

UNIVERSIDADE DO ALGARVE
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

Diretrizes para a Criação de Comunidades Eficientes em Termos Energéticos

Dissertação para a obtenção de Grau de Mestre
em Energias Renováveis e Gestão de Energia,
Ramo de Avaliação e Gestão de Recursos

Susana Amado Pinto

Orientação:

Prof. Doutora M^a Manuela Pires Rosa

FARO

2012

Resumo

Esta dissertação tem por objectivo geral identificar e propor diretrizes para a criação de comunidades eficientes em termos energéticos, focalizando-se numa abordagem passiva da gestão da energia à escala urbana, apresenta medidas concretas que contribuam para a sua poupança e eficiência e, portanto, para a sustentabilidade dos territórios. Tem por objectivo específico desenvolver indicadores de sustentabilidade energética e propor um modelo de avaliação da sustentabilidade energética das comunidades, seguindo uma abordagem passiva, que será baseado na apreciação do seu grau de conformidade em relação aos indicadores encontrados.

Será analisado o contributo da gestão da procura de energia à escala urbana. As soluções passivas aplicadas às cidades, aos sistemas de transportes e de mobilidade e ao edificado constituem importantes contributos para uma efectiva redução das necessidades de consumo de energia. Requerem estruturas espaciais urbanas detentoras de características bioclimáticas e que, simultaneamente, induzam a padrões de proximidade que, por sua vez, contribuem para uma menor procura de mobilidade motorizada. No edificado dá-se ênfase ao contributo da arquitetura bioclimática e dos sistemas passivos que tiram partido da luz natural, da circulação do ar e de massas térmicas.

Assim, serão propostas directrizes e medidas, que consistem em princípios ou linhas de orientação, que contribuam para atingir um maior equilíbrio na gestão da procura de energia das comunidades, com a finalidade de atingir um mundo ecológica e ambientalmente sustentável, economicamente mais eficiente e socialmente justo para as gerações presentes e as vindouras, o que passa inevitavelmente pelo aumento da participação e consciencialização dos cidadãos.

O modelo de avaliação proposto será aplicado, de uma forma simplificada, a uma comunidade na cidade de Lisboa: a Baixa Pombalina. A escolha deve-se ao facto de se tratar dum bairro centenário localizado no centro urbano, com grande potencial de melhoria num contexto de reabilitação urbana.

Palavras chave: Sustentabilidade, Eficiência Energética, Urbanismo, Mobilidade, Edificado, Indicadores.

Abstract

The general aim of this dissertation is to create a set of recommendations for the creation of energy efficient communities, focusing on analyses of passive management of energy on a urban scale which contribute to savings in consumption and greater efficiency, therefore contributing to sustainability of territories. Its specific goal is to develop a set of indicators and propose a system to monitor and classify communities in terms of their energy sustainability, following the perspective of passive management and based on an assessment of the degree of conformity with respect to proposed guidelines and indicators as defined by the study.

It will define methods for the crucial task of managing the demand for energy in cities by examining the passive solutions applied to urban environments, systems of public transport and mobility as well as to the built environment – the central factors for effective reduction of energy consumption needs.

The solutions presented require urban spatial structures that include bioclimatic characteristics while also inducing patterns of proximity that contribute towards a lower demand for motorised mobility. In terms of the built environment, emphasis will be given to the contribution of bioclimatic architecture and passive systems which use natural light, air circulation and heat masses.

Hence, the directives and measures contribute to better management of energy demands with a view to achieving an ecologic world which is environmental sustainable, more economically sound and exhibits greater social fairness for present and future generations. This will inevitably require an increase in the participation and awareness of citizens.

The model will be applied as a case study, in a simplified form, to a community of a neighbourhood in the city of Lisbon: the *Baixa Pombalina*. The choice of this particular area is due to the fact that it is a century old neighbourhood located in the city centre with great potential for improvement in the context of urban rehabilitation.

Key words: Sustainability, Energetic Efficiency, Urbanism, Mobility, Built environment, Indicators.

Abreviaturas, Símbolos e Acrónimos

AML - Área Metropolitana de Lisboa

CO₂ - Dióxido de Carbono

DGEG - Direcção Geral de Energia e Geologia

hab/ha - Habitantes por hectare

IPCC - Intergovernmental Panel of Climate Change

kgep/cap - Quilograma Equivalente de Petróleo per capita

kWh - Quilowatt-hora equivale a 1.000 Wh ou $3,6 \times 10^6$ joules

ONG - Organização Não Governamental

ONU - Organização das Nações Unidas

PIB - Produto Interno Bruto

PNAC - Programa Nacional para as Alterações Climáticas

RCCTE - Regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios

RECRIA - Regime Especial de Compartimentação na Recuperação de Imóveis Arrendados

REHABITA - Regime de Apoio à Recuperação Habitacional em Áreas Urbanas Antigas

RSECE - Regulamento dos sistemas energéticos de climatização em edifícios

RTE-T- Rede Transeuropeia de Transportes

TC -Transporte Colectivos

tep/habitante - Toneladas Equivalentes de Petróleo por Habitante

TI - Transporte Individual Motorizado

TIS.pt – Transporte, Inovação e Sistemas, SA

UE15 - A União Europeia correspondente a 15 Estados-Membros: Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Espanha, Finlândia, França, Grécia, Irlanda, Itália, Luxemburgo, Países Baixos, Portugal, Reino Unido e Suécia

UE27 - A União Europeia correspondente a 27 Estados-Membros: Alemanha, Áustria, Bélgica, Bulgária, Chipre, Dinamarca, Eslováquia, Eslovénia, Espanha, Estónia, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Irlanda, Itália, Letónia, Lituânia, Luxemburgo, Malta, Países Baixos, Polónia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Roménia e Suécia

UN - Habitat – United Nations Agency for Human Settlements Providing Adequate Shelter for All

W / m². K - Watt por metro quadrado Kelvin

WTW - Well-to-Wheel, ciclo de vida total do combustível/vector energético usado

Índice Geral

Resumo.....	1
Abstract	2
Abreviaturas, Símbolos e Acrónimos.....	3
1. Introdução.....	1
2. Sustentabilidade e Energia.....	7
3. Urbanismo	16
3.1. Modelos Urbanos compactos e diversificados	16
3.2 Urbanização de tráfego orientado.....	22
3.3 Desenho Urbano e Edificado Eficiente Energeticamente	26
3.4 Estrutura Ecológica Urbana	30
3.5 Espaços urbanos criativos e inteligentes.....	32
3.6 Reabilitação Urbana.....	35
4. Mobilidade e Transportes	40
4.1 Estratégias para uma mobilidade sustentável.....	40
4.2 Redes Interurbanas e Urbanas de transportes coletivos.....	44
4.3 Intermodalidade entre os modos de transporte.....	49
4.4 Gestão da procura de tráfego.....	54
4.5 Rede ciclável e pedonal de qualidade	58
5. Edificado.....	68
5.1 Consumos energéticos nos edifícios	68
5.2 Arquitetura Bioclimática.....	69
5.3 Sistemas Solares Passivos em Edifícios	75
5.4 Reabilitação dos edifícios	81
5.5 Edifícios e pavimentos de cor clara.....	85
6. Modelo de Avaliação da Eficiência Energética de Comunidades.....	90
7. Caso de Estudo - Baixa Pombalina de Lisboa.....	97
7.1 Seleção do caso de estudo e metodologia	97
7.2 História e caracterização da estrutura urbana e do edificado.....	99
7.3 Avaliação da eficiência energética.....	101
8. Considerações Finais.....	120
Referências Bibliográficas	125

Índice de Figuras

Figura 1: Consumo interno bruto em Portugal (2007).....	12
Figura 2: Consumo interno bruto na Europa, UE 27 (2007).....	12
Figura 3: A abordagem “trias energetica”	14
Figura 4: Evolução do desenvolvimento urbano e da tecnologia de transporte.....	17
Figura 5: Densidade populacional versus consumo de energia, seleção de cidades mundiais.....	18
Figura 6: Densidade populacional versus emissões de CO ₂ , seleção de cidades Europeias.....	19
Figura 7: Esquema da concentração urbana em torno de redes de movimento.....	25
Figura 8: Características dos <i>iHub</i>	34
Figura 9: Distância percorrida por passageiro com a energia de 1 MJ.....	44
Figura 10: Consumo de energia de WTW MJ/pass.Km.....	44
Figura 11: Comparação da densidade da rede ferroviária e rodoviária em 2003 (m/km ²)	46
Figura 12: Comparação da densidade da rede ferroviária e rodoviária em 2003 (m/10 ³ hab).....	46

Figura 13: Repartição desejável da extensão das etapas de percurso em cada um dos níveis hierárquicos da rede viária	50
Figura 14: Atributos para a classificação das interfaces	52
Figura 15: Comparação dos tempos de deslocação entre os meios de transporte em distâncias de 8 km em meio urbano	59
Figura 16: Comparação dos vários meios de transporte em relação ao automóvel para uma deslocação equivalente de pessoas/km.....	59
Figura 17: Hierarquia de decisão	60
Figura 18: Critérios para a implementação das várias tipologias de percursos cicláveis	62
Figura 19: Espaços mínimos de manobra dos peões	64
Figura 20: Esquema de possíveis formas e orientações de edifícios	70
Figura 21: Necessidade de aquecimento por mês num edifício residencial antes e depois da renovação em relação a ganhos solares e internos.....	72
Figura 22: Telhado verde do City Hall em Chicago	73
Figura 23: Telhado verde da Universidade Tecnológica de Nanyang em Singapura	73
Figura 24: Parede verde do Quai Branly Museum em Paris	74
Figura 25: Centro Comercial Dolce Vita Tejo na Amadora	74
Figura 26: Sistema de ganho direto	76
Figura 27: Parede de Trombe.....	77
Figura 28: Sistema de ganho isolado	77
Figura 29: Sistema de coletores de ar, funcionamento no inverno (1) e no verão (2).....	78
Figura 30: Ventilação transversal.....	79
Figura 31: Arrefecimento pelo solo	79
Figura 32: Arrefecimento evaporativo	80
Figura 33: Arrefecimento radiativo.....	80
Figura 34: Segmento da reabilitação no setor da construção em 2002. Enquadramento internacional.	82
Figura 35: Peso da construção nova no setor da construção de edifícios em 2004. Enquadramento internacional.	82
Figura 36: Apoio do Estado ao setor da habitação entre 1990 e 1999: compra de casa própria, parque de arrendamento e reabilitação.....	83
Figura 37: Investimento em habitação no ano de 2002 (%).	83
Figura 38: Localização e Limites da área do Plano Pormenor da Baixa Pombalina (à direita, a vermelho).....	99
Figura 39: Interior de habitação pombalina com portadas interiores de madeira	101
Figura 40: Planta de equipamentos e serviços públicos.....	102
Figura 41: Área de abrangência da escola primária e da extensão do centro de saúde	103
Figura 42: Área de abrangência da escola secundária Gil Vicente e da escola básica e secundária Passos Manuel	103
Figura 43: Espaços com usos não residenciais localizados fora do buffer de influência das escolas secundárias	104
Figura 44: Imagens de calçada portuguesa nas ruas da Baixa Pombalina	105
Figura 45: Limites da área da Junta de Freguesia de S. Nicolau e da Baixa Pombalina	106
Figura 46: Localização de espaços verdes nas áreas limítrofes da Baixa Pombalina.....	106
Figura 47: Placa de estacionamento reservado a residentes na Baixa Pombalina.....	110
Figura 48: Mapa de distribuição das zonas de estacionamento na Baixa Pombalina.....	110
Figura 49: Bandas sonoras na Baixa Pombalina.....	110
Figura 50: Estacionamento para bicicletas na Praça do Município e nos Restauradores, Baixa Pombalina.....	111
Figura 51: Imagem de zonas pedonais na Baixa Pombalina	112

Figura 52: Planta da Baixa Pombalina com os espaços pedonais e acesso condicionado	112
Figura 53: Carta de Potencial solar bruto na Baixa Pombalina.....	115
Figura 54: Telhado verde do Hotel Lisboa Regency.....	116
Figura 55: Idade média dos edifícios	117
Figura 56: Plano do estado de conservação do edificado.....	117
Figura 57: Imagem geral dos telhados da Baixa Pombalina	118

Índice de Quadros

Quadro 1: Objetivos da sustentabilidade e impactes do setor da energia	10
Quadro 2: Estrutura Verde Urbana.....	32
Quadro 3: Síntese das Diretrizes e Indicadores para Comunidades Eficientes em Energia considerando o domínio “Urbanismo”	39
Quadro 4: Opções políticas europeias para responder aos desafios da mobilidade urbana	41
Quadro 5: Metas para um sistema de transportes competitivo e económico em recursos.....	42
Quadro 6: Linhas de orientação para a mobilidade	43
Quadro 7: Lista de critérios de qualidade da “Rede de cidadãos”	48
Quadro 8: Tipo de medidas de acalmia de tráfego.....	55
Quadro 9: Tipologias de percursos cicláveis e suas vantagens e inconvenientes.....	61
Quadro 10: Síntese das Diretrizes e indicadores para Comunidades Eficientes em Energia considerando o domínio “Mobilidade e Transportes”	67
Quadro 11: Síntese das Diretrizes e indicadores para Comunidades Eficientes em Energia considerando o domínio “Edificado”	89
Quadro 12: Diretrizes propostas para cada domínio	90
Quadro 13: Avaliação da eficiência energética da comunidade em estudo a partir da AEEC	93
Quadro 14: Classificação dos indicadores de sustentabilidade energética no domínio “Urbanismo”	94
Quadro 15: Classificação dos indicadores de sustentabilidade energética no domínio “Mobilidade e Transportes”	95
Quadro 16: Classificação dos indicadores de sustentabilidade energética no domínio “Edificado”.	96
Quadro 17: Avaliação dos indicadores de sustentabilidade energética da Baixa Pombalina no domínio “Urbanismo”	108
Quadro 18: Avaliação dos indicadores de sustentabilidade energética da Baixa Pombalina no domínio “Mobilidade e Transportes”	114
Quadro 19: Avaliação dos indicadores de sustentabilidade energética da Baixa Pombalina no domínio “Edificado”	119

Índice de Tabelas

Tabela 1: Principais indicadores energéticos em Portugal e na UE 27	12
Tabela 2: Consumo final de energia em Portugal e na Europa (UE-27) por tipo de combustível em 2007.....	13
Tabela 3: Consumo final de energia em Portugal por setor em 2007	13
Tabela 4: Poupanças diretas e indiretas de energia devido à implementação de telhados verdes	74
Tabela 5: Caracterização do edificado em Lisboa em 2011	84

1. Introdução

A consciencialização de que os impactes ambientais das atividades antropogénicas estão a pôr em causa o desenvolvimento de muitas nações, devido ao carácter irreversível de muitos deles, tem levado a repensar algumas políticas e estratégias governamentais. Este é o caso do setor energético que, não obstante gerar claros benefícios para o crescimento económico e tecnológico, é também responsável por múltiplos impactes negativos, de âmbito ecológico, ambiental e social, que são gerados pela produção, transporte e utilização da energia.

Assiste-se ao esgotamento das energias fósseis e a um aumento das emissões de gases com efeito de estufa (GEE) e outros poluentes decorrentes da produção e consumo de energia, que se concentra em especial nas zonas urbanas.

A implantação das infraestruturas de produção de energia em ecossistemas naturais e o seu transporte, associados a desflorestação, ao efeito barreira e a descargas de matérias perigosas, contribuem para perdas de biodiversidade.

Em termos sociais destacam-se os conflitos internacionais e instabilidade política associados à produção e distribuição de energia fóssil, a dependência energética de muitos países, a insegurança do aprovisionamento, a existência de sistemas urbanos e de mobilidade muito dependentes de energia fóssil e o facto da necessidade de poupança de energia não estar interiorizada pelas comunidades.

Dados da UN-Habitat referem que metade da população mundial consome 75% de energia e emite 80% dos gases com efeito de estufa (UN-Habitat, 2008). Por outro lado, mais de um quarto da população mundial não tem acesso aos métodos modernos de fornecimento de energia. Na África subsariana, por exemplo, 80% da população ainda não tem fornecimento de eletricidade.

Estes impactes negativos podem interferir no desenvolvimento sustentável das nações e a sua análise é fundamental para a redefinição de políticas e estratégias mais sustentáveis do setor energético.

O conceito de 'desenvolvimento sustentável' foi definido, em 1987, no Relatório Brundland, elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pela Organização das Nações Unidas (ONU), como “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras para satisfazerem as suas próprias necessidades” (WCED, 1987). Este relatório assumiu, de uma forma inovadora, uma perceção do

caráter global dos problemas ambientais decorrentes do desenvolvimento económico e propôs a necessidade de encontrar uma harmonia entre a exploração de recursos, o desenvolvimento tecnológico e as imprescindíveis mudanças institucionais de forma a que, no seu conjunto, contribuíssem para o aumento da capacidade para satisfazer as futuras necessidades e aspirações humanas, de uma forma ecológica e ambientalmente sustentável, economicamente mais eficiente e socialmente mais justa.

Contudo, este conceito ainda não foi plenamente interiorizado pela sociedade. Na Europa, tem-se assistido a uma tendência para o aumento de consumo generalizado em termos de bens e serviços. A melhoria do nível de vida da classe média europeia, a que se assistiu nas últimas décadas do século XX, desencadeou um aumento dos padrões de consumo, fenómeno designado como 'sociedade do hiperconsumo' (Lipovetsky, 2007) e também como 'a idade do acesso' (Rifkin, 2000). Este padrão de consumo foi acompanhado também por um aumento excessivo do consumo de energia que contribuiu para a atual problemática ambiental.

Para vivermos em sociedades sustentáveis é necessário ter em conta todas as dimensões da sustentabilidade, numa visão abrangente em que todos os envolvidos participem ativamente. Consequentemente, na definição de políticas públicas, os decisores e técnicos devem assumir uma abordagem holística que tenha em conta a equidade social, o desenvolvimento económico e a proteção ambiental mas que acima de tudo inclua a participação pública no desenvolvimento e implementação de medidas concretas de sustentabilidade.

Devido aos inúmeros problemas relacionados com o desenvolvimento do fornecimento de energia, a gestão da procura parece ser a abordagem mais viável para o futuro (EC, 2001), pois se reduzirmos a procura será mais simples e eficiente gerir o fornecimento de energia e não será necessário aumentar em demasia a oferta.

Para haver poupança de energia, dois caminhos podem ser seguidos para atingir o fim: através do aumento da eficiência energética, ou através da redução do consumo de energia, embora haja o risco do aumento da eficiência poder incentivar o consumo (Moezzi, 1998).

Assim, face aos objetivos de sustentabilidade e aos impactes negativos associados ao setor energético, considera-se imprescindível uma mudança do paradigma energético. Têm de ser encontradas alternativas ao modelo de produção e distribuição de energia, em vigor atualmente, uma vez que tem dependido em grande escala de fontes de energia fóssil, o que se tornará insustentável num futuro muito próximo.

A evolução tecnológica associada a fontes renováveis, está a permitir grandes mudanças e tem sido gradualmente integrada em políticas governamentais e legislação nacionais. Está em curso uma crescente tendência para a descentralização da produção de energia. Mas a questão central deste estudo mantém-se: como poderão as regiões ou certas comunidades ser mais eficientes em termos de energia?

A presente dissertação tenta responder a esta questão, focalizando-se na problemática da gestão de energia à escala urbana. Seguindo uma abordagem passiva¹ e dando ênfase às medidas de eficiência energética que contribuem para a sua redução, pretende indicar diretrizes que poderão responder a esta questão e desenvolver indicadores de sustentabilidade energética. As diretrizes aqui desenvolvidas pretendem servir de orientação a ser seguida para levar a bom termo a tarefa da avaliação da sustentabilidade energética de comunidades² urbanas.

Assim esta dissertação foi organizada em vários capítulos, o capítulo 2 enquadra o tema da sustentabilidade e energia, onde se explicam os impactos do setor da energia e as várias dimensões e objetivos da sustentabilidade, seguidamente é apresentada a distribuição dos consumos energéticos e as suas implicações, por último é abordado o novo paradigma do planeamento energético, justificando a pertinência do tema escolhido para a análise deste estudo.

No capítulo 3 é abordado o domínio do urbanismo, onde, no primeiro subcapítulo se explica como se desenvolveram as cidades tal como as conhecemos e as características e vantagens dos modelos urbanos compactos e diversificados onde estas inicialmente se basearam, características essas que hoje em dia estão a ser defendidas e que devem ser aplicadas à realidade atual. O segundo subcapítulo trata o tema da proximidade associada à mobilidade e como a urbanização de tráfego orientado pode ser uma chave para o sucesso de aglomerados urbanos sustentáveis.

No subcapítulo do desenho urbano e edificado eficiente energeticamente desenvolve-se a importância da geometria urbana na forma como se comportam as cidades e a sua influência no conforto e qualidade ambiental das mesmas, neste caso focalizada em situações de clima temperado/quente como é o caso de Portugal. Outro dos fatores que permite uma melhor qualidade ambiental é sem dúvida a estrutura ecológica urbana, abordada no quarto subcapítulo, já que as

¹ Utilizam-se os termos “abordagem ativa” e “abordagem passiva” que são usados na área científica da construção sustentável, em que se assume uma dimensão urbana.

“Nos edifícios existem duas formas distintas de aproveitar a energia solar. Uma é a forma activa, na qual os raios solares são convertidos directamente noutras formas de energia (térmica ou eléctrica) por equipamentos especialmente instalados para o efeito. Outra é a forma passiva, onde se faz o aproveitamento da energia para a climatização dos edifícios através de concepções e estratégias construtivas apropriadas.” (Almeida *et al.*, 2005). Assume-se, assim, que a abordagem passiva se focaliza em concepções urbanas e estratégias morfológicas apropriadas.

² Nesta dissertação entende-se “comunidade” como um sistema interdependente entre seres vivos e espaço construído (neste caso espaço urbano), e o conceito de “comunidade urbana” não surge associado a uma subdivisão administrativa.

áreas verdes contribuem para a diminuição das amplitudes térmicas, um maior conforto para os habitantes e diminuição das necessidades energéticas.

Os espaços urbanos criativos e inteligentes são abordados no subcapítulo seguinte, onde se explica o conceito de *Innovation Hub* e as suas características de integração de espaços inovadores e criativos associados a infraestruturas digitais e revitalização urbana. Por último a reabilitação urbana é abordada num conceito global de reabilitação não só do edificado mas onde se incluem também as infraestruturas urbanas.

O capítulo 4 trata o domínio da mobilidade e transportes. No primeiro subcapítulo são apresentados os consumos energéticos deste setor assim como as suas implicações na sustentabilidade, desenvolvendo-se em seguida as políticas e estratégias ao nível europeu e nacional que são apresentadas como forma de solucionar essas implicações e de tornar a mobilidade mais sustentável, melhorando simultaneamente a acessibilidade. O segundo subcapítulo aborda o tema das redes interurbanas e urbanas de transportes coletivos, fazendo uma comparação entre os consumos energéticos dos vários meios de transporte coletivo, dando ênfase às vantagens do modo ferroviário, e onde se explica a importância da oferta de uma rede de transportes coletivos de qualidade, por último são ainda definidos os vários níveis de uma rede de transportes.

No terceiro subcapítulo é definida e analisada a importância da intermodalidade entre modos de transporte, da articulação dos modos individual, coletivo e pedonal e da hierarquização da rede viária. No subcapítulo referente à gestão da procura de tráfego é explicado o que se entende por medidas de acalmia de tráfego, quais são e de que forma estas podem contribuir para a diminuição dos volumes de tráfego. Este capítulo encerra com a abordagem de uma rede ciclável e pedonal de qualidade, o que implicam e como são constituídas.

O capítulo 5 é referente ao domínio do edificado onde se aborda, no primeiro subcapítulo, a evolução do setor da construção na Europa e em particular em Portugal e onde é feito um enquadramento dos consumos energéticos dos edifícios e as suas implicações ambientais. O subcapítulo 2 é referente ao conceito de arquitetura bioclimática, que pressupõe princípios como por exemplo o desenho solar passivo, a orientação das fachadas e a existência de paredes ou telhados verdes. O subcapítulo seguinte debate a questão dos sistemas solares passivos em edifícios, incluindo aquecimento e arrefecimento.

Ainda no mesmo domínio é novamente desenvolvida a reabilitação, mas neste caso particular, a dos edifícios, onde se explica a evolução sofrida no setor da construção do edificado até à situação atual, os problemas que enfrenta e a necessidade de criação de incentivos associados à reabilitação

em detrimento da construção nova. Para finalizar este capítulo são abordados os edifícios e pavimentos de cor clara, onde se demonstra a importância dos mesmos no conforto e qualidade ambiental das cidades.

Após a enumeração das diretrizes e indicadores referentes a cada um dos domínios, no capítulo 6 propõe-se um modelo de avaliação da sustentabilidade energética das comunidades baseado na apreciação do seu grau de conformidade em relação aos indicadores encontrados, através de uma combinação linear pesada.

O capítulo 7 consiste na descrição do caso de estudo, onde este modelo será aplicado, de uma forma simplificada, a uma comunidade já existente na cidade de Lisboa: a Baixa Pombalina, por se tratar dum bairro centenário localizado no centro urbano. Por comunidade entende-se como qualquer grupo social cujos membros vivem numa determinada área, partilhando uma herança cultural e histórica, sociedade, lugar onde vivem estas pessoas. Este capítulo será dividido num primeiro subcapítulo onde é justificada a escolha da comunidade em estudo e descrita a metodologia aplicada, num segundo subcapítulo onde será caracterizada a estrutura urbana e o edificado do caso de estudo em análise e num terceiro subcapítulo onde serão apresentados os resultados obtidos na avaliação dos indicadores de sustentabilidade energética da Baixa Pombalina nos vários domínios, e a sua discussão.

A sua avaliação será realizada recorrendo a estudos realizados sobre esta zona em particular, tais como documentos técnicos fornecidos pelas autoridades municipais, como é o caso por exemplo do Plano de Pormenor da Baixa Pombalina, ou de documentos académicos que tenham por base o estudo das características desta comunidade, nos casos em que estes não forem suficientes para responder às questões levantadas, serão complementados com dados *in situ* retirados de uma visita ao local que consistiu no levantamento das características específicas desta zona.

A escolha desta comunidade deveu-se, antes de mais, ao facto de ser um meio urbano consolidado, por ser uma zona com características muito heterogéneas em termos de usos mistos, albergando habitação, comércio, serviços e lazer e por estar a ser alvo de um processo de reabilitação urbana.

A Baixa representa o centro da cidade de Lisboa, onde já foram efetuados vários estudos, uma vez que, pelas suas características patrimoniais e históricas, tem bastante potencial de desenvolvimento e pela sua visibilidade face ao resto do país ter, cada vez mais, o dever de se assumir como exemplo nacional.

Assim sendo, a escolha de uma comunidade com características que remontam ao séc. XVIII

apresenta desafios acrescidos por servir de exemplo para uma possível transposição para várias outras comunidades com características semelhantes, permitindo um esforço criativo. Por todas as razões acima descritas ao escolher este caso de estudo, estabelece-se um exemplo do que está a ser feito e de potenciais desenvolvimentos futuros em reabilitação urbana, para este e outros bairros com características semelhantes, demonstrando um possível rumo a tomar no contexto da necessidade de mudança de paradigma energético.

O capítulo 8 encerra assim este estudo, tecendo as considerações finais a que se chegou na elaboração desta dissertação. Tendo-se concluído que, do ponto de vista urbanístico, a morfologia urbana das cidades desempenha um papel fundamental na eficiência energética das comunidades e que a aplicação de modelos urbanos compactos, assim como, uma estrutura urbana bioclimática associada à reabilitação do espaço urbano, juntamente com a implementação de espaços verdes e de espaços criativos e inteligentes traduzem-se numa redução de consumos energéticos.

Em termos de mobilidade e transportes, concluiu-se que a promoção de deslocações pedonais e velocípedes, associadas a um sistema de transportes colectivos de qualidade, devidamente hierarquizados e complementares, com ênfase no meio de transporte ferroviário poderão contribuir para a diminuição do recurso ao meio de transporte individual e por consequência à redução dos consumos energéticos e da emissão de poluentes. Do ponto de vista dos edifícios é esperada também uma redução dos consumos energéticos através da arquitectura bioclimática com recurso a sistemas passivos de aquecimento e arrefecimento, ventilação e iluminação naturais e ainda da reabilitação de edifícios em particular.

