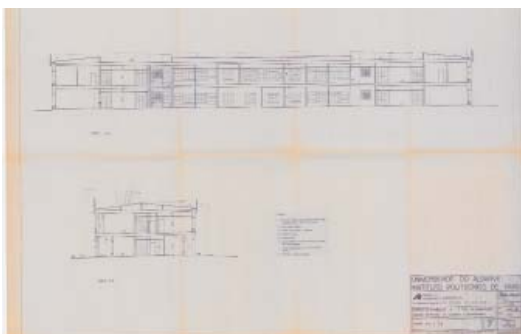
Desenho 4. Planta de cobertura. Projecto de execução. Campus de Gambelas - UAL. 1ª Fase de construção. Universidade do Algarve - Instituto Politecnico de Faro. Maio 1990. Escala 1:100. PLANO X arquitectura e engenharia, Lda. Lisboa.



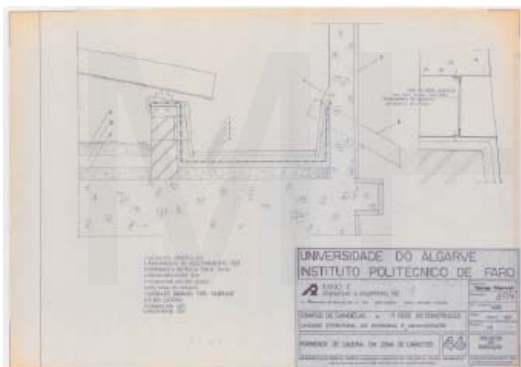
Desenho 9'. Planta de cobertura - redes de esgotos. Projecto de execução. Campus de Gambelas - Universidade do Algarve. U.C.E.H. - Edifício das Ciências. Abril 1995. Escala 1:100. PLANO X arquitectura e engenharia, Lda. Lisboa.



Desenho 4.4. Alçado poente e Alçado norte. Projecto de execução. Campus de Gambelas - UAL. 1ª Fase de construção - Edifícios. Unidade Estrutural de Economia e Administração. Universidade do Algarve - Instituto Politecnico de Faro. Maio 1990. Escala 1:100. PLANO X arquitectura e engenharia, Lda. Lisboa.



Desenho 7. Corte AB e CD. Projecto de execução. Campus de Gambelas - UAL. 1ª Fase de construção. Unidade Estrutural de Economia e Administração. Universidade do Algarve - Instituto Politecnico de Faro. Maio 1990. Escala 1:100. PLANO X arquitectura e engenharia, Lda. Lisboa.





Desenho 46. Pormenor da caleira em zona de cavaletes. Projecto de execução. Campus de Gambelas - UAL. 1ª Fase de construção. Unidade Estrutural de Economia e Administração. Universidade do Algarve - Instituto Politecnico de Faro. Maio 1990. Escala 1:5. PLANO X arquitectura e engenharia, Lda. Lisboa.


MHMR

MHMR

MHMR

 Faro <i>evoluções consigo</i>	Extracto do PDM - Carta de Ordenamento - Síntese	Escala 1:25000	
	Nº Emissão: 1123-1		
	Área de pretensão delimitada a vermelho pelo requerente.	Sistema de Coordenadas: Hayford-Gauss, Datum 73, com origem no ponto central de Meiriça	
	Plantas publicadas pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 174/95 (19 Dez) com as alterações introduzidas pela Declaração n.º 203/98 (8 Jun) e Resolução do Conselho de Ministros n.º 38/2005 (28 Fev).		



 Limite do Campus de Gambelas

LEGENDA (Carta de Ordenamento - Síntese)