Neste estudo conclui-se assim que uma abordagem passiva a domínios tão diversificados, mas simultaneamente tão interligados, como o urbanismo, a mobilidade e transportes e o edificado podem contribuir para uma maior eficiência energética e simultaneamente para uma maior sustentabilidade dos territórios.

2. Sustentabilidade e Energia

Para evitar a contradição conceptual inerente ao conceito de “desenvolvimento sustentável” emergiu, de uma forma mais consensual, o conceito de “sustentabilidade”. Costanza (1997) defende que a sustentabilidade é a relação entre os sistemas económicos humanos dinâmicos e os sistemas ecológicos, também dinâmicos, mas que normalmente mudam a um ritmo mais lento, de forma a que a vida humana possa prosperar e desenvolver-se e que simultaneamente os efeitos das atividades humanas permaneçam dentro de certos limites, de forma a não destruírem a diversidade, complexidade e funções do sistema ecológico que serve de suporte à vida.

Esta relação depende de uma multiplicidade de dimensões, todas elas interrelacionadas, de uma forma sistémica: ecológica, ambiental, económica, social e cultural, territorial, institucional, política e governamental e individual (Rosa, 2006). No entanto os impactes do atual modelo centralizado de produção e distribuição de energia são múltiplos e têm implicações em cada uma dessas dimensões.

Do ponto de vista ecológico a construção de infraestruturas de sistemas centralizados de produção e distribuição de energia vão causar impactes negativos nos ecossistemas naturais, como é o caso por exemplo do efeito barreira que uma barragem vai criar na sua implementação. Na fase de produção de energia também existem impactes negativos decorrentes da desflorestação devida a usos energéticos ou da contaminação por descargas desses sistemas. É por essas razões que a dimensão ecológica da sustentabilidade tem por objetivo a manutenção da integridade ecológica dos ecossistemas e dos sistemas de suporte de vida. Neste âmbito há que manter a biodiversidade para garantir a integridade, resistência e flexibilidade ecológicas. Tem ainda por objetivo defender a “resiliência” dos ecossistemas, ou a capacidade para se adaptarem e reorganizarem após uma perturbação grave.

Ao nível ambiental o recurso excessivo a fontes de energias fósseis tem levado ao seu esgotamento assim como à degradação ambiental dos sistemas decorrente da emissão de gases com efeito de estufa e outros poluentes atmosféricos associados à produção e consumo de energia. Desta forma a dimensão ambiental da sustentabilidade tem que ter por objetivos conservar a base dos recursos naturais, sendo imprescindível reduzir a dependência dos recursos não renováveis, como é o caso das energias fósseis e atender à capacidade de carga dos territórios, ou seja, capacidade de um território para suportar um nível ou intensidade de uso. É traduzida segundo Daly (1990) em 3 princípios:

- as taxas de uso dos recursos renováveis não excederem as taxas de regeneração;

- as taxas de uso dos recursos não renováveis não excederam a taxa em que é feita a sua substituição por recursos renováveis e
- as taxas de emissão de poluentes não excederam a capacidade de assimilação do ambiente.

Estes objetivos estão intrinsecamente ligados à necessidade de se manterem as funções de suporte de vida, e em consequência, à manutenção dos ciclos biogeoquímicos e dos demais serviços que os ecossistemas prestam às comunidades humanas. Neste âmbito afigura-se imprescindível a estabilidade climática (Goodland and Daly, 1995).

Com a proteção ambiental pretende-se salvaguardar a capacidade dos ecossistemas para sustentarem a vida, respeitar os limites dos recursos naturais, garantir um elevado nível de proteção e melhoria da qualidade do ambiente. Neste domínio, pretende-se prevenir e reduzir a poluição ambiental e promover o consumo e a produção de uma forma sustentável.

Esse mesmo crescimento económico tem estado desde sempre associado ao uso de energia fóssil, a partir da qual por sua vez é produzida grande parte da eletricidade e que devido a problemas de eficiência na sua conversão e distribuição fazem com que represente um elevado custo para instituições e famílias. Estes impactos fazem com que a dimensão económica da sustentabilidade tenha por objetivo a promoção de uma economia próspera, inovadora, competitiva e ecoeficiente, que proporcione elevados níveis de vida e pleno emprego de qualidade, sobretudo nas regiões em desenvolvimento. Advoga a necessidade de se manterem fluxos regulares de investimento privado e público, defende a equidade na distribuição da riqueza e a alienação da pobreza. Pretende, ainda, uma mudança de padrões de consumo associada a avanços tecnológicos que conduzam a uma gestão eficiente, utilizando menos recursos e produzindo menos resíduos.

A nível social e cultural o modelo centralizado de produção e distribuição de energia faz com que grande parte da população mundial não tenha acesso à energia ou no caso de o ter seja dependente de energia não comercial ou a custos muito elevados. Existem inclusivamente países ou regiões que têm a necessidade de importar a totalidade de energia consumida. A produção e distribuição de energia tem ainda associados problemas de saúde pública decorrentes das emissões de poluentes e ao nível da desvalorização dos territórios pelo impacto visual que as infraestruturas representam. Torna-se desta forma claro que a dimensão social e cultural da sustentabilidade tem por objetivo assegurar os direitos humanos, alienar a pobreza, assegurar a inclusão social e a diversidade cultural. Está associada ao conceito de 'equidade social' (Serageldin, 1993), ou seja, à igualdade de

oportunidades no acesso a bens e serviços (como por exemplo o acesso à energia). Demanda uma participação ativa de todos os cidadãos e comunidades (*empowerment*) e instituições.

Nesta dimensão não se deve descurar a identidade e a herança cultural de cada território pois lições importantes podem ser retiradas e aprendidas com o passado, mantendo a identidade local. Ao tirar partido das condições endógenas mais favoráveis, procura-se também tirar partido da melhor configuração rural - urbana, permitindo um equilíbrio e uma melhor distribuição territorial dos aglomerados humanos e das atividades económicas (Sachs, 1994), objetivos inerentes a uma dimensão territorial.

A grande dependência dos sistemas urbanos e de mobilidade em relação à energia fóssil, juntamente com medidas de gestão de procura pouco eficazes e o fator poupança energética não estar interiorizada pelos indivíduos, têm causado muitas vezes insegurança no aprovisionamento energético, levando inclusivamente em algumas situações a conflitos internacionais e instabilidade política associados à produção e distribuição de energia.

A sustentabilidade institucional, política, governamental e individual implica por isso uma aprendizagem que conduza ao conhecimento, desempenho e uma boa gestão dos recursos a todos os níveis, mesmo nas atitudes individuais, o que num esforço conjunto poderá traduzir-se na eliminação e prevenção dos riscos de saúde e na proteção da segurança dos cidadãos. Tem que haver um entendimento de que a mudança de consumos só poderá ser possível através de uma partilha de responsabilidade entre todos os envolvidos nesta dimensão.

Em face dos objetivos da sustentabilidade e dos impactes negativos associados ao setor energético centralizado (Quadro 1), considera-se imprescindível uma mudança do paradigma energético que leve a uma redução dos consumos energéticos e a uma valorização de recursos renováveis.

Quadro 1: Objetivos da sustentabilidade e impactos do setor da energia

Dimensões e Objetivos da Sustentabilidade (Rosa, 2006)		Impactes do modelo centralizado de produção e distribuição de energia
Ecológica	Integridade Ecológica Resiliência Manter a biodiversidade Manter os sistemas e as funções de suporte de vida	Impactes da implantação de infraestruturas do setor energético em ecossistemas naturais; Desflorestação devida a usos energéticos; Infraestruturas associadas à produção e transporte de energia causam efeito barreira; Contaminação por descargas de sistemas de produção de energia;
Ambiental	Conservar a base dos recursos Reduzir a dependência dos recursos não renováveis Conservar os recursos renováveis Atender à capacidade assimilativa do meio ambiente/ Atender à capacidade de carga Estabilidade climática	Esgotamento das energias fósseis; Emissões apreciáveis de GEE ³ decorrentes da produção e consumo de energia; Emissão de outros poluentes atmosféricos decorrentes do setor energético e sua concentração nas zonas urbanas;
Económica	Estabilidade Equidade Desenvolvimento económico nas regiões empobrecidas Alienação da pobreza Eficiência – mudança de padrões de produção	O uso de energia fóssil está intrinsecamente relacionado com o desenvolvimento económico; Problemas de eficiência na conversão e distribuição de energia; Custo elevado da energia para as instituições e famílias; Grande dependência da energia primária fóssil na produção de eletricidade;
Social e Cultural	Ética Atender aos direitos humanos <i>Empowerment</i> –Participação ativa Alienação da pobreza Equidade social - Igualdade de oportunidades Inclusão social Identidade e herança cultural	População sem acesso à energia ou dependente de energia não comercial; Custo elevado da energia para as famílias; Problemas na saúde pública associados às emissões de poluentes atmosféricos;
Territorial	Coesão Territorial Procurar uma configuração rural-urbana mais equilibrada	Importação de energia por parte de países e regiões; Muitas comunidades não têm acesso a energia; Os impactes visuais das infraestruturas desvalorizam os territórios.
Institucional, Política, Governamental e Individual	Aprendizagem Institucional <i>Empowerment</i> Participação ativa Eliminar e evitar os riscos de saúde Proteger a segurança dos cidadãos Mudança dos padrões de consumo Partilha de responsabilidades	Conflitos internacionais e instabilidade política associados à produção e distribuição de energia fóssil; Insegurança do aprovisionamento; Acidentes causados pela produção de energia; Sistemas urbanos e de mobilidade muito dependentes da energia fóssil; Medidas de gestão da procura pouco eficazes; A poupança de energia não está interiorizada pelos indivíduos;

Fonte: Elaboração própria

O setor energético é composto pelos subsistemas de geração, transmissão, distribuição e consumo de energia, pelo que se vai dar destaque ao contributo do urbanismo, dos transportes e mobilidade e do edificado para a poupança energética.

Uma abordagem passiva à gestão de energia centra-se nos processos e padrões de consumo de energia.

³ GEE- Gases com efeito de estufa, são substâncias gasosas que absorvem parte da radiação infravermelha, emitida principalmente pela superfície terrestre e impedem que ela saia, mantendo a superfície terrestre a uma temperatura amena, no entanto o aumento da emissão destes gases, pode estar a contribuir para o aumento exagerado de temperatura na terra. Como tal, as Nações unidas definiram a necessidade de redução de sete gases com efeito de estufa; dióxido de carbono, óxido nítrico, metano, clorofluorcarbonetos, perfluorcarbonetos, hidrofluorcarbonetos, perfluorcarbonetos e hexafluoreto de enxofre (CO₂, N₂O, CH₄, CFCs, HFCs, PFCs, SF₆, respetivamente)

Ao longo do século XX, a produção de energia foi, sobretudo, feita de uma forma centralizada, em grandes centrais térmicas, hidroelétricas, nucleares, etc. Representam grandes investimentos, estruturas de grande dimensão e implicam grandes impactos ambientais e sociais, são caracterizadas pela pouca flexibilidade e por serem detentoras de monopólios. Têm de ser encontradas alternativas ao modelo centralizado de produção e distribuição de energia, em vigor atualmente, uma vez que tem dependido em grande escala de fontes de energia fóssil, o que o torna insustentável.

O IPCC (2007) refere no seu 4º relatório, que em 2004, as emissões de CO₂ de combustíveis fósseis representaram uma parcela de 56,6% do total de emissões de GEE de origem antropogénica. O processo de produção e consumo de energia com origem fóssil está a contribuir para o aumento das emissões de gases com efeito de estufa e portanto para o problema das alterações climáticas.

O fornecimento de energia adequado e a preços razoáveis desencadeou a transição de economias agrícolas para sociedades modernas industriais orientadas para os serviços. Verificou-se na Europa uma tendência para o aumento de consumo generalizado em termos de bens e serviços, onde está incluído o consumo de energia.

Importa ressaltar o aumento de energia per capita de 1754 kgep/cap em 1990 para 2448 kgep/cap, em 2007, em Portugal, traduzindo-se num aumento de cerca de 40%, o que por sua vez leva a um aumento da dependência energética para fazer face a esse aumento do consumo de energia, já que em termos nacionais os recursos naturais resumem-se apenas às energias renováveis (Eurostat, 2010).

A dependência energética na União Europeia (UE-27), em 2007, rondava os 53,1%, enquanto que em Portugal os 21 milhões de tep constituíam recursos importados, representando estes 82% do consumo, tendo o petróleo a fatia mais elevada das importações, com cerca de 67%. O gás natural começou a fazer parte dessas importações apenas em 1997, aumentando a partir daí cada vez mais a sua percentagem ao longo dos anos (Eurostat, 2010).

Em 1995, as importações energéticas foram de 18,01 milhões de tep, tendo vindo a aumentar desde então, atingindo 21,85 milhões de tep em 2007, embora a economia portuguesa não tenha crescido de forma a justificar essa evolução no consumo de energia (Eurostat, 2010).

Ao analisar os dados relativos ao consumo interno bruto por tipo de combustível verifica-se que o petróleo é o mais representativo, quer em Portugal, quer na União Europeia, 54% e 42% respetivamente.

No sentido de reduzir essa tendência, em Portugal tem-se investido na produção de energias renováveis, representando 18% do consumo primário de energia (em 2007), um valor bastante elevado quando comparado com os 9% na Europa no mesmo ano, mas esse investimento por si só não será suficiente se a procura de energia continuar a aumentar.

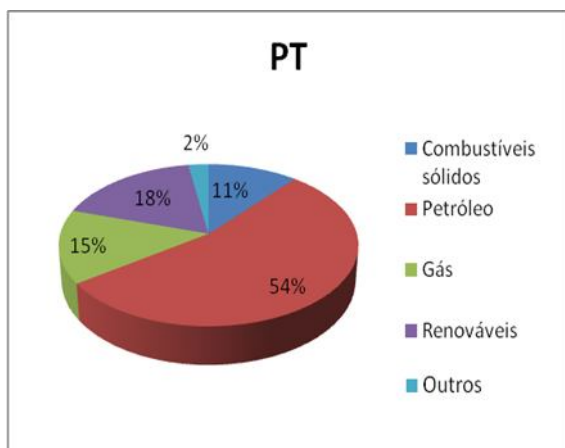


Figura 1: Consumo interno bruto em Portugal (2007)
Fonte: Elaboração própria a partir de Eurostat, 2010

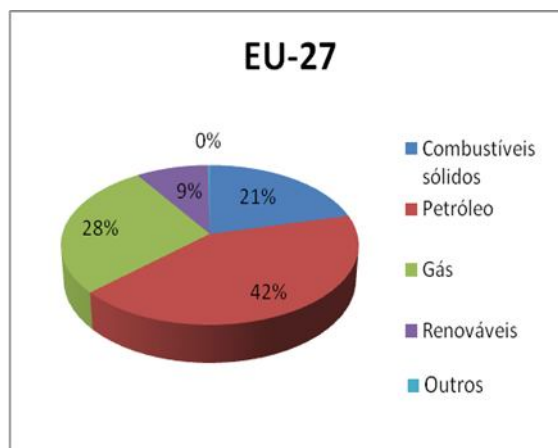


Figura 2: Consumo interno bruto na Europa, UE 27 (2007)
Fonte: Elaboração própria a partir de Eurostat, 2010

O consumo interno bruto, em 2007, na União Europeia (UE, 27) rondava os 1806 milhões de tep e em Portugal os 25 milhões de tep, representando assim um consumo de 3641 e 2448 kgep per capita, respetivamente (Eurostat, 2010). Embora o consumo per capita em Portugal seja inferior à média europeia, a intensidade energética⁴ e CO₂ são superiores.

Principais indicadores	UE 27 (1990)	Portugal (1990)	UE 27 (2007)	Portugal (2007)
Energia per capita (kgoe/cap)	3381	1754	3641	2448
Intensidade energética (tep/M EUR'00)*	233	190	169	197
% da dependência da importação de energia	44,5	83,5	53,1	82,0
Emissões de CO ₂ (Mt)	4574	46	4498	67
Intensidade de CO ₂ (tCO ₂ /toe)	2,75	2,65	2,49	2,58
CO ₂ per capita	9305	4650	9066	6318

Tabela 1: Principais indicadores energéticos em Portugal e na UE 27

Fonte: Adaptado de Eurostat, 2010

*Nota: Para PIB aos preços de mercado no ano 2000

⁴ Intensidade Energética - dá uma indicação da eficácia com que a energia está a ser utilizada para produzir um valor acrescentado. É definida como a relação do Abastecimento de Energia Primária com o Produto Interno Bruto.

Em relação ao consumo final de energia, no que diz respeito ao tipo de combustível em Portugal, mantém uma grande dependência em relação aos combustíveis de origem fóssil, repartindo-se em 0,9% combustíveis sólidos (carvão e linhite), 52,74% petróleo e 7,66% gás, havendo também uma parcela de eletricidade gerada a partir de recursos de origem fóssil, decorrentes, por exemplo, de centrais térmicas. Na União Europeia passa-se a mesma situação, embora no total o consumo final de energia a partir de combustíveis de origem fóssil tenha uma percentagem maior, já que 4,65% tem origem em combustíveis sólidos, 41,86% a partir do petróleo e 23,22% a partir do gás.

Consumo final de energia por tipo de combustível	Combustíveis sólidos (%)	Petróleo (%)	Gás (%)	Eletricidade (%)	Renováveis (%)	Calor derivado e resíduos industriais (%)
PT	0,9	52,74	7,66	22,43	14,51	1,81
UE27	4,65	41,86	23,22	21,12	5,45	3,7

Tabela 2: Consumo final de energia em Portugal e na Europa (UE-27) por tipo de combustível em 2007
Fonte: Eurostat, 2010

Analisemos agora os dados de 2007 relativamente ao consumo final de energia dividido pelos principais setores de atividade económica:

Setor	Indústria	Transportes	Doméstico	Agricultura	Serviços, etc.
Percentagem	31,30%	38,31%	17,11%	1,38%	11,90%

Tabela 3: Consumo final de energia em Portugal por setor em 2007
Fonte: Eurostat, 2010

Verifica-se que o setor dos transportes juntamente com o setor doméstico, representam mais de 50% do consumo final de energia. Sendo por isso mesmo nestes setores onde podem ocorrer maiores oportunidades de redução de energia. Em especial no caso dos edifícios onde o maior consumo de energia por indivíduo corresponde ao aquecimento e iluminação, representando 42%, dos quais 70% só no aquecimento, e produzem 35% das emissões de gases com efeito de estufa (CCE, 2004).

Isto se analisarmos apenas os dados de consumo de energia relativos à fase de operação do edifício, embora no seu ciclo de vida esse consumo seja muito superior, já que é estimado que na fase de produção dos materiais e construção propriamente dita, a designada energia incorporada represente 10 a 15% do ciclo de vida global do edifício (Pinheiro, 2006).

A abordagem inicial à redução do consumo de energia é, em geral, no sentido da aplicação de tecnologias de eficiência energética e de equipamentos de utilização de energias renováveis. No entanto, essa abordagem por si só não é suficiente pois deve ser vista num contexto mais holístico de procura e fornecimento de energia. Por exemplo, um edifício em que sejam aplicadas as mais

avançadas tecnologias de eficiência energética mas que na realidade tenha perdas substanciais é um desperdício. A capacidade instalada estará a ser erroneamente calculada para um consumo exagerado e que na realidade, se apurarmos o verdadeiro consumo dos utilizadores, será bastante menor. A abordagem deverá ser antes de mais no sentido da minimização de consumos, incluindo a redução de perdas, diminuição do consumo dos utilizadores e por último a introdução de sistemas eficientes de fornecimento de energia.

Esse novo paradigma de planeamento energético foi traduzido pelo princípio “trias energetica”, introduzido por Novem nos Países Baixos (Lysen, 1996) que se resume na redução da procura de energia através da aplicação de medidas de redução de energia (insulação térmica, isolamento, recuperação de calor), utilização de fontes de energia renovável para a produção de energia (solar, eólica e biomassa) e aplicação de fontes de energia fóssil da forma mais limpa possível (caldeiras a gás de alta eficiência).

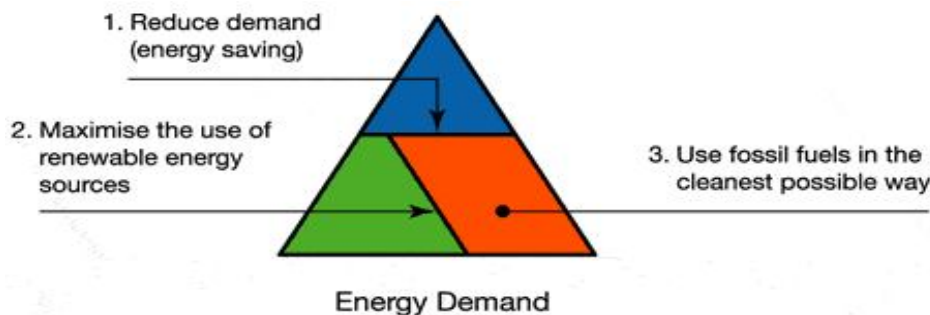


Figura 3: A abordagem “trias energetica”
Fonte: Lysen, 1996

Na Noruega a adaptação desta abordagem foi traduzida em 5 princípios base; seleção da fonte de energia, monitorização e regulação do consumo de energia, recurso à energia solar, redução da procura de energia e redução das perdas de calor.

Nos edifícios, a redução das perdas de calor pode ocorrer através de materiais de construção com isolamento extra, janelas bem isoladas, construção focada na minimização das pontes térmicas e perdas de ar, teto e chão com massa térmica exposta e ventilação equilibrada com recuperação de calor.

A redução da procura de energia poderá ocorrer por redução das necessidades energéticas em termos de AQS (Água Quente Sanitária) e sempre que possível, da iluminação e recurso a equipamentos de baixo consumo.

A orientação solar passiva do edifício e das janelas permite ainda a otimização do recurso à energia solar, reduzindo as necessidades de iluminação e aquecimento.

Na construção e manutenção do edificado, é fundamental considerar a melhoria do desempenho passivo (promover, por exemplo, a arquitetura bioclimática), a redução dos consumos de eletricidade (garantir no edificado boas condições de iluminação natural) e de soluções mais eficientes, bem como reduzir o recurso a fontes de energia fóssil, potenciando a utilização de equipamentos alternativos mais eficientes.

Um adequado planeamento urbano baseado nos diferentes modelos de cidades e formas urbanas que contribuam para uma maior eficiência energética pode levar à diminuição da procura de energia e consequentemente a uma maior sustentabilidade.

Têm de ser encontradas alternativas aos atuais modelos de organização territorial e de construção civil, aos sistemas de mobilidade motorizada (muito dependentes da energia fóssil), e ao modelo centralizado de produção e distribuição de energia.

A seleção de fontes de energia renovável poderá ser uma alternativa a esse modelo, já que permite um modelo mais descentralizado, embora dependa das condições locais e da predisposição para o investimento em FER (Fontes de Energias Renováveis), mas que poderá trazer vantagens em termos de independência energética, tornando as comunidades mais autosuficientes.

Desta forma a gestão da procura de energia será mais eficiente, reduzindo as necessidades energéticas, não sendo necessário um investimento tão grande em equipamentos de produção de energia e aumentando a independência energética.

Estas medidas deverão ser acompanhadas de meios que permitam a monitorização e regulação do consumo de energia, através da utilização de um sistema que informe os utilizadores dos seus consumos e hábitos, de forma a sensibilizá-los para a necessidade de um novo paradigma da procura energética.

3. Urbanismo

3.1. Modelos Urbanos compactos e diversificados

As cidades são sistemas vivos, dinâmicos, conectados e abertos, que evoluem constantemente em múltiplas e variadas formas devido às interações internas e à influência dos fatores externos (Bai, 2003). No seu metabolismo urbano, o consumo elevado de energia constitui um dos problemas ambientais e sociais que urge resolver visando a sustentabilidade dos territórios.

A implementação das teorias urbanísticas e as sucessivas inovações tecnológicas associadas à construção civil e aos sistemas de mobilidade influenciaram decididamente a estrutura urbana das cidades.

Tradicionalmente os centros históricos das cidades europeias eram caracterizados por um urbanismo denso, detentor de usos mistos urbanos, permitindo a deslocação pedonal para os cidadãos desenvolverem a maioria das funções necessárias no seu quotidiano. Posteriormente, com a difusão dos caminhos de ferro no final do século XIX, começou a verificar-se uma expansão urbana em volta desses eixos, passando as deslocações a fazerem-se através de transporte coletivo, representando o que se designa em urbanismo por modelo linear. Mais tarde com o aparecimento e expansão do automóvel, a dispersão urbana assumiu contornos muito mais alargados levando a deslocações mais longas, gerando um crescimento urbano desordenado e desadequado que não permite satisfazer numa curta distância as funções necessárias ao dia a dia, favorecendo a criação de zonas separadas em diferentes funções.

Os atuais modelos de cidades e formas urbanas foram fortemente influenciados pela 'Carta de Atenas' que resultou do Congresso Internacional de Arquitetura Moderna, realizado em 1933. O documento dela resultante, publicado pelo arquiteto Le Corbusier, em 1942, concentrava-se no conceito de “cidade funcional”, baseado na criação de quatro zonas independentes: habitação, trabalho, lazer e circulação. Este conceito foi aplicado na reconstrução de cidades europeias após a Segunda Guerra Mundial e nas últimas décadas tem prevalecido esse modelo de separação de funções em zonas distintas, economias de escala em zonas ultradensas e complexos urbanísticos uniformes. Este conceito está na base de um modelo urbanístico expandido e desintegrado, com componentes que não interagem ou que o fazem à custa de consumos energéticos e custos muito elevados. Esse processo de evolução está esquematizado na figura abaixo, dividido em três fases distintas, relativamente ao desenvolvimento urbano e aos sistemas de transportes (Figura 4).

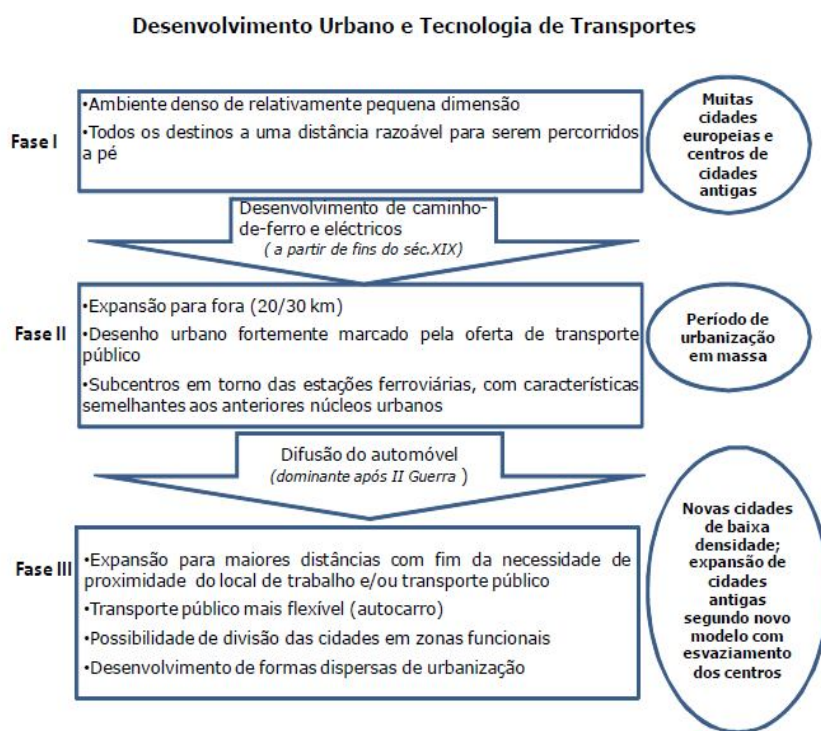


Figura 4: Evolução do desenvolvimento urbano e da tecnologia de transporte
Fonte: Ponte da Silva, 2008

Essa dispersão urbana foi também consequência da procura de ambientes habitacionais de menor densidade, por parte do cidadão, desencadeada por um aumento do nível de vida e favorecido pela diminuição dos custos de transporte (McEldowney *et al.*, 2005).

Portugal é exemplo disso e tem sido apontado como um país de urbanização muito rápida, essencialmente na zona costeira. Entre 1990 e 2000, a área construída aumentou 4 a 6 vezes mais depressa do que a média europeia, mas a densidade populacional nas áreas residenciais diminuiu 6 vezes mais depressa do que a média europeia, o que se traduz numa construção de baixa densidade (EEA, 2009).

As cidades de Lisboa e Porto, em particular, são o melhor exemplo desta rápida urbanização descentralizada com declínio populacional. No período ente 1990 a 2000, a área urbana coberta aumentou 3 a 5 vezes mais depressa que a média europeia, mas a densidade populacional nas áreas residenciais diminuiu 6 vezes mais depressa do que a média europeia e a população decresceu a uma média de 0,6% por ano. Estes dados indicam que apesar do declínio populacional, o perímetro urbano continuou a aumentar (EEA, 2009).

Uma consequência da expansão e da diminuição das densidades urbanas é o aumento do consumo de energia. Geralmente, ambientes urbanos densos são mais eficientes em termos energéticos

(Newman and Kenworthy, 1999).

Um estudo efetuado em 17 cidades do mundo revelou uma correlação inversamente proporcional entre as densidades urbanas e o consumo energético (Figura 5), ou seja observou-se que as densidades urbanas baixas correspondiam elevados consumos energéticos.

Outro estudo revelou ainda uma correlação entre o aumento das emissões de CO₂ em cidades e as baixas densidades demográficas (Figura 6) e, embora este dado esteja relacionado com a conjugação de vários fatores, é consensual que a expansão urbana de baixa densidade quando associada ao uso do automóvel contribuíram fortemente para o aumento das emissões de GEE uma vez que essa expansão leva a um aumento das distancias e dos quilómetros percorridos, aumentando consequentemente a poluição atmosférica, dada a atual mobilidade ser sobretudo dependente da energia fóssil.

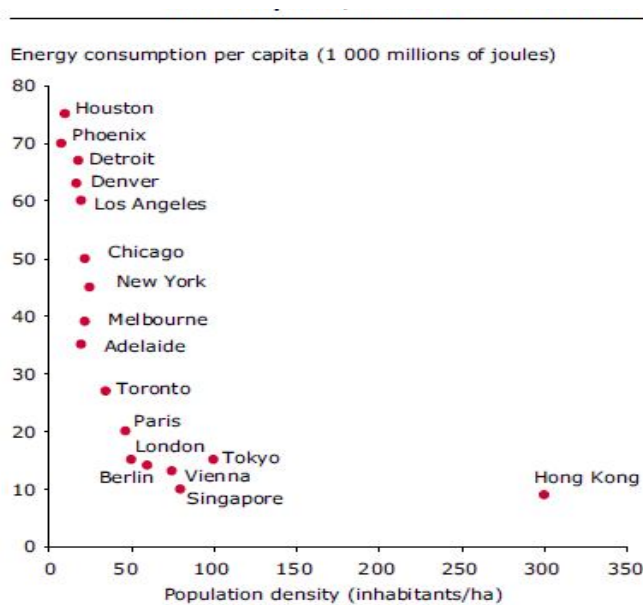


Figura 5: Densidade populacional versus consumo de energia, seleção de cidades mundiais.

Fonte: Adaptado de Newman and Kenworthy, 1999

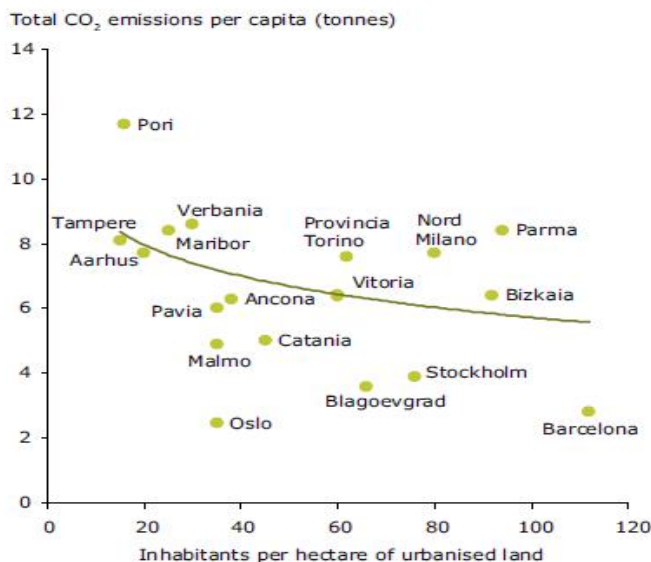


Figura 6: Densidade populacional versus emissões de CO₂, seleção de cidades Europeias.
 Fonte: Adaptado de Ambiente Itália, 2003

A pegada ecológica em meios urbanos mais densos, em termos globais, é maior do que a dos meios menos densos, devido à concentração de pessoas, bens e serviços. No entanto, a pegada ecológica individual de cada residente em meios de maior densidade é mais pequena em relação à dos residentes em meios de menor densidade, e isto, deve-se a vários fatores como, por exemplo, os residentes em meios mais densos terem geralmente que percorrer menores distâncias para o trabalho, enquanto que em meios menos densos as distâncias geralmente são maiores e, na maioria, são efetuadas de carro, as habitações de zonas de maior densidade são também geralmente mais eficientes em termos de consumo de energia e comparativamente as habitações em zonas menos densas apresentam maiores dimensões.

A escolha do melhor modelo urbano não é possível uma vez que existe uma linha ténue entre a densificação exagerada com a construção de prédios altos e quase inexistência de espaços públicos ao ar livre e a expansão de baixa densidade gerando outros problemas associados, por exemplo, a uma mobilidade deficiente associada exclusivamente ao automóvel.

A ênfase pelo modelo urbano compacto tem-se refletido nas políticas governamentais e europeias, designadamente através do “Livro Verde sobre o Ambiente Urbano”, publicado pela Comissão Europeia em 1990, a Carta de Aalborg, em 1994, e a Carta de Leipzig, em 2007, que representaram importantes passos no sentido de uma abordagem integrada das matérias relativas ao ambiente urbano, e da sua relação com a sustentabilidade. Destes resultou a identificação de fatores de pressão e de degradação ambiental, que por sua vez ajudaram na definição dos princípios

orientadores dos modelos de cidade compacta: bairros com usos mistos e multiculturais, desenhados para os peões e transportes coletivos, acesso a espaços públicos e instituições, espaços urbanos com uma arquitetura e paisagem que reflitam a história local, o clima, a ecologia e práticas de construção sustentável (CCE, 1990, 1994; UE, 2007).

Segundo Richard Rogers em 'Cities for a small planet', uma cidade sustentável é: uma cidade justa, bela, criativa, ecológica, de fácil contacto e mobilidade, compacta, policêntrica e diversificada (Rogers, 1998).

Outros autores como Burgess e Jenks (2000) também defendem a necessidade de aumentar a área de construção e a densidade residencial populacional, intensificar a economia urbana, social e cultural e modelar o tecido urbano, forma, tamanho, estrutura e sistemas básicos de forma a atingir os benefícios da sustentabilidade económica, social e ambiental resultantes da concentração das funções urbanas e traduzidos na abordagem das cidades compactas.

As principais características da cidade compacta são (Ponte da Silva, 2008):

1. Densidade que garanta a viabilidade de transportes públicos frequentes, acessíveis e a proximidade de serviços e comércio;
2. Continuidade, com uma estrutura monocêntrica ou policêntrica em função da dimensão da população;
3. Multifuncionalidade no uso dos solos e diversidade.

Nucci (1998) é ainda mais específico e considera que relativamente ao aspeto da infraestrutura urbana, o valor razoável em todo mundo seria uma densidade de 100 a 120 hab/ha (Nucci, 1998 in Slaev, 2004), acrescentando que essas densidades permitem uma maior variedade de formas urbanas, o que significa uma maior escolha em termos de habitação assim como acesso a áreas verdes e espaços abertos, construção de baixo impacte, distancias curtas, etc.

Um estudo da União Internacional de Transporte Público indica também a densidade de 100 habitantes e empregos por hectare como promotora de deslocamentos a pé, de bicicleta e de transportes públicos (Vivier *et al.*, 2005).

É necessário que a densidade residencial não se torne demasiado grande pois tal situação leva a uma perda de qualidade de vida urbana, devido ao menor número de espaços abertos, mais congestionamento e poluição operacional. É geralmente aceitável que as densidades residenciais de cerca de 300 habitantes por hectare são sustentáveis (Fulford, 1996).

Em oposição aos padrões de desenvolvimento descentralizado, enfatiza-se a necessidade de

desenvolver políticas de compactação urbana como forma de assegurar o desenvolvimento sustentável (Heath, 2001). No entanto, ainda se levantam dúvidas acerca das implicações das cidades compactas na relação 'sustentabilidade versus qualidade de vida'.

Numa perspetiva social, a expansão urbana, acarreta uma grande segregação de desenvolvimento residencial, o que pode levar, por sua vez, à segregação urbana social e económica. Em certas cidades essa segregação é tão evidente que é referido como o fenómeno da dualidade das cidades, já que a população com um nível económico mais elevado reside nos centros urbanos ficando a classe económica mais desfavorecida restringida aos subúrbios.

Do ponto de vista económico, a expansão urbana é uma forma de desenvolvimento mais cara, já que exige um aumento dos custos associados às deslocações entre casa, trabalho e lazer, um aumento dos custos de bens e serviços devido ao aumento do tráfego, provocado por sistemas ineficientes de transporte e adicionalmente um aumento nos custos de infraestruturas devido à necessidade de levar estradas, água, eletricidade e gás até grandes distâncias.

A expansão urbana se for controlada promove o desenvolvimento de transportes públicos e de meios mais eficientes de deslocação. Temos como exemplos as cidades de Munique e Estocolmo em que essa expansão foi devidamente controlada, dando lugar a um desenvolvimento de maior densidade acompanhado por um desenvolvimento de transportes públicos mais eficientes e à redução do uso automóvel (Cameron *et al.*, 2004).

A maior densidade das comunidades está igualmente associada à eficiência das infraestruturas, que resulta em implicações ecológicas e económicas importantíssimas, traduzidas em vantagens como por exemplo (Alexander *et al.*, 2002):

- Uso eficiente do espaço e menor pressão para a conversão de zonas agrícolas em zonas urbanas;
- Redução do uso do automóvel e redução das distâncias;
- Maior empregabilidade devido à existência de usos mistos;
- Melhor acesso a áreas sociais devido à existência de usos mistos e de menores distâncias;
- Redução dos consumos de água e energia, incluindo iluminação pública;
- Maior eficiência no fornecimento e funcionamento das infraestruturas;
- Melhoria da qualidade de vida para um maior número de pessoas devido à proximidade

dos serviços e espaços;

- Redução do custo das habitações.

A poupança energética resultante de modelos de cidades mais compactas corresponde a uma redução de 20 a 40% dos recursos naturais normalmente gastos, uma diminuição de 15 a 20% na construção de estradas e 7 a 15% de poupança em infraestruturas de fornecimento e tratamento de água, comparando com o desenvolvimento de áreas suburbanas, o que demonstra que havendo um desenvolvimento mais compacto, a utilização dos recursos e conseqüentemente os custos são mais reduzidos (Burchell, 1992).

Por todas as razões apontadas o modelo compacto e diversificado surge como uma forma urbana sustentável e, como tal, deverá ser adotado nas cidades contemporâneas de forma a atingir um equilíbrio económico, social e ambiental.

Em consequência propõe-se no domínio do “Urbanismo” as seguintes diretrizes:

Diretriz 1: Espaços urbanos compactos.

Propõe-se que o indicador de sustentabilidade que pode traduzir a compacidade seja a densidade populacional (número de habitantes por hectare) tendo por valores recomendados entre 120 a 300 hab/ha (Nucci, 1998).

Diretriz 2: Espaços urbanos multifuncionais.

Propõe-se que os indicadores de sustentabilidade que podem traduzir a diversidade urbana sejam a ocorrência de Usos Mistos Urbanos e a existência de uma rede de equipamentos públicos de utilização coletiva de forma que: 80% dos edifícios residenciais devem estar a 100m de espaços de lazer, considerando-se como espaços de lazer os equipamentos públicos de utilização coletiva e os espaços urbanos de utilização coletiva, 400m de escolas primárias e lojas, 600m de estações de comboio, jardins principais e centros de saúde e 1000m de escolas secundárias (Barton *et al.*, 1995).

3.2 Urbanização de tráfego orientado

O aumento do consumo de bens e serviços foi acompanhado pela construção de centros comerciais e de pólos empresariais fora dos centros urbanos, o que levou a que os funcionários se deslocassem para zonas suburbanas, aumentando o seu raio de deslocações diárias. Esta evolução desencadeou uma queda no comércio tradicional local, uma diminuição da ocupação dos edifícios em zonas centrais da cidade e a uma conseqüente perda de vitalidade do centro das cidades. Como tal é inquestionável a importância da densidade de atividade urbana e a tipologia dos espaços urbanos na escolha do modo e frequência das deslocações.

Os padrões de uso do solo estão diretamente relacionados com a mobilidade (Silva e Nunes da Silva, 2005):

- Um terço da variação na energia consumida *per capita* em transporte é atribuível às características da ocupação urbana;
- A utilização do automóvel pelas pessoas que residem em áreas residenciais novas no interior de cidades consolidadas é menor que em zonas de expansão recente;
- As pessoas que residem em bairros com uma boa oferta de comércio e de equipamentos de proximidade (por exemplo, escolas e espaços de lazer), e com densidades elevadas, têm uma menor intensidade do uso do automóvel;
- A mistura funcional e a compacidade das zonas urbanas têm uma influência positiva nos padrões de mobilidade favorável aos modos suaves e ao TC (Transporte Coletivo);
- A frequência e extensão das viagens parecem ser, primariamente, uma função das características sócio-económicas da população e, secundariamente, do tipo de ambiente construído em que vivem.

Um estudo acerca da mobilidade na Área Metropolitana de Lisboa demonstrou precisamente essa relação entre a densidade e a mobilidade, concluindo que (Silva e Nunes da Silva, 2005):

- A densidade de uma zona funciona como variável explicativa do peso do automóvel na repartição modal, face ao total de km percorridos em todos os modos;
- O grau de compacidade da ocupação urbana apresenta uma relação inversa com a taxa de motorização: quanto mais compacta é uma zona menor é o número de famílias com mais de um automóvel;
- A densidade urbana aumenta a atratividade relativa do TC, em parte porque é também nessas zonas que a oferta deste modo está mais consolidada e apresenta uma cobertura maior e mais uniforme.

Um estudo realizado pelos departamentos de ambiente e de transportes no Reino Unido analisou até que ponto o planeamento do uso do solo pode contribuir para a redução da procura de deslocações e consequentemente para a diminuição das emissões de dióxido de carbono, tendo-se concluído que com estas políticas de planeamento combinadas com medidas aplicadas nos transportes pode ser conseguida uma redução de 10-15% do uso de combustível no transporte de passageiros, e consequentemente das emissões, através de mudanças nos padrões de uso do solo, à escala da

cidade região, ao longo de um período de 25 anos (Ecotec, 1993).

Desta forma, tem vindo a ser aceite que uma adequada solução para a sustentabilidade das regiões e das cidades passa por um desenvolvimento urbano equilibrado estruturado em torno de linhas de transporte coletivo com a constituição de vários centros de maior densidade, contendo usos mistos urbanos.

À escala regional podem desenvolver-se aglomerados urbanos sustentáveis estruturados de forma a que sejam facilmente acessíveis por transportes públicos, o que Calthorpe (1993) chamou de estrutura regional de desenvolvimentos urbanos de tráfego orientado. Este autor definiu um “desenvolvimento urbano de tráfego orientado” (*Transit Oriented Development*) como um centro (urbano ou rural) com uma mistura de alta densidade residencial, comércio, serviços e espaços abertos, onde as lojas de comércio e os serviços estão num núcleo comercial próximo de casa, facilmente acessível com uma caminhada (600 metros, ou aproximadamente dez minutos de marcha a pé) e uma estação de transportes deverá estar no centro do núcleo. As áreas secundárias (para usos de menor intensidade) cercam o núcleo a uma distância aproximada de 1600 metros, sendo áreas ideais para localizações de vivendas unifamiliares (com diversificados tamanhos), de parques pequenos, escolas, e de indústria não poluidora.

À escala regional os centros urbanos estão ligados por uma rede de transportes principal (que poderá ser comboio, metro ligeiro, ou autocarro) e os centros rurais por uma rede de transportes secundária. Nalguns pontos destas redes deverão ser providenciados estacionamentos (park-and-ride) dissuasórios da entrada dos automóveis nos centros, que possibilitem o transbordo com outro meio de transporte.

Estes desenvolvimentos urbanos de tráfego orientado deverão ter as seguintes características:

- um tamanho aproximado de 80 hectares para a acomodação de 6.000 pessoas.
- a distância dos limites do centro urbano ao centro deverá ser aproximadamente 600 metros (correspondente a 10 minutos de marcha a pé).
- uma mistura de usos do solo diferentes: dois terços da área deverão ser ocupados por residências, um terço por comércio e locais de trabalho; a área residencial deverá ter uma densidade urbana de aproximadamente 110 habitantes por hectare.
- uma área central constitui um foco das atividades da comunidade, com uma paragem de transporte público, lojas, restaurantes e serviços, algumas pequenas empresas, uma comunidade, uma biblioteca local e talvez uma creche e uma pequena praça ou parque público; nos limites desta área central poderá existir uma escola primária.

- o desenvolvimento residencial na área central deverá ser de alta densidade, sendo seguido por densidades mais baixas, todos dentro da caminhada de 10 minutos ao centro e de somente alguns minutos para um parque de recreio local.
- uma área até 1600 metros da paragem principal do transporte público poderá ter edificação unifamiliar de baixa densidade, espaços públicos de recreio, parques com lagos, e zonas com características mais rurais.

Devem ser estabelecidos “limites ao crescimento urbano”, nos limites das regiões metropolitanas para promover uma separação entre cidades e povoados existentes. Estes novos desenvolvimentos urbanos devem ser acessíveis por transporte público, contíguos à urbanização existente e planejados para urbanização a longo prazo, o seu objetivo é deter a expansão urbana e fomentar o desenvolvimento interno às cidades, permitindo que a área “exterior” se mantenha rural.

Trata-se de uma versão moderna da cidade mediterrânea tradicional, mas considerando um tamanho mais limitado e uma menor população, aproximando-se mais das vilas tradicionais.

Considerando a escala local, também Barton *et al.* (1995) fazem referência à necessidade de estruturar a urbanização em torno de redes de movimento energeticamente, embora evitando a sobrecarga de densidades na cidade (Figura 7). Este modelo urbano induz à proximidade dos equipamentos, serviços e emprego com as zonas residenciais. Neste caso, a medida fundamental é “a distância pedonal”, unidade-padrão correspondente a um percurso a pé de dez minutos, cerca de 400 metros de distância realizado por uma criança ou idoso.

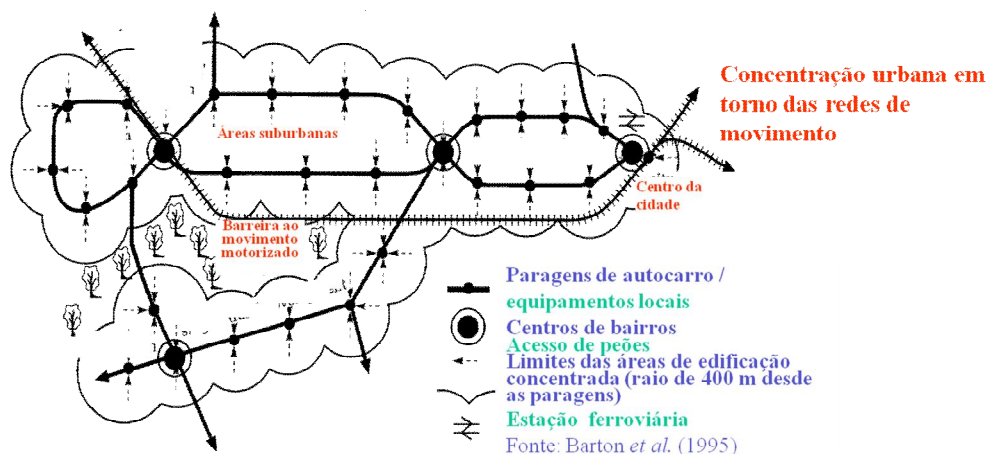


Figura 7: Esquema da concentração urbana em torno de redes de movimento
Fonte: Adaptado de Barton *et al.*, 1995

De acordo com estes autores, 80% dos edifícios residenciais devem estar a 100 m de espaços de lazer, 200 m de espaços verdes, 300 m de paragens de transportes coletivos, 400 m de escolas primárias e lojas, 600 m de estações de comboio, jardins principais e centros de saúde, 1000 m de escolas secundárias, entre outros. No caso dos espaços de lazer consideraram-se como o conjunto

dos equipamentos de utilização coletiva e os espaços urbanos de utilização coletiva. Os equipamentos de utilização coletiva são de uma forma geral "*edificações e espaços destinados, no todo ou em parte, à provisão de serviços públicos aos cidadãos*" (DGOTDU, 2008). Os espaços urbanos de utilização coletiva são consideradas "*áreas de solo urbano, distintas dos espaços verdes de utilização coletiva, que se destinam a prover necessidades coletivas de estadia, recreio e lazer ao ar livre*" (DGOTDU, 2008).

Perante os argumentos aqui apresentados torna-se clara a importância de um urbanismo de proximidade, induzido por uma urbanização de tráfego orientado, pelo que se propõe ainda no domínio do "Urbanismo" a seguinte diretriz:

Diretriz 3: Urbanização de tráfego orientado.

Propõe-se que o indicador de sustentabilidade que pode traduzir este modelo urbano seja o número de edifícios que se localiza próximo de redes de transporte coletivo, em particular os valores recomendados indicam que 80% dos edifícios residenciais e dos equipamentos coletivos devem estar a 300m das paragens de transportes coletivos (Barton *et al.*, 1995) e a existência de uma rede de transportes coletivos de qualidade. O indicador alusivo à existência de uma Rede de Transportes Coletivos de Qualidade será desenvolvido no Domínio da "Mobilidade".

3.3 Desenho Urbano e Edificado Eficiente Energeticamente

A rápida urbanização nas cidades, durante os últimos 50 anos, está associada ao aumento de temperaturas, contabilizado nas cidades americanas em cerca de 0,1° a 1,1° C por década. Consequentemente a procura de energia elétrica tem aumentado 3 a 4 %, proporcionalmente a cada aumento de 1° C. O que faz com que cerca de 3 a 8 % das necessidades elétricas para arrefecimento sejam resultantes da compensação deste efeito nas cidades, designado por ilhas de calor (Akbari *et al.*, 1990).

Cientistas do Lawrence Berkeley Laboratory estimam que os custos totais despendidos, a nível nacional, nos Estados Unidos, para compensar os efeitos das ilhas de calor no verão sejam de cerca de 1 milhão de dólares por hora ou mais de 1 bilião por ano (5% dos custos totais associados ao ar condicionado) (Akbari *et al.*, 1988).

Outras implicações, igualmente importantes, destas ilhas de calor são o aumento das emissões de CO₂ das centrais termoelétricas devido ao acréscimo das necessidades de produção de energia, o aumento das necessidades de água e grandes concentrações de *smog*, fatores que conduzem ao desconforto humano e ao aparecimento de doenças relacionadas com os elevados níveis de poluição

(Tyson *et al.*, 1973), tendo sido provado inclusivamente que altas cargas de calor artificial podem direta ou indiretamente reduzir a esperança de vida (Weihe, 1986).

Outros autores acrescentam o facto de que a concentração do ozono urbano aumenta com o aumento da temperatura ambiente (Cardelino and Chameides, 1990). Consequentemente, diminuir e controlar as ilhas de calor é igualmente uma forma eficaz para melhorar a qualidade do ar e a saúde pública.

O comportamento térmico das cidades é influenciado por vários fatores, embora de uma forma global seja determinado pela geometria urbana. Efetivamente, a geometria urbana desempenha um papel fundamental, através do desenho das ruas nas cidades, já que deve: (a) maximizar o abrigo do vento para o conforto pedonal, (b) maximizar a dispersão de poluentes atmosféricos, (c) maximizar um ambiente ameno para reduzir a necessidade de aquecimento e arrefecimento de espaços e (d) maximizar o acesso solar.

Embora possa resultar num conflito de interesses ao tentar-se conjugar todos estes pontos, as variáveis podem ser ajustadas a um mínimo aceitável para evitar tais obstáculos. Oke,(1988) propõe razões de 0,4 a 0,6 (altura do edifício/largura da rua) e densidades de edifícios (área do telhado/área de superfície total) com variáveis de 0,2 a 0,4 e neste caso os valores apresentados satisfazem todos estes requisitos.

Por outro lado, Swaid e Hoffman (1990) defendem que nas regiões quentes a orientação Norte-Sul das ruas reduz em 0,8°C a intensidade das ilhas de calor urbanas, contrariamente às cidades com ruas de orientação Este-Oeste.

Em climas quentes e áridos as técnicas para contornar o calor, passam não só pela orientação N-S das ruas mas também por uma configuração de ruas estreitas com edificações altas, permitindo um sombreamento mais efetivo das ruas e evitando a exposição solar nas fachadas N-S. Nas ruas com orientação Este-Oeste a solução já terá que passar também pela colocação de árvores de grande porte que impeçam a incidência de luz solar direta na via (Lima e Ribeiro, 2009).

As vantagens do sombreamento das fachadas são a redução das temperaturas no interior do edifício não havendo por isso tanta necessidade de arrefecimento artificial e correspondente consumo de energia, criando maior conforto para os utilizadores do edifício e também para os peões que passem numa rua sombreada.

A investigação de Swaid e Hoffman (1990) ilustrou ainda que o aumento da razão de altura do edifício/largura da rua resulta numa diminuição da temperatura diurna devido ao efeito de sombreamento, e da redução da temperatura noturna devido à diminuição da temperatura máxima.

Em climas quentes e húmidos a solução terá que passar por sombreamento horizontal através de telhados, pérgolas ou árvores uma vez que nestes casos as ruas convém que sejam largas para favorecer a ventilação cruzada.

O vento é também um importante fator de conforto e de qualidade ambiental, já que tem por função a dispersão de poluentes atmosféricos e o seu escoamento provoca uma sensação de bem estar nos transeuntes. É por isso que em climas semiáridos devem ser tidas em atenção determinadas características (Lima e Ribeiro, 2009):

- As ruas devem ser curtas e conter desvios de forma a não canalizar os ventos;
- Os níveis de adensamento no centro das cidades devem ser controlados para não criarem uma barreira aos ventos;
- A verticalização em certas áreas da cidade deve manter a porosidade de forma a permitir a passagem do vento e os edifícios devem ter alturas diferentes para aumentar a velocidade do vento;
- Deve ser criada rugosidade em zonas de pouco vento para aumentar a velocidade e escoamento do vento.

No entanto, estas medidas são difíceis de executar em cidades já existentes devido à geometria das cidades já estar estabelecida e enraizada, e portanto dadas as condições existentes parece-nos mais viável proceder, em paralelo, à aplicação de outras ações de mitigação tais como o sombreamento e aplicação de pintura de superfícies de cor clara que serão desenvolvidas mais à frente.

Para além destes aspetos inerentes à estrutura urbana bioclimática é fundamental atender-se aos demais elementos que compõem a rede de espaços públicos, que se traduzem nas redes viárias, pedonais, cicláveis, transportes coletivos, parques urbanos e jardins, que detêm funções diferenciadas mas fundamentais ao proporcionarem às populações melhor qualidade de vida e a sua articulação facilitar a interação e a formação de comunidades.

Barton *et al.* (1995) propõem um conjunto de sete princípios que são necessários para a criação de um desenho urbano sustentável:

- aumentar a autossuficiência local – cada urbanização é entendida como um organismo ou um mini – ecossistema;
- atender às necessidades humanas básicas;
- estruturar a urbanização em torno de redes de movimento eficientes energeticamente;

- implementar uma rede de espaços abertos – aumentar a provisão local de espaços verdes para diminuir a poluição, aumentar a diversidade de flora e fauna, gerir a energia, a água e os esgotos;
- desenvolver uma concentração linear em torno das redes de movimento embora evitando a sobrecarga de densidades na cidade;
- uma estratégia energética para todas as novas urbanizações para reduzir o problema da escassez de combustível e reduzir a exploração de recursos e a emissão de contaminantes;
- uma estratégia para a água para diminuir o escoamento da água e aumentar a infiltração no solo.