<p> Limite do Concelho</p> <p> Limite do Parque Natural da Ria Formosa</p> <p> Limite da Área de Protecção ao PNRF</p> <p> Limite do Perímetro Urbano</p> <p> Limite do POOC (Vilamoura/V.R.S.A)</p>	<p> ESPAÇOS URBANOS</p> <p> ESPAÇOS URBANOS ESTRUTURANTES</p> <p> I. Sistema Urbano de Faro (A, B)</p> <p> II. Estoi/Sr. Barbara/Conceição/Paracão/Bordeira</p> <p> ESPAÇO URBANO HISTÓRICO DE FARO</p> <p> ESPAÇOS URBANOS NÃO ESTRUTURANTES</p>	<p> ÁREA DE APTIDÃO TURÍSTICA A IMPLEMENTAR (REVOGADA)</p> <p> ÁREAS DE EDIFICAÇÃO DISPERSA (REVOGADAS)</p> <p> UNIDADES OPERATIVAS DE PLANEAMENTO E GESTÃO (U.O.P.)</p> <p> 1- Guilhim; 2- Zona Ribeirinha de Faro; 3- Polo Tecnológico; 4- Praia de Faro; 5- Porto Comercial; 6- Paliageira (Revoogada); 7- Parque Urbano de Faro; 8- Pontal (Revogado); 9- Parque das Cidades; 10- Hora dos Pardais; 11- Largo de S. Luis;</p>	<p> INFRAESTRUTURAS VIÁRIAS</p> <p> Existentes</p> <p> Propostos</p> <p> N.º Viário</p>	
<p>ESPAÇOS NATURAIS E CULTURAIS</p> <p> ESPAÇOS NATURAIS</p> <p> Áreas Florestais de Protecção</p> <p> Áreas de Protecção e Valorização</p> <p> Limites de Água</p> <p> Parque Natural da Ria Formosa</p> <p>ESPAÇOS CULTURAIS</p> <p> I. Parque Ribeirinho</p> <p> II. Parque Urbano de Faro</p> <p> III. Parque Migueu/Estoi</p>	<p>ESPAÇOS URBANIZÁVEIS</p> <p> ESPAÇOS URBANIZÁVEIS DE EXPANSÃO</p> <p> I. Sistema Urbano de Faro (A, B)</p> <p> II. Estoi/Sr. Barbara/Conceição/Paracão/Bordeira</p> <p> III. S. João</p> <p>ESPAÇOS URBANIZÁVEIS A REESTRUTURAR</p> <p> I-4HS/Conceição/Paracão</p> <p>ESPAÇOS URBANIZÁVEIS PARA FINS ESPECÍFICOS</p> <p> Industriais</p> <p> I. Bom João</p> <p> II. Ameno/Vale da Verdade</p> <p> III. Polo Tecnológico</p> <p> Comerciais/Industriais</p> <p> I. Guilhim/Aljofra</p> <p> II. Torre de Neal</p> <p> III. Pontes de Marchil</p>	<p>ESPAÇOS DE INDÚSTRIAS EXTRACTIVAS</p> <p> I. Guilhim</p> <p> II. Telheiro</p>	<p>ESPAÇOS AGRÍCOLAS</p> <p> Condicionado I</p> <p> Condicionado II</p> <p> Indiscriminado</p> <p>ESPAÇOS LAGUNARES EDIFICADOS</p> <p> I. Praia de Faro na Península do Arcevo</p> <p> Faro na Ilha da Cultura</p> <p> II. Núcleos da Guarda Fiscal e Pescadores na Ilha da Barreta</p> <p> Núcleo dos Pescadores da Cultura</p>	<p> FERROVIÁRIO</p> <p> Ferrovia Proposta (Revogada)</p> <p>VIÁRIAS ESTRUTURANTES</p> <p> Municipal Principal</p> <p> Municipal Secundário</p> <p> Municipal Local</p>

Tabela síntese das acções de manutenção para os principais elementos de uma cobertura plana, de acordo com diversas referências bibliográficas.

Fonte: Adaptado de Morgado, 2012.

Acções de manutenção	Periodicidade recomendada	Referências bibliográficas
Substituição da camada de impermeabilização e protecção	20 anos	ALBANO (2005)
Substituição do sistema de drenagem independentemente do material utilizado	15 anos	
Substituição do sistema de drenagem e impermeabilização	12 anos	RODRIGUEZ (2005) e FERREIRA (2009)
Substituição global da cobertura	20 anos	
Substituição do sistema de impermeabilização	35 anos	ABATE et al. (2009)
Substituição do sistema de drenagem	40 anos	
Substituição da camada de impermeabilização e protecção independentemente do material utilizado	20 anos	LEITE (2009)
Substituição do sistema de protecção (dependendo da agressividade do meio)	20, 25 ou 30 anos	BARROS (2008)
Substituição do sistema de impermeabilização (dependo da agressividade do meio), nos casos em que não é aplicado como material de protecção		
Substituição da camada de isolamento térmico (dependendo da agressividade do meio), nos casos em que o sistema de impermeabilização não é aplicado como material de protecção	40, 50 ou 60 anos	
Substituição da camada de impermeabilização (dependendo da agressividade do meio), nos casos em que é aplicado como material de protecção	10, 15 ou 20 anos	
Substituição do isolamento térmico (dependendo da agressividade do meio), nos casos em que o sistema de impermeabilização é aplicado como material de protecção	25, 30 ou 35 anos	