Estes princípios estão associados ao conceito de Novo Urbanismo, que consiste num movimento de planeamento que promove a criação e reabilitação de comunidades pedonais, com medidas de acalmia de tráfego, compactas e com usos mistos a uma distância de 10 minutos a pé, promove um desenho urbano de qualidade para o peão, o ciclista e o utente dos transportes públicos, resultando em melhores ambientes para a vivência comunitária. Favorece-se a conexão dos espaços públicos e dos privados, de forma a atender-se aos imperativos de uma escala humana que permita vitalizar a vida comunitária e cívica.

Perante os argumentos aqui apresentados torna-se clara a importância do Desenho Urbano e Edificado Sustentável, pelo que se propõe ainda no domínio do “Urbanismo” as seguintes diretrizes:

Diretriz 4: Desenho Urbano e Edificado Eficiente Energeticamente

Propõe-se que o indicador de sustentabilidade que pode traduzir este desenho urbano seja a estrutura viária bioclimática, a densidade de edifícios (área do telhado/área de superfície total), uma rede de espaços públicos de qualidade, redes pedonais e cicláveis de qualidade, estrutura ecológica urbana, edifícios eficientes energeticamente e superfícies de cor clara. No entanto os quatro penúltimos serão desenvolvidos noutros domínios. Assumem-se como valores recomendados mais de 50% dos arruamentos com orientação N-S, neste caso por falta de valores indicados em bibliografia própria, foi assumido este valor por questões de razoabilidade, uma razão altura do edifício/largura da rua com variáveis de 0,4 a 0,6; uma razão área do telhado/área de superfície total com variáveis de 0,2 a 0,4 (Oke, 1988), por questões de razoabilidade, mais de 50% do pavimento com cor clara e um *SRI* (*Solar Reflectance Index*) do pavimento de pelo menos 29 (LEED, 2005).

3.4 Estrutura Ecológica Urbana

Segundo Meier (1991) a vegetação reduz a temperatura das superfícies em 17° C e os custos com ar condicionado entre 25 a 80%. Mas a relação direta entre o sombreamento de edifícios versus arrefecimento não é clara. Na maior parte dos casos o impacto de uma ou várias árvores é dissipado num volume muito maior de ar que se move ao redor da árvore, não representado individualmente uma grande diminuição da temperatura. No entanto, um grande número de árvores e espaços verdes pode reduzir a temperatura local em 1 a 5° C e este facto faz indubitavelmente diminuir a necessidade de ar condicionado (Oke, 1989).

Estudos indicam que grandes áreas de plantação de árvores e a pintura das superfícies dos edifícios com cores claras que refletem a luz solar, previnem o aumento de temperatura, evitando 2% da produção de carbono total dos EUA (Akbari *et al.*, 1988). Constatou-se que a temperatura média no interior de um parque de lazer chega a ser mais baixa entre 1° a 3° C relativamente à temperatura média no exterior do parque e que a sua influência térmica pode estender-se a centenas de metros em seu redor (Oke, 1989).

Lima e Ribeiro (2009) apontam a importância dos espaços verdes em zonas urbanas para climas semiáridos, já que funcionam como reguladores térmicos, diminuindo a temperatura local, em termos construtivos permitem o sombreamento dos edifícios diminuindo os ganhos térmicos e as necessidades de arrefecimento artificial. Os autores referem ainda que as espécies devem ser adequadas ao local de forma a responderem às necessidades e precisarem do mínimo de manutenção, ao serem arborizadas praças e espaços públicos está-se simultaneamente a aumentar a permeabilidade dessas áreas assim como promover novos espaços de lazer para os habitantes. Por último devem ser criados espaços húmidos como por exemplo fontes, lagos e chafarizes, já que estes terão um efeito positivo através da evaporação de água, refrescando a área envolvente.

Dos estudos realizados (McPherson *et al.*, 1990) conclui-se que:

- O sombreamento das janelas e fachadas viradas a Oeste permitem poupanças na energia de arrefecimento;
- No caso de árvores destinadas a sombreamento, a forma da copa é mais importante do que a densidade;
- Os custos anuais despendidos em água para certas espécies de árvores, com grande necessidade de irrigação, podem atingir o dobro do valor da poupança de energia que é conseguida através do efeito positivo da sua sombra;

- Os preços da energia e água são determinantes para analisar até que ponto é económico substituir árvores por ar condicionado;
- Os efeitos negativos de sombreamento de árvores no aquecimento de edifícios no inverno podem ser substanciais.

Há por isso que ter em conta todas estas variáveis na decisão de implantar árvores com o pretexto de arrefecimento, embora noutros contextos possam ter vantagens acrescidas, como é o caso da qualidade de vida para os habitantes.

Estudos efetuados em oito cidades europeias demonstraram que as pessoas que vivem em áreas com abundância de espaços verdes são três vezes mais propensos a serem ativos e verifica-se uma probabilidade 40% menor de estes terem excesso de peso ou serem obesos (Ellaway *et al.*, 2005). Igualmente, as crianças em idade escolar que têm acesso a espaços abertos demonstram maiores níveis de concentração do que aquelas que não têm acesso a espaços similares (Velarde *et al.*, 2007).

A carência de espaços verdes urbanos pode ser analisada segundo a capitação de espaços verdes ou da avaliação espacial através das áreas habitadas sem influência de espaços verdes. Em termos de capitação de espaços verdes, Magalhães (1992) aponta valores de referência de 30 m²/habitante, dos quais 20 m² incluídos na estrutura verde principal e 10 m² na estrutura verde secundária (Quadro 2).

A estrutura verde principal considera os espaços verdes localizados nas áreas detentoras de maior interesse ecológico ou nas que são mais importantes para o funcionamento dos sistemas naturais (vegetação, circulação hídrica e climática, património paisagístico). Com esta subestrutura pretende-se assegurar a ligação da paisagem envolvente ao centro da cidade. Integra áreas como jardins, parques urbanos e suburbanos, zonas desportivas, recintos especiais (parques de atrações e exposições) e áreas de hortas urbanas, entre outras.

A estrutura verde secundária constitui a extensão da estrutura anterior no interior do contínuo urbano e abrange os espaços de menor dimensão que estão diretamente ligados às habitações e aos equipamentos coletivos. Engloba espaços como pequenos jardins de bairro, zonas de recreio infantil e juvenil, zonas verdes escolares, entre outros.

Depois de apontadas as vantagens, torna-se clara a importância de uma estrutura ecológica urbana, pelo que se propõe ainda no domínio do “Urbanismo” a seguinte diretriz:

Diretriz 5: Estrutura ecológica urbana

Esta diretriz será avaliada através dos indicadores alusivos às estruturas verdes principal e

secundária. Os valores recomendados são a existência de pelo menos 30m²/hab de espaços verdes (Magalhães, 1992) e que 80% dos edifícios residenciais devam estar a 200m de espaços verdes (Barton *et al.*, 1995).

Quadro 2: Estrutura Verde Urbana

ESTRUTURA VERDE URBANA	TIPO DE UTILIZAÇÃO		RECOMENDAÇÕES GLOBAIS DE PLANEAMENTO	
ESTRUTURA VERDE PRINCIPAL (integrada no contínuo natural)	Utilização máxima	Parque da cidade (zonas verdes especiais, EV didáticos, feiras, exposições, etc.)	20 m ² / habitante	
		Parque urbano (EV ligado ao equipamento escolar de saúde, desportivo, cultura, etc.)		
	Utilização média	Parque suburbano		
		Desporto livre		
		Hortas urbanas		
		Parques de campismo		
		Zonas de merendas		
	Utilização mínima	Zonas de proteção (em relação às zonas industriais, às infraestruturas de transporte, aos ventos, etc.)		
		Zonas de proteção às linhas de drenagem natural das águas pluviais		
		Matas de proteção		
		Zona agrícolas		
		Cemitérios		
ESTRUTURA VERDE SECUNDÁRIA (integrada no contínuo construído)	Utilização máxima	Espaços para recreio infantil (0-5 anos)	10 m ² / habitante	
		Espaços para recreio infantil (6-9 anos)		
		Espaços para recreio juvenil (10-16 anos)		
		Espaços para idosos e adultos		
		Espaços para convívio e encontro (praças arborizadas, alamedas, jardim público, etc.)		

Fonte: Magalhães, 1992

3.5 Espaços urbanos criativos e inteligentes

As cidades inteligentes são “*territórios com elevada capacidade de aprendizagem e inovação, que é construída pela criatividade da sua população, pelas suas instituições de criação de conhecimento e pela sua infraestrutura digital de comunicação e de gestão do conhecimento*” (Komninos, 2006). Este conceito está fortemente associado à ideia de cidades digitais, as quais podem ser definidas como uma extensão da cidade física para o mundo digital, permitindo o acesso a todas as funções e atividades dessa cidade. Essa digitalização permite uma difusão de conhecimento, contribuindo para a criatividade coletiva e facilitando a mobilidade.

Nos últimos anos as cidades dos países desenvolvidos têm-se deparado com vários problemas como o envelhecimento da população, a expansão urbana e o aumento da procura de energia, entre outros. Para que estas cidades se mantenham vivas e atrativas terão que responder à introdução de soluções inovadoras tecnológicas, dentro dos meios que possuem, e investir na criatividade dos seus habitantes, procurando, em conjunto, estabelecer respostas para que se tornem cidades mais competitivas e sustentáveis.

O *Innovation Hub* (*iHub*), surge como instrumento integrador dessas políticas inovadoras, quer tecnológicas, quer de revitalização urbana. Este pretende ser um espaço multifuncional que junte criatividade, inovação, lazer, inclusão social e uma visão da cidade como região, incluindo atividades de comércio, habitação e emprego.

As soluções e atividades do *iHub* dependerão das características sociais, económicas, geográficas e históricas de cada local, embora devido ao seu carácter tecnológico e científico não sejam tão indicados para zonas periféricas mas sim para centros históricos, frentes ribeirinhas e antigas zonas industriais e/ou logísticas, pelos problemas que representam e soluções que podem vir a atingir. Estão, portanto, associados a processos de reabilitação urbana.

Os centros históricos apresentam várias oportunidades em termos culturais e de monumentos, podendo ter atividades relacionadas com tecnologias digitais para os museus, espetáculos audiovisuais e multimédia, associados a estruturas de hotelaria, restauração, comércio de arte e habitação.

As zonas ribeirinhas têm características únicas em termos de beleza paisagística, embora sejam vulneráveis a intempéries e sismos, são mais destinadas a atividades físicas, como desportos náuticos e diversão associadas a atividades de I&D especializadas.

As antigas zonas industriais distinguem-se por serem espaços amplos com hipótese de grande diversidade arquitetónica, propícios a atividades relacionadas com o conhecimento, como centros de informática, I&D, empresas, serviços, etc., devendo ser previamente realizada uma descontaminação de solos para permitir a implementação de soluções de partilha do uso do espaço e eventualmente com possibilidade de habitação temporária.

Os *iHub* devem ser apoiados por fundos públicos, embora esses incentivos sejam geralmente restringidos a algumas partes específicas do projeto de forma a serem autónomos e economicamente sustentáveis. Nestes projetos são vários os atores envolvidos, públicos e privados, devendo ser estabelecidas parcerias, embora os municípios devam desempenhar um papel de destaque.

Estes instrumentos pretendem ser integradores, localizados em estruturas abandonadas mas que gozam de centralidade em relação à cidade, distinguindo-se de iniciativas como por exemplo o parque da ciência, localizados geralmente em zonas periféricas. Procuram oportunidades de desenvolvimento e inovação, ser originais e únicos no cenário internacional, como é o caso dos bairros aspirantes de Arabianranta, em Helsínquia, como principal centro de *design* do Báltico, o Digital Hub de Dublin, como referência no media digital, entre outros.

Os *iHub*, embora contribuam para a reabilitação urbana, já que são espaços abandonados que outrora tiveram outra função, não pretendem ser um caso de reabilitação urbana para estabelecimento de habitação de luxo, são antes pólos multifuncionais que albergam *clusters* de inovação e conhecimento, geradores de atividade económica e que incluem outras funções, como seja habitação e lazer. De uma forma resumida podemos sintetizar as características dos *iHub* da seguinte forma:

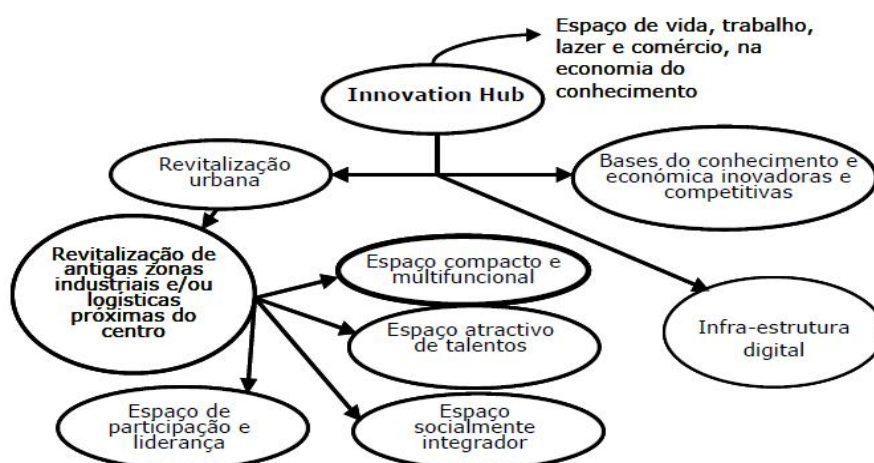


Figura 8: Características dos *iHub*
 Fonte: Martins *et al.*, 2007

Estes núcleos, ao promoverem num espaço contíguo a interação das comunidades estão também a evitar o isolamento social que resulta da dispersão urbana, valorizam a mobilidade pedonal e ciclável de proximidade, evitam o consumo de energia nos transportes, emissões poluentes, perda de tempo e bem-estar, e apostam num edificado bioclimático suportado energeticamente por renováveis, contribuindo assim para a sustentabilidade das cidades a vários níveis (Rogers, 1998).

Perante os argumentos aqui apresentados torna-se clara a importância dos Espaços urbanos criativos e inteligentes, pelo que se propõe ainda no domínio do “Urbanismo” a seguinte diretriz:

Diretriz 6: Espaços urbanos criativos e inteligentes

Propõe-se que o indicador que pode traduzir este modelo urbano seja a existência de *iHub* e/ou existência de pólos universitários e/ou centros de investigação.

3.6 Reabilitação Urbana

A reabilitação urbana é definida como uma “*intervenção sobre o tecido urbano existente, que inclui espaços públicos, infraestruturas e edificação, em que o património urbanístico e imobiliário é mantido e modernizado, através de obras de beneficiação das infraestruturas urbanas e de obras de reconstrução, alteração, conservação, construção ou ampliação de edifícios*” (DGOTDU, 2008).

Numa abordagem passiva à gestão de energia importa referir o papel fundamental da reabilitação urbana, já que a realidade existente a nível nacional, apresenta uma área construída muito superior às áreas de construção nova, mas a necessitar de reabilitação, o que se traduz em maiores oportunidades de redução do consumo energético atual. Estima-se que a reabilitação do parque imobiliário europeu, poderia reduzir em 42% as emissões de CO₂ dos edifícios e os gastos energéticos (ECOFYS, 2002), através de medidas de aumento do isolamento térmico. E, embora a reabilitação possa ser mais complexa em relação à construção nova, já que as regras são mais exigentes em locais históricos e os edifícios antigos apresentam características distintas, sendo necessário adaptar diferentes soluções a cada um deles, as vantagens energéticas e ambientais são grandes também em termos de demolição, já que permitem reter os materiais e energia incorporados, evitando desperdício de energia e produção de resíduos (Pinheiro, 2006).

Em Portugal estima-se que existam 1,6 milhões de fogos a precisar de pequenas e médias reparações e 326 mil fogos encontram-se num estado muito avançado de degradação ou a precisar de grandes reparações (Rodrigues *et al.*, 2006). Consequentemente, estes dados contrariam argumentos de que seriam necessárias verbas de valor muito elevado para recuperar os edifícios antigos na cidade, uma vez que a grande maioria dos fogos desocupados poderiam ser recuperados com investimentos mais baixos, através de obras de pequena dimensão. Esse investimento traria vantagens económicas, sociais e ambientais comparativamente à construção nova fora da cidade, contribuindo para a reabilitação da cidade trazendo para ela novos habitantes e aproximando-a do ideal de urbanização de maior densidade apresentado neste estudo.

No entanto e contrariando as necessidades atuais, em 2004 a reabilitação representava apenas 10% do setor da construção, sendo os restantes 90% respeitantes a construção nova e conservação (Pinho

e Aguiar, 2005).

Lisboa, por exemplo, em 2004 tinha capacidade de habitação para 930.000 habitantes, embora na realidade tivesse somente cerca de 560 000 habitantes. Esta perda de ocupação dos edifícios demonstra a expansão da urbanização de menor densidade e fomenta a degradação física dos edifícios desocupados e conseqüentemente a deterioração do tecido urbano, social e da própria cidade, que se esvazia pouco a pouco da sua vida (Pinho e Aguiar, 2005).

No sentido de colmatar essas necessidades, foi criada a estratégia de reabilitação urbana de Lisboa para o período de 2011 a 2024, precisamente com o objetivo de dar prioridade à reabilitação, embora traga vantagens para a cidade a vários níveis, como sejam (CML, 2011 b):

- Reforçar a coesão social e o sentido de identidade;
- Dar uma nova abordagem do desenvolvimento da cidade;
- Tornar a cidade mais competitiva;
- Criar emprego e conseqüentemente dinamizar a economia;
- Valorizar as infraestruturas e o edificado existente.

A estratégia de reabilitação urbana de Lisboa, tem como objetivos gerais, entre outros, *“reocupar e reutilizar o edificado existente, compactar a cidade consolidada aumentando a qualidade ambiental e a eficiência energética, dar prioridade à conservação periódica do edificado, manter, recuperar, valorizar e requalificar os equipamentos coletivos e o espaço público”* (CML, 2011 b). Pretende abordar a cidade como um todo, incluindo não só o edificado mas também o espaço público, infraestruturas e equipamentos. Só dessa forma será possível melhorar a habitabilidade, conforto, acessibilidade, eficiência energética, segurança estrutural, diminuir o risco sísmico, dar iguais oportunidades a diferentes faixas etárias e classes sociais, contribuir para a diversidade do tecido urbano e recuperar valores como a identidade e a competitividade através da conservação do património cultural.

Nos últimos anos foram criados alguns programas de incentivo à reabilitação, como por exemplo o REHABITA, RECRUA, entre outros. Estes programas são vitais para manter o tecido urbano com interesse cultural, como é o caso dos centros históricos e para além de permitirem a reabilitação de edifícios antigos, permitem poupanças económicas e ambientais já que podem ser aproveitados a estrutura e os materiais já existentes. Para contrariar a tendência de abandono, nos últimos 20 anos, o Município de Lisboa investiu cerca de 450 milhões de euros em reabilitação urbana, no entanto

esse investimento não surtiu os efeitos esperados, já que a reabilitação depende em grande parte do investimento privado, o qual tem sido praticamente nulo (CML, 2011 b).

A construção nova implica um maior consumo de energia em relação à reabilitação já que só na produção de materiais e na construção em si mesma, estima-se que essa energia incorporada represente 10 a 15% do ciclo de vida global do edifício (Pinheiro, 2006). Veja-se que a extração e consumo de matérias-primas, água, energia e materiais vai exercer pressão sobre os recursos naturais e consequentes impactes ambientais decorrentes da sua extração, processamento e transporte até ao local de construção.

O aumento da construção nova não tem sido acompanhado de um aumento com as preocupações ambientais e no aumento da eficiência em termos de consumos energéticos e dos materiais, surgiu por isso a necessidade de desenvolver uma política de habitação sustentável, visando a revalorização das áreas suburbanas, de zonas degradadas e a reabilitação do parque urbano, traduzida na Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável (IA, 2002).

O sucesso da reabilitação urbana só é possível através do envolvimento das várias partes: os proprietários que devem ser responsáveis pela reabilitação dos seus edifícios, o Governo por disponibilizar as verbas necessárias para que a reabilitação se torne mais atrativa e o Município que deve atuar como regulador do mercado habitacional e como parceiro nas intervenções de reabilitação.

Dessa forma será possível realojar mais famílias e empresas nas zonas degradadas e abandonadas, aproveitando os recursos existentes, reutilizando e reduzindo matérias primas e custos; dar mais segurança, prevenindo riscos de incêndio e sismos; recuperar o património, mantendo as raízes da identidade da cidade e por último conservar equipamentos, espaços públicos e edificado, onde se inclui a reabilitação dos BIP/ZIP (Bairros ou Zonas de Intervenção Prioritária).

As metas a atingir até 2024 passam por realizar obras de conservação/reabilitação no património municipal, tornar efetiva a conservação periódica, reabilitar 7.000 edifícios em ruína e mau estado (500 edifícios / ano), reduzir o risco sísmico e incêndios nas obras de reabilitação e apoiar os condomínios privados na conservação dos edifícios.

Perante os argumentos aqui apresentados torna-se clara a importância da reabilitação urbana pelo que se propõe ainda no domínio do “Urbanismo” a seguinte diretriz:

Diretriz 7: Reabilitação Urbana

Propõe-se que o indicador de sustentabilidade que pode traduzir este modelo urbano seja a reabilitação do edificado e reabilitação do espaço público, por questões de razoabilidade assumem-se como valores recomendados 50% dos edifícios e do espaço público terem sido alvo de reabilitação, sendo que os edifícios serão analisados no capítulo do edificado.

Em seguida, no Quadro 3, apresenta-se a síntese de todas as diretrizes e indicadores encontrados no domínio do urbanismo.

Quadro 3: Síntese das Diretrizes e Indicadores para Comunidades Eficientes em Energia considerando o domínio “Urbanismo”

Domínio	Diretrizes	Indicadores de sustentabilidade	Valores recomendados
Urbanismo	Espaços urbanos compactos	Densidade populacional (habitantes por hectare)	120 a 300 hab/ha
	Espaços urbanos multifuncionais	Usos mistos urbanos Rede de equipamentos públicos e privados de utilização coletiva	80% dos edifícios residenciais devem estar a: - 100 m de espaços de lazer; - 400 m de escolas primárias e lojas; - 600 m de estações de comboio, jardins principais e centros de saúde; - 1000 m de escolas secundárias.
	Urbanização de Tráfego Orientado (<i>Transit Oriented Development</i>)	% de edifícios que se localiza próximo de redes de transporte coletivos. Redes de transportes coletivos de qualidade*.	- 80% dos edifícios residenciais devem estar a 300 m das paragens de transportes coletivos. - 80% dos equipamentos coletivos devem estar a 300 m das paragens de transportes coletivos.
	Desenho urbano e edificado eficiente energeticamente	Estrutura viária bioclimática; Densidade de edifícios; Rede de espaços públicos*; Redes pedonais de qualidade*; Redes cicláveis de qualidade*; Estrutura Ecológica Urbana*; Edifícios eficientes energeticamente*; Pavimento de cor clara.	- Orientação Norte-Sul dos arruamentos $\geq 50\%$; - altura do edifício/largura da rua com variáveis de 0,4 a 0,6 - área do telhado/área de superfície total com variáveis de 0,2 a 0,4 - $\geq 50\%$ do pavimento de cor clara - SRI do pavimento de pelo menos 29
	Estrutura Ecológica Urbana	Estrutura Verde Principal Estrutura Verde Secundária	- 30 m ² de estrutura verde/hab. - 80% dos edifícios residenciais devem estar a 200 m de espaços verdes;
	Espaços urbanos criativos e inteligentes.	Bairros digitais e inovadores (<i>Innovation Hub</i>)	- existência de iHub; - existência de pólos universitários e/ou centros de investigação;
	Reabilitação Urbana	Reabilitação do edificado*; Reabilitação do espaço público coletivo;	- 50% do total dos edifícios existentes estão reabilitados*; - 50% do espaço público está reabilitado;

*Indicador a ser desenvolvido noutra domínio.

4. Mobilidade e Transportes

4.1 Estratégias para uma mobilidade sustentável

Os sistemas de transporte acarretam elevado consumo de energia, representando 30% da energia total consumida pelos diferentes setores na UE15 (IEA, 2005). Encontram-se associados a graves problemas de poluição, sendo o tráfego urbano responsável por 40% dessas emissões de CO₂ e 70% dos restantes GEE (CCE, 2007). Só no período entre 1990 a 2003, as emissões de dióxido carbono afetas aos transportes cresceram cerca de 23% devido ao aumento do tráfego rodoviário (EEA, 2005).

Em Portugal os transportes representavam 35% dos gastos energéticos em 2005, um valor superior à média na UE15, este por si só já bastante elevado (IEA, 2005).

Perante estes dados, há que reconsiderar os atuais padrões de mobilidade através da hierarquização dos meios de transporte, respondendo às necessidades atuais dos seus utilizadores e melhorando a sua estrutura e função. Nas últimas décadas tem-se vindo a refletir acerca dos problemas associados ao elevado recurso aos meios de transporte motorizados, repensar a razão de ser desta escolha e traduzi-la em custos reais, internalizando os custos decorrentes dos seus impactes negativos nos custos reais de modo a se desenvolver e incorporar sistemas mais eficientes e baseados em tecnologias mais limpas.

Já vimos anteriormente que a expansão das cidades para as zonas suburbanas é também responsável por efeitos negativos na mobilidade motorizada como o aumento de tráfego e da poluição associada. É importante referir que a vertente social sai também prejudicada pela mobilidade pouco eficiente já que a qualidade de vida é afetada pelo tempo despendido em deslocações e o espaço urbano é dominado pelo automóvel.

Com o intuito de responder a essas mesmas questões e delinear uma política Europeia sobre os transportes, foi elaborado em 1995, pela primeira vez, o Livro Verde para os Transportes, da Comissão Europeia. Onde se pretendeu definir estratégias de incentivo à utilização de transportes públicos, respondendo às necessidades dos utilizadores através de uma rede de transportes acessíveis em termos físicos, económicos e sociais, que se designou por “Rede dos cidadãos”.

Seguiu-se o Livro Branco dos Transportes, elaborado pela primeira vez em 2001, onde se

estabeleceram metas e objetivos rumo a uma política Comunitária, de forma a reduzir os níveis de emissões gasosas decorrentes deste setor.

Em 2007, a Comissão Europeia desenvolveu ainda uma consulta pública de forma a encontrar orientações conjuntas pensadas ao nível local, regional, nacional e europeu, da qual resultou a mais recente versão do Livro Verde da Mobilidade Urbana. Neste documento ressalta-se a necessidade de repensar a mobilidade urbana através da intermodalidade entre diferentes meios de transporte (coletivos e individuais) e da gestão da procura, conciliando os interesses do transporte de mercadorias e passageiros e tendo em conta a defesa do ambiente. O conjunto de opções políticas elaboradas pela UE encontram-se sintetizadas no quadro abaixo.

Quadro 4: Opções políticas europeias para responder aos desafios da mobilidade urbana

Desafio	Problemática	Opções políticas propostas
Descongestionamento de vilas e cidades	Tráfego em vilas e cidades	Promover as deslocações a pé e de bicicleta; Otimizar a utilização do automóvel particular e do transporte de mercadorias, através de sistemas de gestão de tráfego inteligente, partilha automóveis, <i>park&ride</i> e mobilidade virtual.
Vilas e cidades mais verdes	Emissões poluentes e ruído	Novas tecnologias (motores de combustão mais eficientes e combustíveis alternativos); Incentivar o uso de veículos e combustíveis alternativos pelas autoridades públicas (internalizando custos externos) e de contratação conjunta respeitadora do ambiente, incentivando os operadores privados a optar por estas soluções na frota de transportes públicos e taxis; Novas formas de condução; Restrições de tráfego, restringir o acesso aos poluidores e privilegiar aqueles que sejam menos poluentes.
Transportes urbanos mais inteligentes	Aumento dos fluxos de mercadorias e de passageiros	Sistemas de tarifação inteligentes, através de sistemas de pagamento inteligente interoperáveis entre meios de transporte e entre várias funções; Melhor informação para melhor mobilidade.
Transportes urbanos mais acessíveis	Acessibilidade	Transportes coletivos que respondam às necessidades dos cidadãos, partindo de um quadro jurídico comunitário adequado, que proporcione maior transparência e ajuda às autoridades e operadores de melhoria da qualidade e eficiência; Soluções inovadoras e competências adequadas, por exemplo utilização de táxis (não poluentes) na cadeia de transportes coletivos, programas de formação para os funcionários de transportes urbanos (coletivos ou mercadorias); Coordenação equilibrada do ordenamento do território e uma abordagem integrada da mobilidade urbana, tendo em conta a influencia da densidade na mobilidade urbana.
Transportes urbanos seguros	Insegurança nos meios de transporte	Comportamento mais prudente, através de campanhas de segurança; Infraestruturas mais seguras; Veículos mais seguros, através de tecnologias como por exemplo veículos inteligentes.

Fonte:Elaboração própria a partir de CCE, 2007.

Não obstante a clarificação das opções políticas, há ainda um longo caminho a percorrer para atingir

as metas propostas para 2020, uma vez que, caso se mantenham os níveis atuais de desenvolvimento dos transportes, continuar-se-á a depender em cerca de 90% do petróleo e apenas 10% de energias renováveis, prevendo-se por isto que as emissões de CO₂ em 2050 sejam ainda um terço superiores às observadas em 1990 (CCE, 2011).

A Comissão Europeia elaborou recentemente o documento “Roteiro do espaço único europeu dos transportes – Rumo a um sistema de transportes competitivo e económico em recursos” no contexto do livro branco onde se estabelecem 40 medidas para a próxima década.

As iniciativas propostas prendem-se com o envolvimento de todos os atores em todos os setores no horizonte de 10 anos de forma a atingir as metas específicas de redução de 60% das emissões de GEE até 2050, resumidas no quadro abaixo.

Quadro 5: Metas para um sistema de transportes competitivo e económico em recursos

Metas gerais	Metas específicas
Promover e vulgarizar fontes de energia e sistemas de propulsão inovadores e sustentáveis	(1) Reduzir para metade o número de veículos automóveis de motorização convencional utilizados no transporte urbano, até 2030; retirá-los de circulação nas cidades, até 2050; descarbonar no essencial a logística nos grandes centros urbanos, até 2030.
	(2) Chegar a uma quota-parte de 40% de combustíveis hipocarbónicos sustentáveis na aviação, até 2050; reduzir 40% (50% se possível) as emissões de CO ₂ da UE com origem nas bancas dos navios, também até 2050.
Otimizar o desempenho das cadeias logísticas multimodais, nomeadamente pela utilização acrescida dos modos de transporte menos energívoros	(3) Procurar transferir para outros modos, como o ferroviário ou o marítimo/fluviá, até 2030, 30% do tráfego de mercadorias em distâncias superiores a 300 km, e mais de 50% até 2050, com a ajuda de corredores eficientes e ecológicos. O cumprimento desta meta exigirá infraestruturas adequadas.
	(4) Completar uma rede ferroviária europeia de alta velocidade, até 2050. Triplicar, até 2030, a extensão da rede ferroviária de alta velocidade existente e manter uma rede densa de vias férreas em todos os Estados-Membros. Em 2050, o transporte de médio curso de passageiros deverá efetuar-se maioritariamente por caminho de ferro.
	(5) Dispor em 2030, em toda a UE, de uma «rede de base» RTE-T multimodal e plenamente funcional, com uma rede de alta qualidade e capacidade em 2050 e os serviços de informação correspondentes.
	(6) Até 2050, ligar todos os aeroportos da rede de base à rede ferroviária, preferencialmente a de alta velocidade, e assegurar que todos os principais portos marítimos têm ligações suficientes ao sistema ferroviário, e ao sistema de vias navegáveis interiores se existente, para o transporte de mercadorias.
Aumentar a eficiência do transporte e da utilização da infraestrutura com a ajuda de sistemas de informação e incentivos de mercado	(7) Implantar a infraestrutura modernizada de gestão do tráfego aéreo (SESAR) na Europa até 2020 e finalizar a construção do Espaço de Aviação Comum Europeu. Implantar os sistemas equiparados de gestão do tráfego terrestre, marítimo e fluviá (ERTMS, ITS, SSN e LRIT, RIS), bem como o sistema europeu global de navegação por satélite (Galileo).
	(8) Estabelecer até 2020 o enquadramento para um sistema europeu multimodal de informação, gestão e pagamento no setor dos transportes.
	(9) Aproximar-se do objetivo de «zero mortes» em acidentes de viação, até 2050; em sintonia com este objetivo, é propósito da UE diminuir para metade, até 2020, o número de acidentes mortais nas estradas. Garantir que a UE assume uma posição de líder mundial no domínio da segurança em todos os modos de transporte.
	(10) Avançar na aplicação plena dos princípios do «utilizador-pagador» e do «poluidor-pagador» e no comprometimento do setor privado a eliminar distorções, incluindo as subvenções nocivas, gerar receitas e garantir o financiamento dos investimentos futuros no setor dos transportes.

Fonte: Elaboração própria a partir de CCE, 2011.

Com base nos livros verdes e brancos acerca dos transportes, elaborados pela Comissão Europeia, houve a necessidade de adaptar e elaborar diretrizes nacionais para a mobilidade, baseadas nos princípios básicos de eficiência, equidade e sustentabilidade. Foram assim estabelecidas 11 linhas de orientação por parte do Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres:

Quadro 6: Linhas de orientação para a mobilidade

A. Definir e garantir níveis adequados de acessibilidade oferecida pelo sistema de transportes a todos os cidadãos

B. Estabelecer uma configuração eficiente do sistema de acessibilidades

C. Sustentação económica como garante da estabilidade da oferta

D. Melhorar a qualidade de vida dos cidadãos pela redução dos impactes negativos (ambientais, económicos e sociais) da mobilidade

E. Criar boas condições para os modos não motorizados, particularmente para o peão

F. Promover um uso racional dos modos de transporte individuais motorizados

G. Assegurar serviços de transporte público de boa qualidade e com características técnicas adequadas à procura

H. Integração das políticas de uso do solo e dos transportes

I. Promover a integração física, tarifária, logística e institucional dos diferentes componentes do sistema de mobilidade

J. Melhorar a informação aos cidadãos sobre o sistema de transportes e mobilidade

K. Assegurar participação pública nos processos de decisão associados à mobilidade

Fonte: Seabra *et al.*, 2011d

Estes documentos revelam que a mobilidade sustentável só será possível através de um bom planeamento dos meios de transporte, devendo, à escala regional e local, ser dado maior relevo ao pedonal, ciclável, transportes coletivos e só por último aos transportes individuais, por esta escala de importância. Para que os cidadãos sigam essa ideologia e estabeleçam uma relação de confiança com o setor dos transportes coletivos é necessário que exista por sua vez um grande leque de hipóteses: boas ligações, conforto, rapidez e fiabilidade que os faça escolher essa escala de importância em detrimento de outra.

Será neste domínio e escala que se encontrarão as diretrizes para comunidades eficientes em energia considerando o domínio “Mobilidade e Transportes” dando-se sobretudo ênfase à mobilidade dos passageiros por a tese estar focalizada na escala urbana.

4.2 Redes Interurbanas e Urbanas de transportes coletivos

Tendo em conta o tráfego automóvel e os problemas de poluição e ruído associados, a opção por transportes públicos é uma alternativa mais vantajosa, quer ao nível económico quer ambiental, já que um MegaJoule, em termos comparativos de gastos energéticos, pode transportar um passageiro durante 2,5 km de comboio ou metro, 0,8 km num autocarro mas, apenas 0,4 km num automóvel (Figura 9), consumindo apenas 0,3 MJ/pass.km em comboio ou metro, 1,1 de autocarro e 2,3 de automóvel (Figura 10).

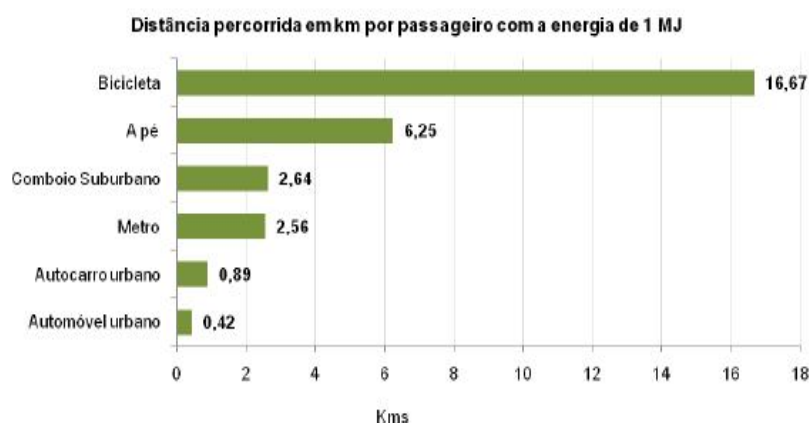


Figura 9: Distância percorrida por passageiro com a energia de 1 MJ
Fonte: Seabra *et al.*, 2011c

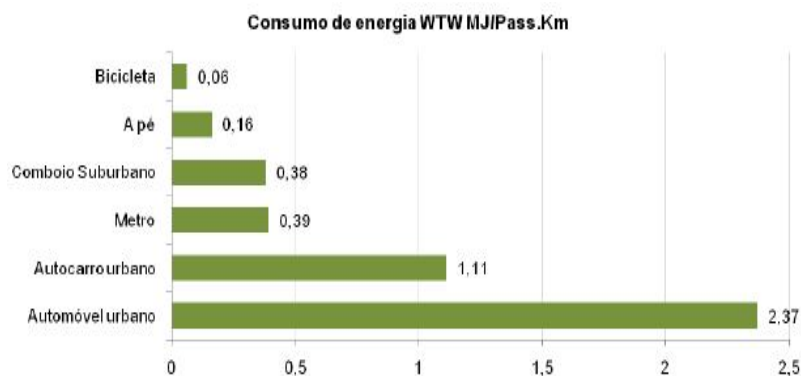


Figura 10: Consumo de energia de WTW MJ/pass.Km
Fonte: Seabra *et al.*, 2011c

Da análise destes dados, constata-se ainda que entre os meios de transporte coletivo, o transporte ferroviário é o meio de transporte ambientalmente mais favorável para o transporte urbano. E continua a sê-lo no transporte interurbano já que apresenta baixos consumos, pode transportar mais passageiros e é movido em grande parte a partir de energia elétrica, que pode ser obtida por diversas

fontes de energia, incluindo energias renováveis, o que lhe confere maior independência energética e menores consumos energéticos e emissões de GEE. É também mais vantajoso em termos de tráfego, segurança e fiabilidade, senão vejamos os recentes exemplos, a nível internacional, do efeito das cinzas vulcânicas na interrupção do tráfego aéreo ou da greve provocada pelos transportadores, que provocou a rutura do stock de combustíveis em muitas bombas de gasolina a nível nacional.

Ao nível da cidade, os sistemas de metro ligeiro (*Light Rail Transit*) constituem o modo de transporte básico em cidades médias europeias com populações entre 300 000 a 2 milhões de habitantes (Diamant *et al.*, 1976). Também Vuchic (1981) refere que estes sistemas são apropriados em cidades de 200 000 a 300 000 habitantes.

A aposta no meio de transporte ferroviário contribui para a intermodalidade e para uma mobilidade mais sustentável. Por todas essas razões, a União Europeia decidiu dar-lhe prioridade como é sublinhado nos documentos acima referidos, entre eles o livro branco, em que é referida a criação de uma rede multimodal com prioridade ao transporte ferroviário. Este objetivo já tinha sido evidenciado no Livro Branco em 2006, referindo que diferentes meios de transporte usados individualmente e em articulação com outros contribuem para um uso mais eficiente da rede de transportes, sublinhando já a ideia de que deveria ser dada prioridade ao transporte ferroviário.

No documento "Um futuro sustentável para os transportes", a Comissão Europeia defende ainda que os custos externos dos transportes, decorrentes dos efeitos do tráfego, consumo de energia, emissão de poluentes, etc., devem ser internalizados no custo real dos transportes, de forma a dotar o utilizador da consciência do custo real, induzindo-o a valorizar e reduzir o consumo dos mesmos (CCE, 2009). Essa alteração faria também com que a competitividade entre meios de transporte fosse mais justa, dando assim a perceção do transporte ferroviário como uma alternativa mais vantajosa.

Atualmente, na UE o transporte ferroviário representa apenas 11% do transporte de mercadorias terrestre e 6% do transporte de passageiros. Para aumentar essa percentagem há que tornar o transporte ferroviário mais competitivo, em termos de rapidez, flexibilidade e custo e para isso é necessário colmatar algumas falhas em termos de qualidade, em particular a fiabilidade (CCE, 2010).

Em Portugal a rede ferroviária sofreu nos últimos anos um grave declínio, resultado do favorecimento de rede rodoviária e do abandono e desativação de alguns troços da rede ferroviária nacional. É um dos países europeus com maior densidade de rede de autoestradas e menor densidade de rede ferroviária (Figuras 11 e 12) (MOPTC, 2006).

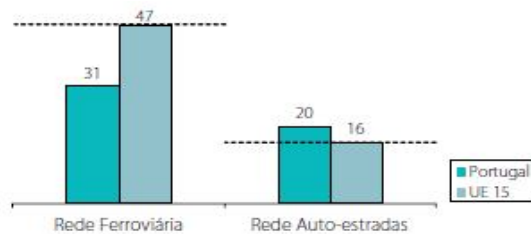


Figura 11: Comparação da densidade da rede ferroviária e rodoviária em 2003 (m/km²)
Fonte: MOPTC, 2006

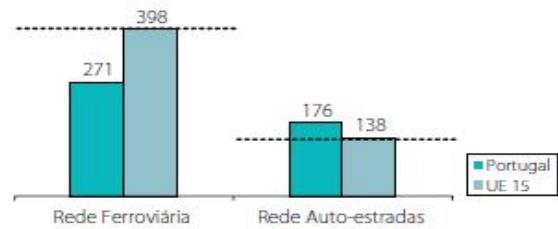


Figura 12: Comparação da densidade da rede ferroviária e rodoviária em 2003 (m/10³hab)
Fonte: MOPTC, 2006

Há ainda alguns problemas que têm que ser resolvidos para a melhoria da rede ferroviária nacional de modo a atrair mais passageiros. Esses problemas passam pela limitação da velocidade de circulação em alguns troços, deficiente acessibilidade e infraestruturas desatualizadas. Todos estes fatores, aliados à falta de intermodalidade com outros meios de transporte fazem com que o modo ferroviário não esteja a ser explorado no máximo das suas potencialidades.

Para que os transportes coletivos representem uma alternativa real e mais atrativa em relação ao automóvel, terão que servir pólos de grande atividade, como por exemplo universidades, hospitais e zonas comerciais, respondendo em tempo útil às necessidades específicas de cada local, como sejam os horários de serviço, a frequência e a lotação, tendo em conta a complementaridade entre meios de transporte (intermodalidade), fornecendo várias opções aos utilizadores que se desloquem a pé, de bicicleta, autocarro, etc. e articulando da melhor forma os vários modos entre si.

Para uma oferta de transportes coletivos de qualidade tem que existir uma hierarquização e articulação multimodal de complementaridade entre os diferentes meios de transporte coletivo e os diferentes operadores. Importa por isso definir os diferentes níveis de hierarquização dos transportes (Coelho e Marques, 2005):

A rede de transportes de 1º nível tem por objetivo a ligação às redes de fluxos suburbanos (inclui o meio de transporte fluvial, ferroviário e rodoviário suburbano) e às redes ferroviárias e aeroportuárias nacionais e internacionais. Como tal, têm que prestar um

serviço de qualidade que garanta tempos de espera inferiores a 6 minutos, velocidades comerciais elevadas, iguais ou superiores a 23 km/h, níveis de fiabilidade⁵ e regularidade⁶ muito elevados (99% e 95% respetivamente), com atrasos inferiores a 3 minutos, distâncias médias entre paragens de 600 a 700 metros num corredor integral e amplitude de horário das 6:00 à 01:00h.

A rede de transportes de 2º nível efetua as ligações entre as linhas de 1º nível e bairros que não sejam abrangidos pela rede de 1º nível, bem como equipamentos coletivos de hierarquia superior, ou seja, capazes de atrair 5000 utilizadores/dia. Estes transportes coletivos de 2º nível devem ter uma maior resposta nos períodos de maior procura, entre as 7:00-10:00 e entre as 16:30-20:30 com um período de 10 minutos entre serviços e 20 minutos em períodos de menor afluência, velocidades comerciais médias a elevadas iguais ou superiores a 19 km/h, níveis de fiabilidade e regularidade elevados (95 e 90% respetivamente), e devem ser colocados em corredores únicos ou com baixo nível de congestionamento, com uma distância média entre paragens de 450 a 550 metros.

A rede de transportes de 3º nível responde às necessidades de ligação entre os bairros e dentro deles e também faz a ligação com estações da rede de 1º nível. Esta rede consiste numa malha mais apertada que pretende responder às necessidades específicas ao nível da mobilidade dentro do bairro, como por exemplo a ida ao centro de saúde ou à escola. O tempo ideal entre serviços deve ser até 15 minutos, nos períodos de maior procura, entre as 7:00-10:00 e as 16:30-20:30, e 20 a 30 minutos nos períodos menos procurados. As velocidades médias comerciais razoáveis devem ser à volta dos 15 km/h e os níveis de fiabilidade superiores a 95% e de regularidade superiores a 85%. A distância entre paragens deve situar-se entre os 350 a 450 metros para aumentar o nível de eficiência e poder responder adequadamente às necessidades dos habitantes.

Os transportes coletivos têm que transmitir confiança aos utilizadores, para isso é necessário que exista por sua vez um grande leque de hipóteses: boas ligações, conforto, rapidez e fiabilidade que os faça escolher essa escala de importância em detrimento de outra. Desta forma seria possível

⁵ Fiabilidade – existência de serviços (Coelho e Marques, 2005), ou seja é o rácio entre o nº de comboios previstos e o nº de comboios realizados (MOPTC, 2006).

⁶ Regularidade – cumprimento de horários até 3 minutos de atraso (Coelho e Marques, 2005), ou seja, é o rácio entre o nº de comboios com atraso inferior a X minutos e o total de comboios realizados (MOPTC, 2006).

reduzir os níveis de tráfego motorizado e conseqüentemente as emissões de GEE atuais, havendo mais-valias quer ao nível ambiental, qualidade de vida (social) e redução dos custos associados às emissões de GEE (económicos).

No Livro Verde para os Transportes (1995) foram apontados os critérios que caracterizam um sistema de transportes coletivos de qualidade, conforme quadro abaixo.

Quadro 7: Lista de critérios de qualidade da “Rede de cidadãos”

Acessibilidade do sistema	necessidades das pessoas com mobilidade reduzida
	conceção do material circulante
	conceção das estações, incluindo intermodalidade
	ligação dos pólos de atração aos transportes públicos
	ligação das zonas rurais e periféricas
Acessibilidade em termos de preços	níveis das tarifas
	serviços socialmente necessários (tarifas especiais)
Segurança	normas de segurança
	qualidade da iluminação
	qualificação do pessoal
	número de elementos do pessoal em serviço/sistema de vigilância
Comodidade	duração das deslocações
	fiabilidade
	frequência
	higiene
	conforto
	informação
	bilhética integrada
	flexibilidade
Impacto ambiental	emissões
	ruído
	infraestrutura

Fonte:CCE, 1995

Tal como demonstrado, inclusivamente através de políticas europeias e nacionais, uma rede de transportes coletivos de qualidade, que seja mais eficiente e que responda às necessidades dos utilizadores pode contribuir para a diminuição do tráfego motorizado, e conseqüentemente, para uma mobilidade mais eficiente em termos energéticos, justificando a escolha das seguintes diretrizes:

Diretriz 8 : Transportes interurbanos ferroviários (comboio convencional)

Como indicadores para esta diretriz foram escolhidos os níveis de fiabilidade e regularidade (99% e 95% respetivamente).

Diretriz 9 : Rede de transporte coletivo ferroviário de qualidade em cidades e/ou redes de cidades com mais de 300 000 habitantes.

A viabilidade económica e financeira de sistemas ferroviários ligeiros determina que sejam essencialmente implantados em cidades e/ou redes de cidades com população superior a 300 000 habitantes.

Diretriz 10: Rede urbana de transporte coletivo rodoviário de qualidade

Os indicadores escolhidos para as diretrizes 9 e 10 são a frequência do serviço (intervalos entre passagem em minutos), velocidade média comercial, idade média da frota e a distância média entre paragens. Tendo por valores recomendados, os valores definidos na rede de transporte de 1º nível, ou seja, um tempo de espera inferior a 6 minutos, velocidades médias comerciais de 23 km/h, e uma distância entre paragens de 600 a 700 metros (Coelho e Marques, 2005). Quanto à idade média recomendada, na ausência de valores recomendados por bibliografia específica acerca do tema, optou-se por assumir estas idades por uma questão de razoabilidade, no caso do transporte coletivo ferroviário assumiu-se uma idade média recomendada de 10 anos e no caso do transporte coletivo rodoviário assumiu-se uma idade média recomendada entre 6 a 7 anos.

4.3 Intermodalidade entre os modos de transporte

“A intermodalidade é a capacidade de um sistema de transportes proporcionar soluções em cadeia que permitam a conexão entre diferentes meios e modos de transporte tendo em vista satisfazer determinada deslocação entre uma origem e um destino pré-definidos” (Seabra et al., 2011b).

A aposta numa rede viária de qualidade deve obedecer a uma gestão integrada que tenha em conta os usos do solo e uma articulação forte entre os meios de transporte individual motorizado, os coletivos e o pedonal, privilegiando sempre a cidade e o cidadão. Na hierarquização da rede viária é fundamental definir o que se entende por níveis de rede rodoviária:

1º Nível – Rede Estruturante – deve assegurar os principais atravessamentos da cidade, bem como

os percursos mais longos no seu interior;

2º Nível – Rede de Distribuição Principal – deve assegurar a distribuição dos maiores fluxos de tráfego da cidade, bem como os percursos médios e o acesso à rede de 1º nível;

3º Nível – Rede de Distribuição Secundária – Deve assegurar a distribuição próxima, bem como o encaminhamento dos fluxos de tráfego para as vias de nível superior;

4º Nível (a) – Rede de Proximidade – Deve ser composta por vias estruturantes dos bairros, com alguma capacidade de escoamento, mas onde o elemento principal é já o peão;

4º Nível (b) – Rede de Acesso Local – Deve garantir o acesso ao edificado, reunindo porém condições privilegiadas para a circulação pedonal.

A hierarquização da rede viária, num estudo para a cidade de Lisboa, reparte em vários níveis hierárquicos o tipo de deslocação pelas distâncias a percorrer, definindo assim o tipo de transporte mais adequado. Desta forma torna-se mais fácil definir políticas e medidas específicas ajustadas aos diferentes níveis que vão desde um percurso considerado longo a partir dos 4,2 km, classificado no primeiro nível, diminuindo progressivamente através dos vários níveis até ao percurso curto que se restringe aos 200 metros, classificado no nível zero, destinado às necessidades do quarteirão e que privilegia o acesso pedonal na circulação interior dos bairros. Estas medidas têm por objetivo diminuir a pressão ao nível local, atingir a acalmia de tráfego no interior dos bairros, libertando-os de zonas de cargas e tráfego de atravessamento.

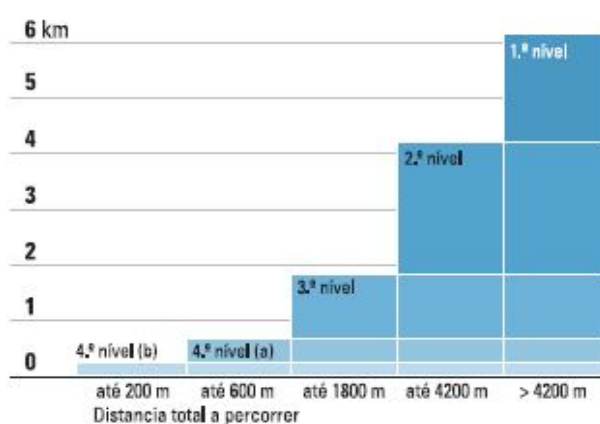


Figura 13: Repartição desejável da extensão das etapas de percurso em cada um dos níveis hierárquicos da rede viária
Fonte: Coelho e Marques, 2005

Como forma de analisar a situação num determinado momento e para que seja possível a formulação de medidas de melhoria, é necessário um sistema de monitorização eficaz e de avaliação do desempenho da mobilidade. Um sistema desse tipo deverá ter registo de velocidades, valores de fluxos de tráfego, taxas de ocupação e rotatividade de estacionamento e níveis de utilização de transporte público, dando assim informação pormenorizada da situação real, avaliação de problemas e dificuldades, dotando os responsáveis locais de poderosas ferramentas para decisão e definição de políticas locais que vão de encontro à resolução efetiva dos problemas reais.

Para que o princípio da hierarquização possa ser bem sucedido há que proceder a uma análise detalhada de cada nível para investigar possibilidades que suprimam as necessidades específicas. No 1º e 2º nível deve ser tida em conta a minimização de fatores de congestionamento, como interseção e estacionamento, permitindo a fluidez de circulação. Nas vias de 2º e 3º nível deve também ser dada atenção à fluidez de tráfego, podendo neste caso existir estacionamento mas em número reduzido e em zonas em que não provoque o congestionamento, tendo que existir uma boa fiscalização complementar associada a estas medidas. Os Sistemas Inteligentes de Transporte nesse caso poderão desempenhar um papel importante de controlo dos fluxos de tráfego, fornecendo informação e atuando como forma de fiscalização, pelo que serão abordados mais à frente.

Uma parte integrante e fundamental num sistema de transportes intermodal são as interfaces. Devem por isso ser acessíveis a todos os cidadãos, incluindo as pessoas com mobilidade reduzida, ser rápidas e de fácil transbordo, confortáveis e seguras. Devido à sua função de transferência entre meios de transporte e dependendo do tipo de viagem que ofereçam (curta, média ou longa duração), estas interfaces devem oferecer serviços de utilidade próximos, como sejam cafés, papelarias, casas de banho, multibanco, etc., o mesmo se passa relativamente à localização, podendo ser mais ou menos centrais.

No Programa Nacional da Política e do Ordenamento do Território esses critérios são referidos de forma clara: *“A implantação de interfaces multimodais de transportes em áreas urbanas centrais deve respeitar os seguintes critérios: eficiência das articulações estabelecidas entre os vários modos de transporte; fácil acesso pedonal; localização nas imediações de equipamentos coletivos de grande atração de utentes, melhorando assim a acessibilidade geral a esses equipamentos e aumentando a competitividade do transporte público”* (PNPOT, 2007, p.50).

Depois de estabelecidos os princípios da hierarquização das redes viárias, importa agora definir a hierarquização das interfaces, já que estas fazem a ligação entre as redes de TC (Transporte Coletivo) e TI (Transporte Individual), tomando em linha de conta os fluxos de passageiros e a quantidade e variedade de oferta de modos de transporte.

As interfaces de 1º nível situam-se nos pontos de entrada da cidade e devem ter ligação com a rede de TC de 1º nível. Para serem bem sucedidas estas devem ter disponibilidade de estacionamento de longa duração, a preços razoáveis, devem estar situadas em nós da rede rodoviária de 1º nível, e assegurar o transbordo de mais de 50 000 mil passageiros por dia, que representa por exemplo o fluxo de transporte fluvial ou ferroviário (Coelho e Marques, 2005).

As interfaces de 2º nível devem responder a fluxos pendulares de zonas fora do concelho, sem a opção do TI, devem igualmente servir de transbordo a mais de 25 000 passageiros por dia, garantindo a conexão de redes de transporte coletivo de 1º nível (Coelho e Marques, 2005).

As interfaces de 3º nível ao contrário das anteriores situam-se no centro da cidade, garantindo por isso a conexão entre diferentes linhas de transporte coletivo e que inclua no mínimo uma rede de 1º nível, para assegurar um transbordo inferior ao assegurado pela rede de 2º nível (Coelho e Marques, 2005).

Na figura abaixo estão resumidas as características que definem e distinguem os níveis de cada interface.

	INTERFACE DE 1º NÍVEL	INTERFACE DE 2º NÍVEL	INTERFACE DE 3º NÍVEL
Amarração às redes TI de 1º nível	■	■	■
Capacidade de estacionamento de longa duração	■	■	■
Cruzamento/Rebatimento de linhas de transportes coletivos com fluxos em transbordo acima dos 25 mil pax/dia	■	■	■
Conexão com a rede de TC de 1º nível	■	■	■

Figura 14: Atributos para a classificação das interfaces
 Fonte: Coelho e Marques, 2005 que cita TIS.pt

Aliados a estas medidas, terão que ser feitos esforços conjuntos que passam por: articulação dos

horários entre os eixos de ligação, maior fiscalização e penalização de estacionamento indevido, alargamento dos corredores exclusivos “bus” para os percursos no seu todo, a existência de um passe único para todos os operadores e para todos os transportes públicos. Deverão ser impostas obrigações como, por exemplo, o estudo de impacto da construção de grandes empreendimentos no tráfego e nos transportes, como parte integrante do processo de licenciamento, já que atualmente apenas existe a obrigação de elaboração de um plano de tráfego quando na presença de empreendimentos comerciais de média e grande dimensão e unicamente em relação à capacidade de absorção de tráfego das vias envolventes, o que não tem sido suficiente.

A intermodalidade entre meios de transporte deverá ser eficiente, de forma a articular os diferentes modos de transporte entre si (pedonal, ciclável, transportes públicos e privados), sendo para isso necessária uma concertação entre os vários envolvidos. As autarquias são responsáveis pela acessibilidade, segurança e conforto dos acessos e pela promoção do deslocamento pedonal e ciclável, este último poderá ser adjudicado a uma empresa municipal ou privada de *bike sharing*. As empresas de transportes públicos deverão facilitar o uso de um passe único, coordenar os horários entre transbordo, fornecer informação aos utilizadores, responder às necessidades de procura dos utilizadores e minimizar as distâncias a percorrer entre transbordo. Todos estes fatores se forem articulados com sucesso entre os vários atores, farão com que a aceitação, por parte dos utilizadores, de modos de transporte suave, como seja o pedonal e ciclável e de transportes coletivos, por esta ordem de preferência, sejam naturais.

Em face do exposto a escolha da 11ª diretriz recai sobre a intermodalidade entre modos de transporte.

Diretriz 11: Intermodalidade entre modos de transporte

Esta diretriz será avaliada através do número de níveis de interfaces presentes na zona em estudo. Tendo por recomendação as características definidas para cada um dos níveis dessas interfaces, ou seja a interface de 1º nível tem que ter estacionamento de longa duração, um volume de transbordo superior a 50 000 pax/dia, situar-se num ponto de entrada da cidade e ter ligação ao transporte individual e coletivo de 1º nível, a interface de 2º nível tem que ter um volume de transbordo superior a 25 000 pax/dia, não ter opção de transporte individual e ter ligação com o transporte coletivo de 1º nível, por último a interface de 3º nível deve estar localizada no centro da cidade e ter

ligação à rede de 1º nível (Coelho e Marques, 2005).

4.4 Gestão da procura de tráfego

O uso generalizado do automóvel nas últimas décadas desencadeou vários problemas como a expansão urbana, tráfego, poluição, elevado consumo energético e perda de espaço da cidade.

A resolução do problema da dependência automóvel pode ser abordada de duas formas: incentivar o uso de modos de transporte alternativo ou gerir a procura de tráfego. A primeira é debatida noutros subcapítulos e por si só não será suficiente, importa por isso abordar as medidas de gestão de procura de tráfego, já que são uma forma efetiva de diminuir o tráfego automóvel.

A gestão de procura de tráfego abrange várias componentes, algumas delas restritivas, outras de desincentivo e ainda de gestão propriamente dita através da monitorização e otimização do tráfego, embora todas elas tenham o objetivo comum de diminuir o tráfego e conseqüentemente o consumo energético dos transportes.

A gestão da procura de tráfego através da restrição ao estacionamento pode ser feita de três formas:

1. Física - se for feita através da limitação da oferta de lugares de estacionamento;
2. Regulamentar - pela proibição de estacionamento em determinados períodos, horas, por tipo de veículo ou de utilizador ou
3. Fiscal - se obrigar à cobrança do uso do espaço.

Geralmente entende-se que a restrição fiscal é uma forma justa de pagar pelo uso do espaço público.

O pagamento do estacionamento pode também ter implicações positivas já que aumenta o número e a distância a percorrer a pé, contribuindo ainda para a deslocação em modos alternativos, para a intermodalidade e mobilidade sustentável (Feitelson and Rotem, 2004).

O uso do transporte individual motorizado pode ser desincentivado ou minorados os seus efeitos através da implementação de medidas de acalmia de tráfego, que procuram diminuir e minimizar os efeitos negativos da circulação automóvel, através da partilha saudável entre os modos motorizados e não motorizados da via pública. Desta forma é possível reduzir o tráfego automóvel, tornar as ruas mais seguras, qualificar o espaço público, trazer de novo a vivência das ruas, tornando-as mais atrativas e melhorando a qualidade de vida em geral.

Em seguida serão abordadas cada uma das medidas de acalmia de tráfego, que de uma forma

resumida se apresentam no quadro abaixo (Seco *et al.*, 2008):

Quadro 8: Tipo de medidas de acalmia de tráfego

Tipo de Medidas	Medidas específicas
Alteração dos alinhamentos horizontais	Estrangulamentos
	Gincanas
	Estreitamento das entradas das interseções
	Mini-rotundas e rotundas
Alteração dos alinhamentos verticais	Pré-avisos
	Lombas
	Plataformas sobrelevadas, atravessamento pedonal elevado
	Interseções elevadas
	Via ao nível do passeio
Outras medidas	Portões virtuais
	Semáforos de controle de velocidade

Fonte: Elaboração Própria a partir de Seco *et al.*, 2008

As medidas de alteração dos alinhamentos horizontais, consistem em alterações no traçado normal da via que obrigam ao desvio dos automóveis e conseqüentemente à diminuição da velocidade de circulação. De forma a não comprometer a segurança rodoviária estas vias devem ter uma largura 2,75 a 3,2 metros e para vias de atravessamento de povoações um ângulo de desvio de 1:40 no caso do desvio ser através de lancil ou, 1:20 no caso do desvio ser feito por traçado no pavimento, para vias de acesso local esse ângulo deverá ser de 1:10. Pelas suas características, estas medidas, são mais indicadas para zonas residenciais, centrais ou de atravessamento de povoações (Seco *et al.*, 2008).

A medida de estrangulamento da via, tal como o nome indica, consiste no estreitamento da via, que pode ser central ou lateral, através do alargamento do passeio, ou da colocação de separador central. Pode estar associada a passadeiras de peões ou paragens de transportes públicos, já que desta forma reduz-se a velocidade de circulação e aumenta a segurança para os peões.

As gincanas são uma forma de desvio da trajetória reta, em que os veículos são obrigados a contornar esse desvio, que também pode ser feito por redução de faixas na via. Quando a redução do número de faixas ocorre nos locais de confluência de uma ou mais vias, designa-se por estreitamento das estradas de interseção.

No caso das mini-rotundas e rotundas, estas consistem na colocação de obstáculos circulares no centro da via, obrigando o contorno por parte dos veículos, a diferença entre elas é o tamanho e o facto de nas primeiras o obstáculo ser apenas desenhado no chão e por isso é transponível, nas segundas o obstáculo é físico, embora deva ter hipótese de ser transposto para permitir o ângulo de viragem se necessário a veículos longos.

A alteração de alinhamento vertical é mais indicada para o acesso a vias locais já que obriga a uma maior redução de velocidade devido à elevação vertical da via de circulação. Neste caso são aconselháveis ângulos de elevação entre 1:8 e 1:10 (Seco *et al.*, 2008).

Os pré-avisos são bandas sonoras ou cromáticas dispostas transversalmente na via o que provoca alerta visual e sonoro à passagem dos veículos. As bandas cromáticas são à base de pintura na via enquanto que as sonoras são feitas de materiais que provocam maior atrito e ruído, sendo por isso menos populares junto dos automobilistas e residentes.

As lombas são também obstáculos transversais à via, mas geralmente mais largas, para não provocarem tanto ruído e danos nos veículos, o que contribui também para uma maior segurança dos peões. São indicadas para vias de acesso local a zonas residenciais e comerciais.

As plataformas elevadas são em tudo semelhantes às lombas mas mais alongadas com forma trapezoidal e superfície superior plana que por vezes tem uma cor distinta para servir de atravessamento aos peões, designando-se nesse caso por plataforma de atravessamento pedonal, especialmente concebidas para zonas de atravessamento pedonal intenso aliado a tráfego automóvel de maior velocidade. As plataformas podem ainda ser implementadas em zonas de interseção, a que se dá o nome de interseções elevadas.

No caso de elevação total da via ao nível do passeio, deixa de existir uma separação clara entre a via e o passeio, o que leva os condutores a terem um cuidado acrescido, já que o espaço passa a ser misto, partilhado por veículos e pessoas, dando prioridade aos peões.

Existem ainda outras medidas como, por exemplo, a colocação de elementos que sirvam como portões virtuais de entrada numa zona urbana, dando indicação ao condutor que está prestes a entrar numa zona de tráfego moderado. Estes podem ser colocados à entrada de povoações ou em zonas residenciais. Outro exemplo de acalmia de tráfego é a colocação de semáforos de velocidade, que

fazem o controle dos limites de velocidade.

Todas as medidas referidas até aqui podem ser aplicadas em separado ou em conjunto dependendo das necessidades do local e podem ser associadas a medidas complementares como por exemplo a utilização de cores, textura, iluminação, utilização de mobiliário urbano e/ou arbustos para diferenciação de zonas e alertar para a presença de medidas de acalmia de tráfego em que deve ser dada prioridade aos peões.

Por último e para completar a abordagem da gestão de procura de tráfego, os sistemas inteligentes de gestão de tráfego consistem em computadores, sensores, sistemas de controlo, sistemas de comunicação, entre outros sistemas eletrónicos que podem ser aplicados em veículos individuais ou coletivos ou ainda na via e que permitem a monitorização e otimização do tráfego.

Estes sistemas consistem na observação remota em tempo real das condições de tráfego, o que permite uma resposta rápida e eficaz aos problemas que possam surgir, como por exemplo afetação de uma faixa exclusiva a transportes públicos, fiscalização de estacionamento, informação e desvio para caminhos alternativos ou mais eficientes, tarifação sem paragem do veículo. A sua aplicação é variada e pode contribuir para a melhoria da eficiência energética quer dos veículos individuais como, por exemplo, na otimização de rotas, nos transportes públicos, através do cruzamento dos dados da disponibilidade de taxis *versus* procura por parte dos clientes, utilizadores de transporte coletivo na escolha do melhor meio para se deslocarem, etc. Outra importante aplicação destes sistemas reside na melhoria da segurança, já que permitem informar os condutores em tempo real da ocorrência de acidentes, de perigos na estrada ou qualquer outra alteração das condições normais de circulação.

As vantagens da aplicação destes sistemas são a redução de tráfego, melhoria da segurança, fiabilidade, previsibilidade e eficiência energética.

Depois de apresentadas as várias medidas que permitem a redução e otimização do tráfego motorizado e minimização dos seus efeitos torna-se clara a escolha da 12ª diretriz:

Diretriz 12: Gestão de procura de tráfego motorizado

Esta diretriz será avaliada através da percentagem dos lugares de estacionamento taxados (recomendação de 70%), da existência de medidas de acalmia de tráfego e da existência de sistemas

inteligentes de gestão do tráfego, estas características foram adotadas por uma questão de razoabilidade e por não existirem dados recomendados na bibliografia específica acerca do tema.

4.5 Rede ciclável e pedonal de qualidade

A seguir ao deslocamento pedonal, o modo de transporte mais suave é a bicicleta, já que é um modo mais saudável, menos poluente, mais económico e acessível em comparação com os restantes meios de transporte. Nos percursos até 5 km é até mais rápido e cómodo quando comparado com outros meios de transporte em meio urbano em situações de tráfego rodoviário (Figura 15). Deve por isso, ser considerado como uma importante alternativa nas deslocações quotidianas de curta distância, como por exemplo deslocações de lazer, escola ou trabalho.

Em relação a outros meios de transporte, a bicicleta traz várias vantagens ao nível de:

- saúde da população;
- diminuição do tráfego, do ruído e das emissões poluentes;
- económicas – poupanças quer a nível individual quer global,
- equidade - permitindo o acesso a todos;
- sociais - já que promove as relações e usufruto do espaço público;
- segurança - com a diminuição de tráfego e aumento do número de ciclistas, as ruas tornam-se mais seguras;
- ocupação do solo - a bicicleta ocupa um espaço muito mais reduzido, quer em termos de estacionamento, quer da utilização do espaço público, ocupando uma área inferior a 1 m², enquanto que a área necessária para estacionar um veículo automóvel é de aproximadamente 10 m², não deixando espaço disponível para outros fins.

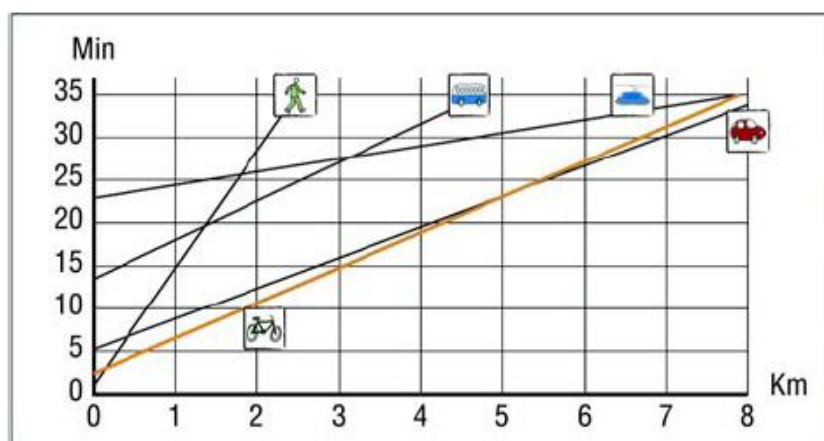


Figura 15: Comparação dos tempos de deslocação entre os meios de transporte em distâncias de 8 km em meio urbano
 Fonte: CCE, 2000 in Seabra *et al.*, 2011a

Consumo de espaço	100	100	10	8	1	6
Consumo de energia primária	100	100	30	0	405	34
CO ₂	100	100	29	0	420	30
Óxidos de azoto	100	15	9	0	290	4
Hidrocarbonetos	100	15	8	0	140	2
CO	100	15	2	0	93	1
Poluição atmosférica total	100	15	9	0	250	3
Risco de acidente induzido	100	100	9	2	12	3

Base = 100 (automóvel particular sem catalisador)

= Automóvel com catalisador. E necessário recordar que o catalisador apenas é eficaz quando o motor está quente. Nas curtas distâncias percorridas em cidade, não se pode contar com o real benefício antipoluição.

Fonte: Relatório UPI, Heidelberg, 1989, citado pelo Ministério alemão dos transportes.

Figura 16: Comparação dos vários meios de transporte em relação ao automóvel para uma deslocação equivalente de pessoas/km
 Fonte: CCE, 2000 in Seabra *et al.*, 2011a

No entanto, o sucesso de uma rede ciclável de qualidade, só será possível se existir intermodalidade, ou seja se existir complementaridade com os restantes meios de transporte.

O uso partilhado de bicicletas, ou *bike sharing*, poderá contribuir para essa complementariedade, já que consiste em disponibilizar bicicletas públicas em vários pontos da cidade, para uso dos cidadãos, podendo ser gratuito ou pago. Este conceito surgiu em 1997 em Rennes (França) e foi

difundido e implementado com sucesso em várias cidades de todo o mundo (como Washington, Estocolmo, Amesterdão ou Barcelona), apresentando-se como parte do sistema de transportes públicos e assumindo-se como uma alternativa viável para as deslocações de curta distância.

O conceito de rede ciclável não implica que esta seja uma pista segregada fisicamente, é antes todo o percurso que possa ser realizado de bicicleta, considerando que o ciclista é um condutor e a bicicleta o seu veículo. É por isso fundamental assegurar a segurança dos ciclistas através de medidas de acalmia de tráfego, com redução dos limites de velocidade nos espaços partilhados com outros transportes, dando ênfase ao sentido de multifuncionalidade do espaço urbano, com prioridade em soluções de espaço partilhado em vez de soluções segregadas, como é o caso das ciclovias. Esta hierarquização está caracterizada na figura abaixo e deve ser considerada em caso de implementação de uma rede ciclável em meio urbano.

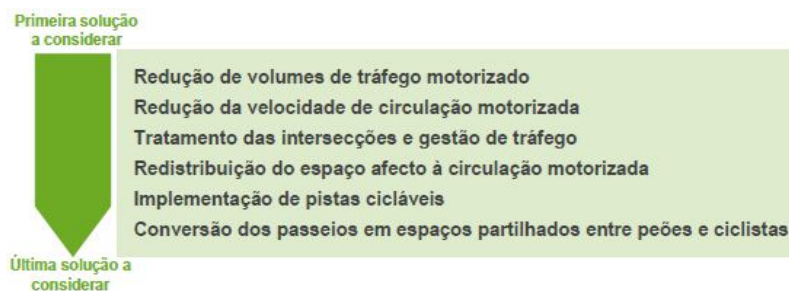


Figura 17: Hierarquia de decisão

Fonte: Department for Transport, 2008 in Seabra *et al.*, 2011a


Devem ser estudadas medidas que levem a uma acalmia de tráfego, através do redesenhar dos arruamentos. Um objetivo a atingir seria o da criação de estradas “lentas”, estreitas, com curvas e lombas para favorecer limites de velocidade baixos. Com a redução da velocidade do trânsito, passa a haver menos ruído, menor poluição atmosférica e aumenta a segurança dos peões e dos ciclistas.

A rede ciclável deve fazer a ligação a pólos geradores de tráfego de forma direta e acessível, deve estar devidamente assinalada e ter iluminação que permita segurança, não deve ter obstáculos, o estacionamento deve ser seguro e conveniente e deve promover a intermodalidade através da ligação a outras interfaces, existindo a hipótese de transportar a bicicleta noutros transportes. Quanto aos declives, segundo os critérios de aptidão ciclável adotados pelo plano Almada ciclável (www.ise.utl.pt/ceap), até aos 3% é considerado um terreno plano, com total aptidão para circulação

em bicicleta, dos 3 a 5% considerado satisfatório para circulação em bicicleta até distâncias médias, por último declives superiores a 5% são considerados impróprios para a circulação em bicicleta a não ser para distâncias curtas até aos 240 metros (AASHTO, 1999).

As tipologias dos percursos cicláveis são as seguintes: coexistência (ocorre total coabitação com o tráfego rodoviário), faixa ciclável (separação visual parcial através de limites sinalizados, embora na mesma faixa de rodagem) ou pistas cicláveis (vias totalmente exclusivas ao uso da bicicleta) (Quadro 9).

Quadro 9: Tipologias de percursos cicláveis e suas vantagens e inconvenientes

	<p>Coexistência O ciclista partilha o espaço com o tráfego motorizado</p> 	<p>Separação visual O ciclista dispõe do seu espaço de circulação contíguo à faixa de circulação</p> 	<p>Separação física O ciclista é afastado da circulação motorizada, mediante uma infra-estrutura ciclável dedicada e fisicamente segregada</p>  	
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Coexistência entre modos que circulam a baixa velocidade. • Aproveitamento de infraestrutura já existente, sem reserva de espaço próprio; • Possibilidade de implementação temporária e custos de execução reduzidos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Boa integração nas interseções (ciclista visível); • Efeito da redução de velocidade do tráfego motorizado; • Custos de implementação reduzidos; • Consumo de espaço reduzido; • Facilidade de manutenção. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impressão geral de segurança subjetiva; • Facilitador de novos utilizadores da bicicleta 	<ul style="list-style-type: none"> • Agradável; • Papel turístico; • Segurança; • Conforto;
Inconvenientes	<ul style="list-style-type: none"> • A segurança exige o estrito cumprimento de regras de trânsito e acalmia de tráfego; • Envolve uma mudança gradual de mentalidade; • Exige campanhas de informação e sensibilização para modificar comportamentos e melhorar a aceitação pelos condutores dos veículos motorizados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilidade de invasão do espaço (ex.: estacionamento); • Proximidade com o tráfego motorizado sem restrições significativas de velocidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Custos de Implementação e manutenção; • Dificuldade em encontrar espaço físico disponível em meio urbano consolidado; • Potenciais conflitos com os peões. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldades de iluminação e pontos de água; • Custos de Implementação e manutenção • Potenciais conflitos com os peões.

Fonte: Seabra *et al.*, 2011a

Resumidamente é possível dizer que a primeira tipologia é mais indicada para bairros e zonas centrais, a segunda tipologia para ligações entre bairros em meio urbano, a terceira tipologia para

zonas periurbanas e por ultimo mais destinadas ao ecoturismo, podem fazer a ligação entre aglomerados urbanos. Embora não exista uma resposta para qual a melhor solução, há conclusões que devem ser retidas como seja, as vias de coexistência não implicam que sejam menos seguras do que as restantes; a acalmia de tráfego deve ser uma medida transversal às várias tipologias, reduzindo volumes e velocidades de circulação e as soluções de coexistência devem ser estabelecidas apenas em zonas de velocidade 30 km/h e com volumes de tráfego inferiores a 8000 veículos/dia (Figura 18).

Em termos de oferta de estacionamento para bicicletas o valor recomendado para zonas comerciais deve ser entre 5 a 10% da oferta total de lugares de estacionamento para automóveis (ITE, 2010).

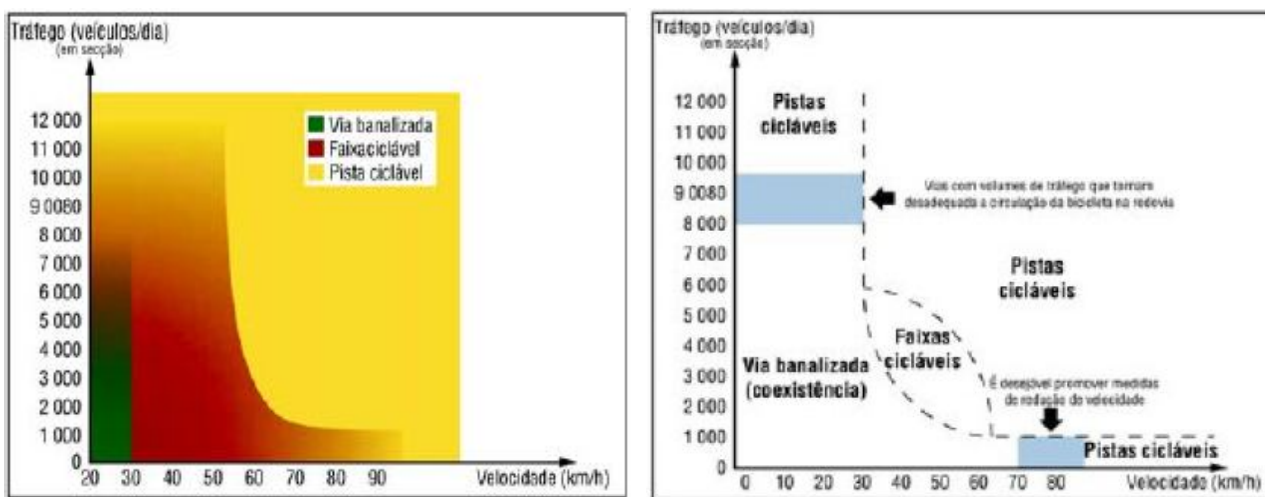


Figura 18: Critérios para a implementação das várias tipologias de percursos cicláveis
 Fonte: CERTU, 2005 in Seabra *et al.*, 2011a

Após terem sido abordados os vários tipos de transporte há que ter em conta que a mobilidade envolve sempre o modo pedonal, já que em todos os trajetos, mesmo que recorrendo a meios de transporte motorizados e por menores que sejam as distâncias, existe sempre uma componente pedonal. Estabelecido este princípio importa salvaguardar o conceito de acessibilidade que, segundo o conceito Europeu, tem que ser equilibrada, segura e equitativa, permitindo o acesso igual a todos os cidadãos independentemente das suas características físicas, linguísticas e sociais (Sagramola, 2003).

Uma rede pedonal de qualidade deve promover e garantir a total acessibilidade a todos os cidadãos, estar articulada com uma boa gestão de tráfego e um desenho urbano favorável.

O tráfego automóvel constitui muitas vezes um obstáculo à boa circulação pedonal, devido ao conflito iminente, insegurança, poluição, ruído e obstrução da via devido a estacionamento ilegal. O desenho urbano, se for bem estruturado, poderá incentivar o deslocamento pedonal, reduzindo simultaneamente a velocidade de circulação dos veículos, para isso deverá basear-se nos princípios do “design universal”, ou seja, promover uma utilização equitativa, flexibilidade de utilização, utilização simples e intuitiva, informação perceptível, tolerância ao erro, esforço físico mínimo e dimensão e espaço de abordagem e utilização adequados (Seabra *et al.*, 2011e).

A rede pedonal deve ser vista como mais uma forma de mobilidade e por isso mesmo deve ser incluída numa escala hierarquizada, dando prioridade aos percursos mais urgentes como o acesso a centros de saúde, escolas, principais estações de transportes públicos, etc. Devem ser tomadas medidas de acalmia de tráfego nos bairros, como por exemplo a colocação de lombas ou estreitamentos de ruas, que já foram debatidos anteriormente. Os tempos e distâncias de transbordo entre os vários transportes públicos devem ser minimizados ao máximo e devem ser geradas condições de segurança para os peões que se queiram deslocar a pé. No interior dos bairros, devem ser tomadas medidas que promovam antes de mais as deslocações pedonais e logo em seguida as deslocações em bicicleta.

Juntamente com as medidas referidas, a diminuição da oferta de lugares de estacionamento e aumento das suas tarifas, poderão também incentivar as deslocações a pé, embora estas medidas devam ser sempre associadas a um estudo prévio de avaliação do seu potencial de densificação.

Adicionalmente a elaboração de um Plano de Valorização Territorial poderá ser útil já que assegura a qualidade paisagística e funcional, deixando um espaço público de qualidade para usufruto dos peões e no caso de se tratar de infraestruturas de transporte coletivo através do aumento da densificação em redor do corredor de transporte ou do desenvolvimento de percursos pedonais entre estações de forma a captar mais passageiros.

As interfaces, ou seja, espaços físicos onde se dá o transbordo de passageiros entre diferentes modos de transporte ou do mesmo modo, no percurso de uma viagem, em qualquer que seja o nível, devem ter em conta o deslocamento a pé, disponibilizando informação acerca dos transportes envolventes, segurança, limpeza das instalações e acesso a pessoas com mobilidade reduzida. Efetivamente, outro fator muito importante a ter em conta prende-se com a acessibilidade.

Os passeios têm que ter em conta todos os tipos de utilizadores, incluindo pessoas em cadeira de rodas e a eventualidade de cruzamento entre utilizadores, pelo que o valor ideal de área útil, sem obstáculos, para passeios construídos de origem, é de 1,8 metros, embora a Legislação defina 1,5 metros como a largura livre mínima que permite a mudança de direção de uma pessoa em cadeira de rodas nos passeios adjacentes a vias principais e distribuidoras e com declive inferior a 5% (Decreto-Lei n.º 163/2006, de 8 de agosto) (Figura 19).

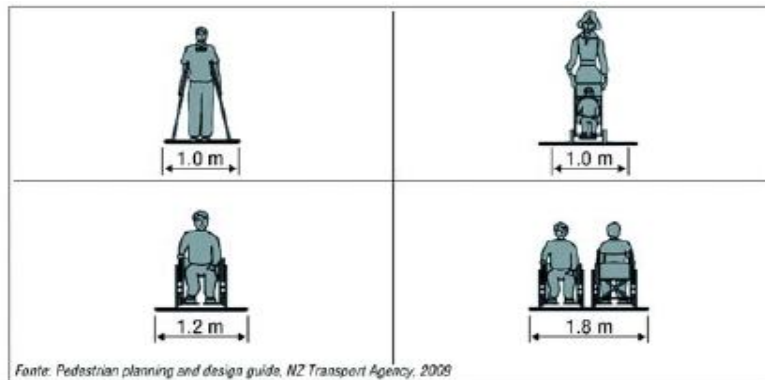


Figura 19: Espaços mínimos de manobra dos peões
Fonte: NZ Transport Agency, 2009 in Seabra *et al.*, 2011e

As passadeiras devem ser ligeiramente deslocadas do percurso em linha reta, desincentivando o atravessamento direto dos peões e contribuindo para a segurança pedonal.

Os passeios devem ser rebaixados para facilitar o atravessamento por pessoas com mobilidade reduzida, não devendo ter uma altura superior a 0,02 metros e inclinações superiores a 8% (Decreto-Lei n.º 163/2006, de 8 de agosto). Outra solução para facilitar o atravessamento passa por passadeiras sobrelevadas ao nível do passeio, atingindo assim dois objetivos, ao funcionarem como obstáculo aos meios motorizados, obrigando à redução de velocidade e consequente acalmia de tráfego e por outro lado dando maior prioridade e visibilidade aos peões. As passadeiras podem ainda dispor de sinalização luminosa e nesse caso o sinal verde deverá ter em conta o tempo de atravessamento a uma velocidade de 0,4 m/s até ao separador ou passeio oposto.

No entanto, todas as medidas até aqui descritas só surtirão efeito se a comunidade estiver sensibilizada e devidamente informada. Os utilizadores devem ser incluídos na elaboração dos planos de mobilidade, a informação deve estar disponível em vários meios: internet, papel, tv, e rádio e devem ser promovidas campanhas como por exemplo a promoção das idas a pé para a escola ou para o trabalho e jogos didáticos.

O planeamento de redes pedonais e cicláveis deve ter em conta os princípios de sustentabilidade, integração e concertação com todos os atores interessados; de sustentabilidade porque deverá ter em conta as vertentes económica, social e ambiental; de integração porque deverá ser complementar e integrado com os restantes modos de deslocação e por último concertado porque deverá envolver as várias partes, ou seja empresas, organismos públicos e a própria sociedade, respondendo acima de tudo às necessidades dos utilizadores.

As redes pedonais e cicláveis devem ser atrativas e para isso terão acima de tudo que transmitir segurança aos utilizadores, o que passa essencialmente por boa iluminação, informação, proteção às condições climatéricas e por medidas de acalmia de tráfego, e à complementaridade com os restantes modos de transporte. O planeamento destas redes deve ser integrado nos planos de mobilidade e transportes (PMT), assegurando princípios básicos como a minimização das distâncias a percorrer da forma mais direta e com declives pouco acentuados, transmitindo sempre segurança aos utilizadores.

Por todos os argumentos aqui apresentados as 13ª e 14ª diretrizes são:

Diretriz 13: Rede ciclável de qualidade

Esta diretriz será avaliada pela existência de faixas e/ou pistas cicláveis, pela percentagem de lugares de estacionamento cicláveis e pela existência de um sistema de partilha de bicicletas. A recomendação é de que existam faixas e/ou pistas cicláveis, os lugares de estacionamento cicláveis sejam 5% do total de estacionamento automóvel (ITE, 2010) e que exista um sistema de partilha de bicicletas.

Diretriz 14: Rede pedonal de qualidade

Esta diretriz será avaliada através da percentagem de arruamentos exclusivamente pedonais, da percentagem de arruamentos com tráfego motorizado condicionado e uma rede pedonal contínua, cómoda, segura e acessível para todos.

Os valores recomendados, por questões de razoabilidade, são de que pelo menos 20% dos arruamentos existentes sejam exclusivamente pedonais e 10 % dos arruamentos tenham tráfego motorizado condicionado. Apontam-se ainda como valores recomendados a largura útil dos passeios ser de pelo menos 1,5 metros e livre de obstáculos; com inclinações longitudinais inferiores a 5%;

existir rebaixamento de lancis na zona das passadeiras com inclinações inferiores a 8% e pavimentos com diferenciada do passeio (Decreto-Lei 163/2006).

Como forma de finalizar este capítulo referente ao domínio da mobilidade e transportes apresentam-se em seguida no Quadro 10 a síntese das diretrizes e indicadores encontrados.

Quadro 10: Síntese das Diretrizes e indicadores para Comunidades Eficientes em Energia considerando o domínio “Mobilidade e Transportes”

Domínio	Diretrizes	Indicadores de Sustentabilidade	Valores recomendados
Mobilidade e Transportes	Transportes Interurbanos ferroviários (comboio convencional)	Níveis de fiabilidade e regularidade rede transporte 1º nível.	99% e 95% respetivamente
	Rede de transporte coletivo ferroviário de qualidade em cidades e/ou redes de cidades com mais de 300 000 habitantes	Frequência do serviço (intervalos entre passagem (min)); Velocidades médias recomendadas; Idade média da frota; Distância interparagem.	- Tempo de espera inferior a 6 minutos; - Velocidades médias comerciais de 23 km/h; - Idade média recomendada 10 anos - Distância entre paragens entre 600 a 700 metros.
	Rede Urbana de Transportes coletivos rodoviários de qualidade	Frequência do serviço (intervalos entre passagem (min)); Velocidades médias recomendadas; Idade média da frota; Distância interparagem.	- Tempo de espera inferior a 6 minutos; - Velocidades médias comerciais de 23 km/h; - Idade média entre 6-7 anos - Distância entre paragens entre 600 a 700 metros.
	Intermodalidade entre modos de transporte	Níveis de interfaces presentes nas zonas em estudo	- 1º nível – estacionamento de longa duração, volume transbordo superior a 50mil pax/dia, pontos de entrada da cidade, ligação a TI e TC 1º nível; - 2º nível - volume transbordo superior a 25mil pax/dia, sem opção TI, ligação TC 1º nível - 3º nível – ligação rede 1º nível, centro da cidade
	Gestão de Procura de Tráfego	Taxação de estacionamentos (% estacionamentos taxados) Acalmia de Tráfego Sistemas inteligentes de gestão do tráfego	- 70% dos lugares de estacionamento são taxados. - Existência de medidas de acalmia de tráfego. - Existência de sistemas inteligentes de gestão do tráfego
	Rede ciclável de qualidade	Existência de faixas e/ou pistas cicláveis; Equipamentos de apoio: n.º estacionamento ciclável Sistema de partilha de bicicletas.	- Existência de faixas e/ou pistas cicláveis; - N.º de lugares de estacionamento cicláveis ser 5% do total de lugares de estacionamento automóvel; - Existência de sistema de partilha de bicicletas.
	Rede pedonal de qualidade	% de arruamentos exclusivamente pedonais; % de arruamentos com tráfego motorizado condicionado; Rede pedonal contínua, cómoda, segura e acessível para todos	- 20% dos arruamentos são exclusivamente pedonais; - 10 % dos arruamentos têm tráfego motorizado condicionado; - Largura útil dos passeios de 1,5 metros, livre de obstáculos; - Inclinações longitudinais inferiores a 5%; - Rebaixamentos de lancis, na zona das passadeiras, com inclinações inferiores a 8% e pavimento do rampeamento com textura e cor diferenciada do passeio.

5. Edificado

5.1 Consumos energéticos nos edifícios

Os edifícios são responsáveis por 40% do consumo mundial de energia e em termos de impactes, são responsáveis por 70% dos óxidos sulfurosos e 50% das emissões de CO₂ (Bitan, 1992).

Na Europa (EU 27), os edifícios representam 40% do consumo energético global, maioritariamente obtido através de energia fóssil e apenas uma pequena percentagem de energia nuclear e renovável, traduzindo-se por isso em 36% das emissões de CO₂ (Eurostat, 2010).

Um maior recurso a tecnologias de eficiência energética poderia reduzir em, pelo menos, 1/5 os consumos de energia em edifícios, o que representaria uma diminuição de 10% das importações de petróleo e 20% das emissões de gases com efeito de estufa na União Europeia (UE15) (EC, 2001).

No entanto com a alteração dos padrões de vida, a tendência atual é no sentido de cada vez mais pessoas viverem em casas unifamiliares que são geralmente menos eficientes e requerem mais recursos naturais per capita e, apesar da população Europeia estar a diminuir, não se tem verificado uma diminuição da área habitacional.

O número de casas na Europa cresceu 11% entre 1990 a 2000 aumentando cada vez mais a percentagem de solo construído. Contribuindo, assim, para a expansão urbana e para uma tendência do aumento de consumo de recursos per capita e conseqüente aumento de impactes (EEA, 2006).

Em Portugal, os edifícios são responsáveis por 30% do consumo final de energia, repartido em residenciais (17%) e serviços (12%) (Eurostat, 2010). Verifica-se que o consumo de energia relativo aos edifícios em Portugal é mais baixo em comparação com a média europeia, no entanto a tendência é para o aumento do consumo, principalmente nos serviços em que a TCMA⁷ foi de 6,1% ao contrário da tendência europeia em que houve uma desaceleração de -0,7% na energia consumida pelos serviços entre 1997 e 2005. Embora a TCMA não seja tão elevada no setor doméstico, verificou-se também um aumento de 1,8% no consumo de energia, valor esse também superior à variação europeia que se situou nos 0,3% (Resolução do Conselho de Ministros N°80/2008).

O consumo de energia dos edifícios torna-se ainda mais elevado se falarmos em particular, no

⁷ TCMA – Taxa de Crescimento Médio Anual

consumo de energia elétrica, já que nesse caso os edifícios correspondem a uma parcela de 62%, da qual 33% correspondem aos serviços e 29% ao residencial (Resolução do Conselho de Ministros Nº80/2008).

Estes dados traduzem o elevado consumo de energia associado aos edifícios e em face da tendência para um aumento generalizado nos próximos anos, é por isso necessário tomar medidas de eficiência energética relativas aos edifícios no sentido de reduzir esse consumo energético.

5.2 Arquitetura Bioclimática

A arquitetura bioclimática tem como objetivo a redução do consumo energético dos edifícios tirando partido das características do clima de cada local, integrando o edifício na sua envolvente, permitindo assim um maior conforto para os seus utilizadores.

O desenho solar passivo dos edifícios, incluindo o aquecimento e arrefecimento passivos, ventilação e iluminação naturais, coberturas verdes, entre outros são apenas algumas das medidas que caracterizam a arquitetura bioclimática.

Os padrões urbanos locais e a arquitetura tradicional, que têm por base a orientação solar, construção em adobe, sombreamento através de árvores, etc. são tradições locais, que juntamente com a arquitetura bioclimática podem ser determinantes para atingir cidades de baixo carbono.

As características do local devem por isso ser encaradas como parte integrante do desenvolvimento do projeto de arquitetura. *“O processo construtivo para uma habitação termicamente equilibrada (confortável com o menor consumo energético possível) pode dividir-se em 4 etapas sendo que a última é o desenho arquitetónico e espacial. Esta deve ser em função das primeiras 3 etapas que contemplam: as variáveis climáticas locais; as variáveis biológicas (população local); e as variáveis tecnológicas (meios técnicos e soluções ao dispor – medidas passivas e ativas)”* (Olgyay, 2004).

Os edifícios são fortemente influenciados pela sua envolvente, em especial a temperatura do ar e a exposição solar. No verão, a temperatura do ar exterior ao estar mais elevada em relação à temperatura no interior dos edifícios levará a uma tendência para a transferência de calor do exterior para o interior do edifício provocando ganhos térmicos no verão e pelo processo inverso, provocando perdas térmicas no inverno. É por esta razão que a fachada assume enorme importância na fase de projeto, já que na fase de utilização, se bem projetada, irá reduzir as necessidades de

arrefecimento no verão e aquecimento no inverno, reduzir os consumos energéticos e aumentar o conforto para os utilizadores. Nestes casos na fase de projeto deve-se contemplar um isolamento térmico das paredes, cobertura e pavimento e o recurso a vidros duplos nos vãos envidraçados.

A orientação das fachadas dos edifícios, deve por isso ser projetada de forma a aproveitar, da forma mais eficiente possível, a exposição solar. A orientação solar, em Portugal devido à sua localização geográfica, deve ser preferencialmente Norte-Sul nas fachadas de maior dimensão (Figura 20), já que, no inverno, pelo facto de os raios solares estarem mais baixos, são promovidos os ganhos solares e, no verão, esses ganhos são reduzidos por ser relativamente fácil sombrear os vãos envidraçados dado que o sol se encontra nesta altura numa posição mais alta. A exposição solar deve ser tida em conta logo na fase de projeto, o estudo prévio da orientação solar mais conveniente pode fazer toda a diferença na otimização dos ganhos solares, sendo aproveitada para o aquecimento no inverno e facilitar o arrefecimento no verão.

A fachada orientada a Norte deverá ser mais protegida já que em termos de radiação solar é a mais fria, visto que no inverno não recebe radiação solar direta e no verão recebe apenas uma pequena parte no início da manhã e ao fim da tarde.

Em termos globais a colocação de fachadas envidraçadas orientadas a Sul trará vantagens no inverno por introduzir ganhos solares da radiação direta incidente durante praticamente todo o dia e que no verão poderão ser atenuados através de uma pala de sombreamento. A proteção da radiação solar pode também ser conseguida por sombreamento exterior através da colocação de árvores ou arbustos que façam sombra nas fachadas, evitando assim a radiação solar direta.

As fachadas de orientação Este-Oeste devem ser de dimensão reduzida e protegidas da radiação solar, devendo ter características construtivas que lhes permitam atuar como barreiras térmicas.

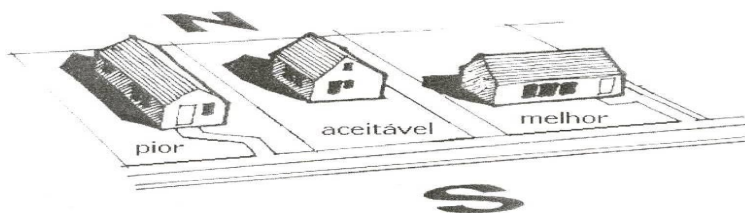


Figura 20: Esquema de possíveis formas e orientações de edifícios
Fonte: Lanham, 2004

A luz natural nos espaços é outra das vantagens do aproveitamento da radiação solar, pois para além

de reduzir as necessidades energéticas de iluminação, influencia diretamente o conforto e bem-estar das pessoas que vão usufruir deles.

A ventilação dos edifícios também convém que seja acautelada no projeto inicial para que, idealmente, não haja necessidade de recorrer à ventilação forçada através de equipamentos elétricos. As trocas de massas de ar com o exterior, no caso da ventilação natural, vão depender das diferenças de temperatura entre o interior e exterior do edifício, influenciando o seu desempenho energético.

Antes de mais é necessário reduzir ao máximo as perdas de energia através da eliminação de pequenas fissuras para o exterior, o que poderá ser evitado com um bom isolamento de portas e janelas.

Em segundo lugar é necessário assegurar uma boa qualidade do ar interior, promovendo a renovação do ar, que irá facilitar o arrefecimento noturno no verão e tornar o aquecimento mais eficiente no inverno, o que é possível através de um bom dimensionamento das trocas de ar do interior com o exterior. Assim poderão ser protegidas as edificações do efeito do vento seco diurno, evitando a exposição solar direta e deixando apenas espaço para trocas do ar interior, controlando desta forma a ventilação diurna e aproveitando a ventilação noturna.

Em Portugal, podem ainda ser tiradas vantagens do efeito de Nortada, típico do nosso clima, para uma melhor ventilação transversal dos espaços interiores e reduzidas as exposições a Nascente e a Poente mais difíceis de proteger.

A existência de zonas ajardinadas na envolvente dos edifícios é determinante para o conforto bioclimático. A envolvente dos edifícios constitui um desafio em termos de perdas e ganhos térmicos, decorrentes da transmissão de calor por condução. Para evitar que este problema influencie o comportamento do edifício deverá aumentar-se a resistência térmica dos elementos construtivos. As paredes, coberturas e pavimentos devem ser construídas com materiais isolantes como por exemplo a cortiça, poliestireno expandido, poliuretano e lãs minerais e os vãos envidraçados devem ter bons isolamentos e vidro duplo (Gonçalves e Graça, 2004).

Os telhados devem ter grande espessura ou ser de materiais com grande inércia térmica ou que as protejam da radiação solar, como é o caso da areia, tijolo poroso, argila expandida, entre outros, e se possível deve existir uma câmara de ar (Lima e Ribeiro, 2009).

As paredes devem ser grossas e feitas a partir de materiais resistentes e com grande inércia térmica como tijolo maciço (adobe), taipa, pedra ou tijolo furado com revestimento térmico e as paredes internas, em particular, devem ser em tijolo maciço. Em certos casos aconselha-se a utilização de parede dupla com câmara de ar fechada (Lima e Ribeiro, 2009).

De uma forma geral, como foi referido, as paredes e telhados devem ter grande inércia térmica, com uma transmitância térmica⁸ (U) menor ou igual a $2,20 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ (Lima e Ribeiro, 2009).

Para além disso outro fator importante é a refletividade das paredes e dos telhados, que deve ser maximizada, de forma a diminuir a radiação absorvida, o que pode ser conseguido através da pintura das superfícies de cor clara, que será abordado em pormenor mais à frente neste capítulo (Lima e Ribeiro, 2009).

As portas e janelas devem ser pequenas, em especial nas fachadas, para diminuir a radiação direta e refletida. Aconselha-se que 10 a 15% da área do edifício deve ser voltada para pátios interiores ou que tenham alpendre ou outra forma de sombreamento para diminuir a incidência de radiação solar (Lima e Ribeiro, 2009).

Todas estas medidas contribuem de forma mais eficaz para a melhoria da eficiência energética, através da otimização dos ganhos solares passivos, o que pode ser demonstrado nos resultados de um estudo de renovação de um edifício residencial usando componentes passivos (Koch, 2007).

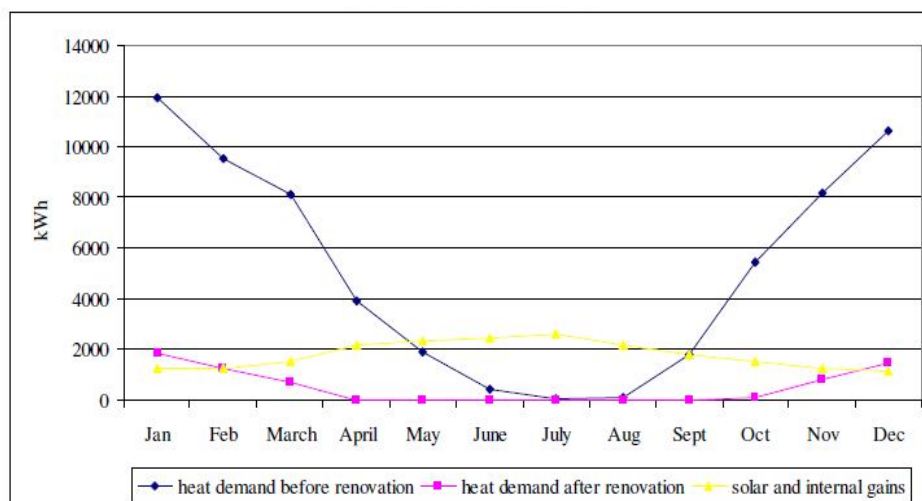


Figura 21: Necessidade de aquecimento por mês num edifício residencial antes e depois da renovação em relação a ganhos solares e internos
Fonte: Koch, 2007

⁸ Transmitância térmica – é a quantidade de energia que atravessa, por unidade de tempo, uma unidade de superfície de um elemento construtivo.

Com a tendência para o aumento da densidade urbana, aumentam também as necessidades energéticas para aquecimento, que representam geralmente custos elevados. Por isso a procura de soluções conjuntas, que diminuam de diferentes formas as necessidades energéticas através do aproveitamento das várias condicionantes climáticas, parece ser a melhor opção já que reduz os custos de infraestruturas, manutenção e operação (Siedentop *et al.*, 2006 in Koch, 2009).

A utilização dos chamados "telhados verdes", é outra das soluções e consiste no aproveitamento de telhados para fazer áreas ajardinadas, que funcionam como área de lazer, como é o caso do City Hall em Chicago (Figura 22), nos Estados Unidos ou em Singapura, na Universidade Tecnológica de Nanyang (Figura 23).

É uma técnica destinada a manter uma temperatura amena dentro dos edifícios. Esta prática faz com que essas oscilações térmicas sejam menos notórias pelo efeito de proteção do telhado que se encontra totalmente exposto quer durante o dia à radiação solar, quer durante a noite como superfície por onde podem ocorrer perdas de energia.

Estes telhados trazem várias vantagens como a redução das necessidades energéticas, retenção de água das chuvas, funcionar como pulmões na cidade, aproveitar áreas que até aqui estavam ao abandono e não tinham qualquer finalidade, tornar os edifícios esteticamente mais agradáveis e funcionar como reguladores térmicos nas cidades.

Existe também a hipótese dos jardins verticais, ou "paredes verdes", que embora partam do mesmo princípio dos telhados verdes, a sua aplicação é feita em paredes verticais, é o caso do Quai Branly Museum em Paris (Figura 24), com 1000 m² de área verde e em termos Nacionais do Centro Comercial Dolce Vita Tejo na Amadora que tem 900 m² de área ajardinada (Figura 25).

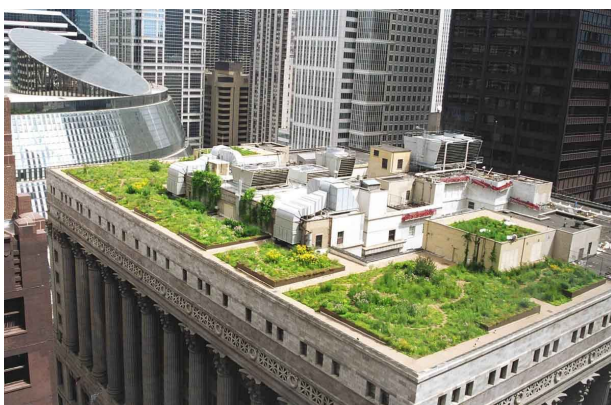


Figura 22: Telhado verde do City Hall em Chicago
Fonte: www.cityofchicago.org



Figura 23: Telhado verde da Universidade Tecnológica de Nanyang em Singapura
Fonte: www.ntu.edu.sg



Figura 24: Parede verde do Quai Branly Museum em Paris
 Fonte: www.quaibrantly.fr



Figura 25: Centro Comercial Dolce Vita Tejo na Amadora
 Fonte: www.dolcevita.pt

Os telhados verdes são por vezes comparados aos telhados brancos, que serão abordados mais à frente, no entanto um estudo do Lawrence Berkeley Laboratory (LBL) demonstrou que os telhados verdes trazem tantas ou até mais vantagens comparativamente aos telhados brancos, devido aos efeitos da evapotranspiração no verão e dos efeitos de conservação de energia e de diminuição das necessidades energéticas para aquecimento no inverno (Akbari and Konopacki, 2004).

As poupanças energéticas diretas da implementação dos telhados verdes em edifícios foram estimadas em 4,15 kWh/ m²/ano (Tabela 4), se extrapolarmos estes resultados para uma cidade inteira, a poupança energética é considerável, para além da diminuição da temperatura dos telhados e paredes dos edifícios, também contribuem para diminuir a temperatura ambiente local. Estudos para a cidade de Toronto concluíram que a redução de temperatura pode ir de 0,5 a 2°C, consoante a altura do ano, pelo que ainda que de forma indireta, a implementação de telhados verdes diminui o efeito das ilhas de calor urbano (Tabela 4) (Benting *et al.*, 2005).

Tipo de redução	Poupança por metro quadrado de telhado verde (direta)	Poupança por metro quadrado de telhado verde (indireta)
Poupanças energéticas diretas	4,15 kWh/ m ² /ano	2,37 kWh/ m ² /ano

Tabela 4: Poupanças diretas e indiretas de energia devido à implementação de telhados verdes
 Fonte: Benting *et al.*, 2005

Em resumo a aplicação de medidas de design passivo como por exemplo ventilação noturna para arrefecimento no verão associada à inércia térmica e isolamento adequados, bom dimensionamento de vãos envidraçados consoante a orientação solar, correta orientação solar do edifício, controlo da profundidade do edifício de forma a obter maior área de zonas passivas face às ativas, sombreamento pelo exterior de forma a não deixar penetrar a radiação para o interior, aplicação de

telhados e paredes verdes são assim imprescindíveis para uma arquitetura sustentável, quer a nível ambiental, social e económico, e que por isso resulta na escolha da 15ª diretriz.

Diretriz 15: Arquitetura bioclimática

Os indicadores escolhidos para avaliar esta diretriz são a orientação solar dos edifícios (N-S), transmitância térmica (U) das paredes exteriores e coberturas, percentagem de edifícios detentores de características de arquitetura bioclimática e percentagem de telhados e/ou paredes verdes. Tendo como valores recomendados, por uma questão de razoabilidade, que mais de 50% dos edifícios tenham orientação solar N-S, que as paredes e telhados tenham uma transmitância menor ou igual a $2,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ (Lima e Ribeiro, 2009), mais de 50% dos edifícios tenham pelo menos 2 características bioclimáticas e que mais de 30% dos telhados ou paredes sejam verdes.

5.3 Sistemas Solares Passivos em Edifícios

Os sistemas passivos são geralmente equipamentos que fazem parte do edifício, aproveitando as condições do local através de soluções construtivas que maximizam o aquecimento e arrefecimento naturais.

Os sistemas de aquecimento passivo permitem o aquecimento durante o inverno através da otimização dos ganhos da radiação solar, armazenando essa energia para as horas de maior necessidade, por exemplo através de vãos envidraçados, diminuindo as necessidades energéticas para o aquecimento.

Os sistemas de arrefecimento passivo têm por objetivo o arrefecimento sem recurso a equipamentos elétricos, por exemplo através do aproveitamento da ventilação natural, diminuindo as necessidades energéticas para o arrefecimento e aumentando o conforto dos ocupantes no interior do edifício.

As soluções construtivas para aquecimento passivo podem dividir-se em três tipos: ganho direto (vãos envidraçados), ganho indireto (paredes de trombe, parede massiva e coluna de água) e ganho isolado (espaço estufa ou coletor de ar).

Todos estes sistemas têm por finalidade absorver a energia solar incidente do exterior, transferindo-a para o interior onde é necessária, funcionando de forma semelhante a um coletor solar. Como tal estes equipamentos têm que ter duas componentes indispensáveis para a sua função: uma área envidraçada orientada a sul que permita a entrada de radiação solar e uma massa térmica que sirva

como acumulador de calor e permita a sua transferência para o interior.

A massa térmica é o elemento que permite um equilíbrio entre a temperatura interior e exterior do edifício, por isso quanto maior for, menor será a variação de energia dentro do edifício. No entanto esse equilíbrio dependerá também do tamanho dos vãos envidraçados e dos isolamentos, já que se estes elementos não forem tidos em consideração, o aquecimento e arrefecimento são mais difíceis devido à estabilidade que a massa térmica apresenta.

As soluções de ganho direto são essencialmente vãos envidraçados com uma correta orientação solar, que permitem a entrada de radiação solar direta que vai provocar o aquecimento das paredes e do chão no interior do edifício, o que devido ao clima em Portugal, sem sistemas adicionais é por si só favorável ao aquecimento.

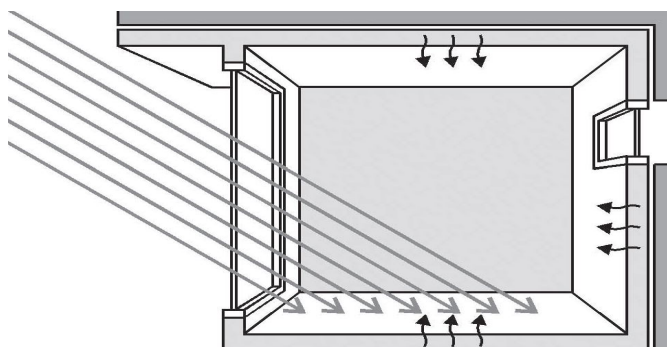


Figura 26: Sistema de ganho direto
Fonte: Gonçalves e Graça, 2004

As de ganho indireto são constituídas por duas superfícies, uma exterior de ganho e outra interior que se pretende aquecer. A massa térmica encontra-se entre as duas superfícies, armazenando a energia que será transferida imediatamente ou posteriormente, conforme pretendido, para o interior.

Um caso de ganho indireto são as paredes de trombe que consistem num vão com orientação correta com uma parede maciça pintada de cor escura para aumentar a absorção de calor, gerando um ambiente com efeito de estufa na área entre a parede e o vidro, servindo como uma barreira para as perdas de calor do interior e permitindo ganhos que vão aquecer o interior do edifício através de um sistema de ventilação natural na parede. O espaço interior é aquecido por convecção natural através do ar transferido pelas aberturas que fazem a ligação entre o interior da estufa e a habitação. Se estas não forem utilizadas com o propósito de ventilação natural, nesse caso funcionam como 'paredes de armazenamento', acumulando o calor durante o dia e por condução é transferida para o

interior. Estes sistemas devem permitir a colocação de dispositivos móveis para o sombreamento nos períodos de verão.

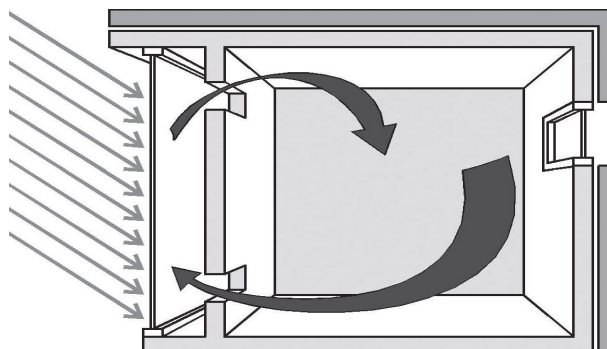


Figura 27: Parede de Trombe
Fonte: Gonçalves e Graça, 2004

O sistema de coluna de água é em tudo semelhante às paredes de armazenamento, embora neste caso a energia, sob a forma de calor esteja armazenada na água, que ao ser aquecida pela radiação solar em tubos pintados de preto que vão transferir calor para o interior, por convecção, e radiação.

As estufas e coletores de ar, são sistemas de ganho isolado, já que a energia é armazenada em zonas exteriores ao edifício. No caso das estufas o calor é posteriormente transmitido por condução, através da parede de armazenamento e por convecção se existirem espaços para a circulação de ar. No verão pode ser colocado algum tipo de vegetação sazonal que cubra a área da estufa e faça sombra para que não se atinjam temperaturas muito elevadas no seu interior.

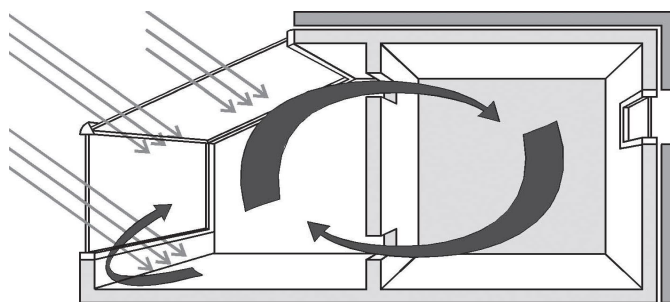


Figura 28: Sistema de ganho isolado
Fonte: Gonçalves e Graça, 2004

Os coletores de ar funcionam através de uma superfície de vidro e uma superfície absorvedora que aquecem o ar exterior e o 'injetam', através de um sistema de termosifão, no interior do edifício no inverno, no verão retiram o ar quente do interior para o exterior, funcionando todo o ano como forma de regulador de temperatura.

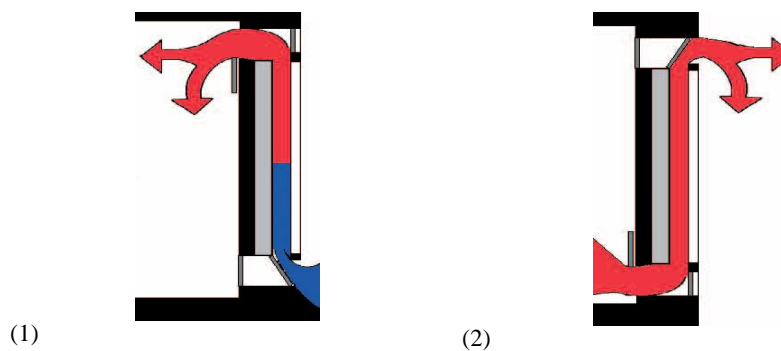


Figura 29: Sistema de coletores de ar, funcionamento no inverno (1) e no verão (2)
 Fonte: Gonçalves e Graça, 2004

No caso dos sistemas de arrefecimento passivo estes podem dividir-se em: ventilação natural, arrefecimento pelo solo, arrefecimento evaporativo e arrefecimento radiativo.

Estes sistemas, ao contrário dos anteriores, pretendem aproveitar a energia do ar exterior para arrefecimento do ar interior, tirando partido das amplitudes térmicas nas horas mais favoráveis do dia. Estes sistemas evitam a utilização de sistemas artificiais de arrefecimento, poupando energia e recursos económicos, dando maior conforto aos utilizadores.

No entanto, importa referir que deve ser evitada a exposição solar através de sombreamento exterior que impeça a entrada de radiação solar, se tal não for possível devem ser colocados vidros refletores ou sombreamento interior (por exemplo persianas). A massa térmica é outro fator importante já que dela dependerá uma maior ou menor amplitude térmica, por essa razão deve existir isolamento exterior do edifício. A cobertura do edifício é a parte que irá ter maior exposição solar pelo que deve ser acautelada a sua refletividade através da pintura de cores claras que não absorvam tanta radiação.

A ventilação natural é uma forma simples de aproveitar as variações térmicas entre o ar interior do edifício e o ar exterior, já que em determinados períodos do dia, em particular durante o período da manhã e noite, a temperatura exterior é geralmente mais baixa. Estas trocas de ar são feitas através da diferença de pressão entre os dois lados de janelas, portas, chaminés ou outras aberturas para o exterior, que ocorrem por diferença de temperaturas ou pelo movimento do vento, que por ventilação natural permite renovar o ar interior absorvendo o calor sensível armazenado na massa térmica, provocando também uma maior sensação de conforto para os utilizadores através da diminuição de temperatura por convecção e evaporação.

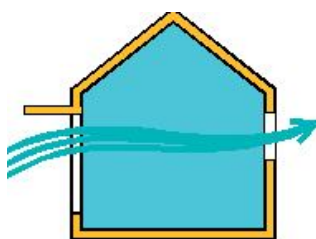


Figura 30: Ventilação transversal
Fonte: Gonçalves e Graça, 2004

A circulação de ar depende dos espaços disponíveis para entrada e saída do ar, como tal se as aberturas forem laterais ocorrerá ventilação unilateral, através de um único ponto ou mais do que um e pode ser favorecido por bandeiras de ventilação. Se as aberturas forem em extremidades opostas, designa-se por ventilação transversal, entre duas ou mais aberturas ou pode ser feita por meio de uma chaminé solar, situada num ponto superior à cobertura e que facilita a saída do ar quente. Uma aplicação interessante deste tipo de ventilação é na zona entre a cobertura exterior e interior do edifício.

O arrefecimento passivo também pode se feito através do solo, de forma direta ou indireta, já que este nunca apresenta grandes variações de temperatura, encontrando-se sempre a uma temperatura inferior à temperatura do ar exterior no verão. De forma direta, tal como o nome indica consiste na dissipação do calor por condução através do contacto direto do chão, paredes ou até mesmo da cobertura com o solo.

O arrefecimento indireto consiste na passagem do ar exterior por tubos enterrados no solo a 1 a 3 metros de profundidade, que pelo facto do solo estar a temperatura menor, vai diminuir a temperatura do ar que é posteriormente injetado no interior do edifício.

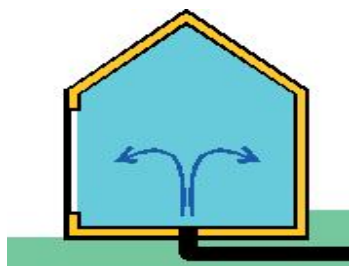


Figura 31: Arrefecimento pelo solo
Fonte: Gonçalves e Graça, 2004

O arrefecimento pode também ocorrer por evaporação direta, que acontece quando são colocadas superfícies com água junto das entradas de ar do edifício, com o aumento de temperatura irá ocorrer

evaporação e conseqüente arrefecimento do ar que entra no edifício. Esta técnica pode também ser aplicada por colocação de vegetação que provoca evapotranspiração ou por aspersão de água junto do edifício, diminuindo a temperatura do ar no exterior e por conseqüência do ar que entra no edifício. Esse arrefecimento pode ser indireto no caso do arrefecimento ser apenas por evaporação nas superfícies exteriores e não diretamente por aumento do vapor de água no ar interior (Gonçalves e Graça, 2004).

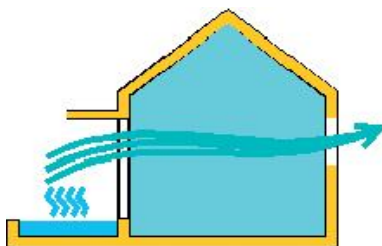


Figura 32: Arrefecimento evaporativo
Fonte: Gonçalves e Graça, 2004

Por último, os sistemas de arrefecimento radiativo permitem a libertação de calor através das coberturas dos edifícios nas horas em que não haja tanta radiação solar, em especial no período noturno. Estes sistemas são mais eficientes para coberturas planas, no entanto estas têm geralmente um isolamento térmico para diminuir as perdas de energia no inverno e os ganhos no verão, o que pode dificultar o arrefecimento radiativo, este problema pode ser resolvido com a colocação de isolamento térmico móvel que possa ser retirado no verão no período noturno para promover a diminuição da temperatura no interior do edifício (Gonçalves e Graça, 2004).

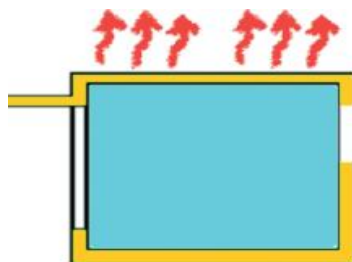


Figura 33: Arrefecimento radiativo
Fonte: Gonçalves e Graça, 2004

Todos os sistemas acima descritos, podem de forma passiva, aproveitar as condições locais sem recorrer ao consumo de energia, contribuindo para a diminuição das necessidades energéticas quer de aquecimento quer de arrefecimento e aumentar o conforto para os seus utilizadores, justificando a sua escolha como 16ª diretriz.

Diretriz 16: Sistemas solares passivos em edifícios

Como indicador foi escolhida a % de edifícios com sistemas solares passivos. Recomendando-se como tendencialmente sustentável, por questões de razoabilidade, o valor de pelo menos 50% do total dos edifícios existentes.

5.4 Reabilitação dos edifícios

A construção é um dos setores mais relevantes em termos energéticos, representando um custo anual mundial de 3000 bilhões de dólares e um décimo da economia global (Leitman, 1991). Um sexto dos recursos mundiais são gastos no setor da construção (Bitan, 1992).

Estima-se que 75 a 85% dos edifícios que existirão nas áreas urbanas em 2030 existem já nos dias de hoje. Estudos internacionais referem que nos próximos 30 anos é espectável que 139 bilhões de metros quadrados necessitem de renovação. Por isso se focarmos a tecnologia simplesmente em edifícios novos, não nos levará à redução de consumos energéticos necessários a nível mundial. Torna-se assim claro que os edifícios existentes representam uma enorme oportunidade de redução dos consumos de energia primária (Gordon, 2009).

A reabilitação de edifícios desempenha um importante papel ao nível da redução energética já que permite poupar matérias primas e recursos energéticos decorrentes do aproveitamento do edificado e da infraestrutura já existente, resultando numa maior eficiência energética.

O recurso à reabilitação permite também a melhoria da qualidade ambiental, já que os edifícios abandonados provocam muitas vezes situações desfavoráveis em termos de saúde pública, inclusive pela degradação se alastrar aos prédios vizinhos, pondo até em causa a estabilidade da sua estrutura.

Outra vantagem consiste na revitalização de bairros desertificados de zonas centrais das cidades, impedindo a expansão urbana e conseqüente aumento da percentagem de solo construído e promovendo a reocupação dos fogos devolutos e a compactação da cidade consolidada. Para além das razões apresentadas, são claras as vantagens económicas ao enveredar pela reabilitação em detrimento da construção nova, quer diretas pela redução de custos em termos de matérias primas e recursos energéticos, quer indiretas decorrentes da revitalização de zonas abandonadas, que trazem emprego, comércio e serviços, melhorando a economia local.

Em termos sociais a recuperação e manutenção de infraestruturas, edifícios e de importantes pontos

culturais e históricos, resultam na melhoria da imagem da cidade, incentivando ao usufruto da cidade, à sociabilização e a uma melhoria da qualidade de vida em geral.

No entanto os dados no gráfico do Euroconstruct, que consiste numa rede de 19 institutos de investigação do setor da construção (Figura 34) demonstram que, comparativamente a outros países da União Europeia, Portugal é o país com menor percentagem de reabilitação no setor da construção, incentivando e favorecendo construção nova em detrimento da reabilitação. Apesar do declínio sofrido nos últimos anos no setor da construção, Portugal continuava em 2004, a apresentar um valor bastante elevado de construção nova, correspondente a 90,5%, muito superior à média Europeia de 52,5% (Figura 35).

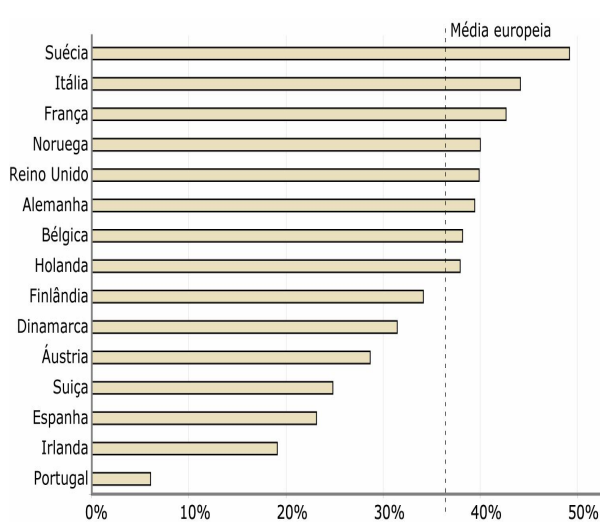


Figura 34: Segmento da reabilitação no setor da construção em 2002. Enquadramento internacional.

Fonte: Euroconstruct in Pinho e Aguiar, 2005.

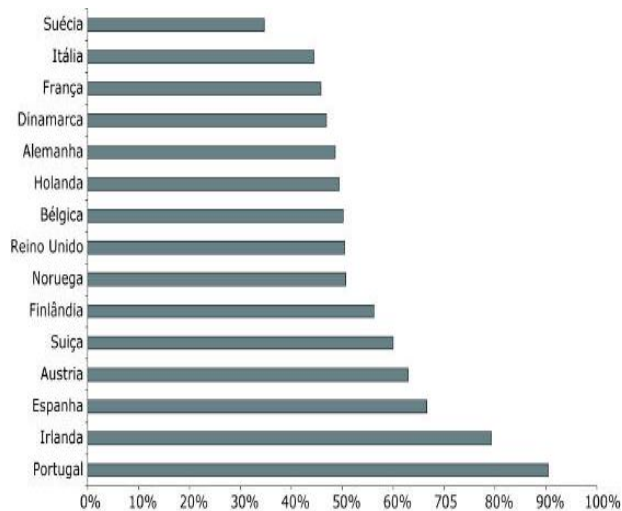


Figura 35: Peso da construção nova no setor da construção de edifícios em 2004. Enquadramento internacional.

Fonte: Euroconstruct in Pinho e Aguiar, 2005.

Entre 1970 e 2000, em 16 capitais de distrito portuguesas, verificou-se uma duplicação do número de alojamentos sem correspondência com idêntica dinâmica demográfica, sendo que apenas 71% dos fogos eram (em 2001) ocupados por famílias residentes. A percentagem de alojamentos com “ocupação ausente” e os fogos com “uso sazonal” e “vagos” triplicou, sendo que desses se verificou uma tendência não só exclusivamente nas zonas antigas mas também nas zonas “novas” e suburbanas das cidades analisadas (Pinho e Aguiar, 2005).

Este cenário pode ser explicado pelo facto de que durante o período entre 1990 e 1999 foram reduzidos os fundos provenientes do Estado destinados à reabilitação e ainda porque os fundos do programa RECRIA destinado à reabilitação não foram utilizados na sua totalidade (Figura 36).

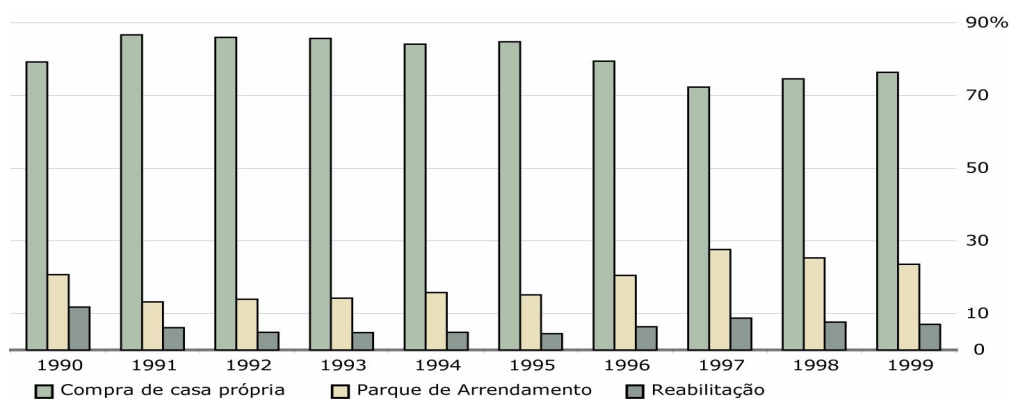


Figura 36: Apoio do Estado ao setor da habitação entre 1990 e 1999: compra de casa própria, parque de arrendamento e reabilitação.
 Fonte: Secretaria de Estado da Habitação in Pinho e Aguiar, 2005.

Em Portugal a tradição de compra de casa própria, tem sido incentivada pelo Estado, representando 8% do PIB em 2002, ao contrário das médias europeias em que esse valor era de 2% no mesmo período e o investimento em habitação própria era 3 vezes menor (Figura 37). Esses valores na prática traduzem-se na compra de casas novas, já que entre 1996 e 2001, foram gastos 5 mil milhões de euros em apoios para a compra de casa própria e apenas 160 milhões foram destinados à reabilitação. Em 2003 esta tendência manteve-se, destinando-se o valor de 456 milhões de euros para operações de crédito bonificado e apenas 30 milhões de euros foram aplicados na recuperação de imóveis (Pinho e Aguiar, 2005).

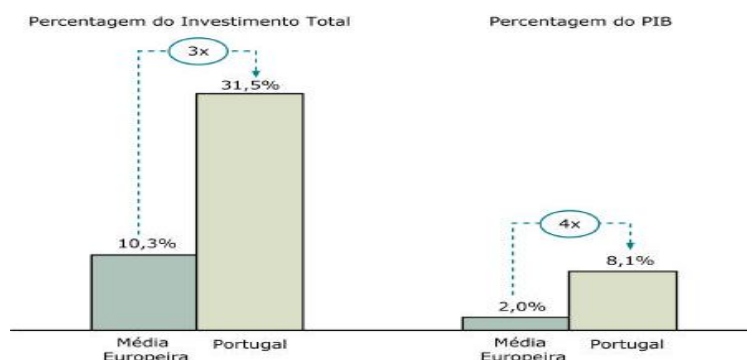


Figura 37: Investimento em habitação no ano de 2002 (%).
 Fonte: Aecops in Pinho e Aguiar, 2005

Da análise dos dados até aqui apresentados não é de surpreender o facto de que 44% da construção

é posterior a 1981, sendo Portugal um dos países europeus com o valor mais elevado de alojamentos mais recentes em comparação com a média europeia de 23%.

Portugal é assim, dos países europeus com maior taxa de construção habitacional nova e fogos de segunda habitação.

Só em Lisboa existem atualmente 55 000 edifícios, que representam 290 000 alojamentos, destes 42 379 alojamentos estão em ruína e mau estado, representando uma percentagem de 14,6% e 11 702 estão devolutos, representando 4% do total de alojamentos (Tabela 5).

	Edifícios	Alojamentos
Em ruína e mau estado	7 085	42 379
Devolutos	4 681	11 702
Anteriores a 1951	22 389	56 883
Posteriores a 1951	32 611	233 117
Com estrutura calculada a sismos	7 033	49 231
Total	55 000	290 000

Tabela 5: Caracterização do edificado em Lisboa em 2011

Fonte: CML, 2011 b

É por isso necessário avaliar o cenário atual da reabilitação para que possam ser tomadas medidas de incentivo aos privados, começando por ser dado apoio por parte do estado e dos municípios em termos de avaliação, inspeção, obras de reabilitação e monitorização do estado do edificado. Uma inversão na evolução atual da taxa de reabilitação é mais uma oportunidade de tornar o edificado mais eficiente, poupando recursos materiais e económicos, fazendo mais com menos. É neste contexto que é escolhida a 17ª diretriz, como forma de redução dos consumos energéticos e de melhoria da eficiência.

Diretriz 17: Reabilitação de edifícios

Como indicador foi escolhida a percentagem de edifícios reabilitados, tendo por valor recomendado, por uma questão de razoabilidade, que pelo menos 50% dos edifícios existentes estejam reabilitados.

5.5 Edifícios e pavimentos de cor clara

O fenómeno das ilhas de calor urbano, tal como foi abordado anteriormente, é um fenómeno microclimático de aumento de temperatura nas zonas urbanas, causado pelos efeitos da poluição do ar, redução das áreas verdes, aumento de fontes de calor artificial, diminuição da perda de radiação infravermelha e utilização de materiais com baixa refletividade.

O albedo é a fração de energia refletida em relação à energia incidente, quando o sol atinge uma superfície opaca e traduz a sua capacidade para refletir a radiação visível. Quanto maior o albedo, maior é a refletividade, o que aplicado aos edifícios e pavimentos, implica que menor energia solar será absorvida e conseqüentemente menor será a temperatura dessa superfície. Como tal, superfícies com albedo elevado podem contribuir para a mitigação do fenómeno das ilhas de calor urbano, já que ao diminuir a temperatura das superfícies, diminui a temperatura do ar envolvente e a concentração de ozono.

No caso de edifícios com o telhado de cor escura, o albedo será baixo, e por isso quando houver incidência solar, a temperatura do telhado será elevada, o que irá aumentar a temperatura no interior do edifício e conseqüentemente as necessidades energéticas para o arrefecimento.

No caso dos pavimentos, estima-se que as ruas, passeios e estacionamento ocupem 29 a 39% da superfície das áreas urbanas (www.epa.gov/heatisland), e por isso, dependendo das suas características, podem contribuir de uma forma geral para o aumento ou diminuição da temperatura do ar. Em conjunto, os telhados e pavimentos, representam assim grandes oportunidades de aumento do albedo, diminuição do efeito das ilhas de calor urbano e conseqüentemente das necessidades energéticas.

A pintura de superfícies de cor clara aumenta o efeito de albedo dos edifícios através do seu 'branqueamento', já que reflete a maior parte da radiação solar, reduzindo os ganhos solares. Se o aumento do albedo for aplicado a grandes áreas da cidade, através da pintura de cores claras ou da junção de areia nos materiais de pavimentação, vai reduzir a absorção de radiação, reduzindo assim a temperatura do ar.

A maior parte dos materiais com albedo elevado são de cores claras, no entanto algumas superfícies com elevada refletividade para radiação infravermelha mas com alguma absorção de radiação visível, poderão apresentar cores escuras, embora tenham albedos elevados (Berdahl and Bretz,

1997). Superfícies com elevado albedo podem ser conseguidas através da pintura com uma cor clara ou da escolha de materiais e design que aumentem a sua refletividade, o que pode ser aplicado no fabrico desses materiais ou em superfícies já existentes, em telhados ou pavimentos, e são designadas por *cool surfaces*.

De acordo com os dados da simulação computacional levada a cabo na cidade de Sacramento, Califórnia, a temperatura pode descer 1 a 4 graus Celsius pelo aumento de 25 a 40% do albedo geral da cidade (Taha *et al.*, 1988).

A pintura clara de um edifício residencial, em que o albedo pode variar de 9 a 70%, pode reduzir o pico da necessidade de arrefecimento em 14% e a energia anual necessária para arrefecimento em 19% (Taha *et al.*, 1988). Os efeitos combinados da alteração do albedo urbano e dos edifícios pode resultar em poupanças de 62% anuais para arrefecimento e 35% no pico de arrefecimento.

No caso dos pavimentos, estudos realizados na Universidade de Arizona, indicaram que o betão betuminoso preto atinge temperaturas muito mais altas do que o betão de cimento, sendo que durante o dia absorve o calor e durante a noite liberta-o muito lentamente o que faz aumentar a temperatura do ar diurna e noturna. Como tal é importante ter em conta algumas medidas na constituição dos pavimentos (www.gilbertaz.gov) e que permitam aumentar a sua refletividade nomeadamente através da utilização de:

- betão compacto;
- betão por cima de asfalto (com cobertura branca e com cobertura ultra fina branca);
- inertes de cores claras incorporados no asfalto;
- asfalto, betão e paralelepípedos com cores modificadas;
- pavimentos porosos e com composição granulométrica larga, que permita a passagem de ar e água, facilitando o arrefecimento através da circulação do ar e da evaporação;
- tijolo, pedra, paralelepípedos, pavimento de betão com relva, betão com gravilha ou alternar uma rede de polietileno de alta densidade que sirva de rede para relva e gravilha.

Akbari estimou que, com a implementação de superfícies e edifícios de cor clara para a cidade de Sacramento, o albedo urbano poderia ser aumentado em 20 a 30%, através da pintura com cores claras dos telhados (15 a 40%) e das ruas (14 a 30%) (Akbari *et al.*, 1987).

Os benefícios diretos da pintura dos telhados com cores claras e albedo elevado resultam na diminuição da energia absorvida e conseqüentemente menor temperatura, não havendo necessidade de recorrer a equipamentos de ar condicionado, poupando assim energia e recursos financeiros. Também existem benefícios indiretos da aplicação de superfícies com elevado albedo. Taha estimou os efeitos dessa aplicação para Los Angeles Basin, onde 50% da área urbanizada é composta por telhados e pavimentos, os resultados indicaram uma redução até 2°C em agosto às 15 horas, o que resultaria numa diminuição da energia necessária para arrefecimento dos edifícios, representando, só em L.A., poupanças anuais de 21 milhões de dólares. Taha verificou ainda efeitos da diminuição geral da temperatura na concentração de *smog* e constatou que a redução poderia ser de 10 a 20% (Rosenfeld *et al.*, 1998).

A variação de temperaturas ao longo do dia provoca a expansão e contração dos materiais, essa variação será menor nos telhados de cores claras, assim como a absorção de radiação ultravioleta o que irá contribuir para aumentar o período de vida útil em relação a telhados do mesmo material mas de cor escura (Akbari *et al.*, 2001).

Os pavimentos designados por *cool pavements* são geralmente porosos para permitir a passagem do ar, o que trás vantagens acrescidas em termos de permeabilidade do solo, já que a água pode passar entre esses espaços e infiltrar-se no solo, evitando a necessidade de bacias de retenção de água das chuvas, e como a água não fica retida à superfície tornam-se também mais seguros em termos de travagem para os veículos e em termos de ruído já que não causam tanto ruído à passagem dos veículos. Também na iluminação das ruas poderá haver redução de consumos, visto que a cor do pavimento é tida em conta na projeção das necessidades de iluminação de ruas e devido às suas características refletivas os *cool pavement* potenciam a iluminação entre 10 a 30% (www.epa.gov/heatisland).

Embora estas medidas sejam de fácil aplicação e com um período de retorno relativamente curto, tendo em conta a poupança em termos energéticos, a sua implementação pode ser difícil devido à falta de aceitação por parte dos moradores e arquitetos de medidas restritivas em termos de pintura. Outra possível desvantagem advém do aumento generalizado de telhados e pavimentos de cor clara poderem causar o desconforto visual e até acidentes de tráfego devido ao encandeamento. As cores claras têm ainda necessidades de manutenção acrescidas, quer por lavagem ou pintura regular, o que irá aumentar os custos de operação (Akbari *et al.*, 2001).

Por último esta medida pode não ser tão vantajosa em determinadas regiões, já que o efeito refletor da pintura com cores claras, teria vantagens no verão mas provavelmente levaria a necessidades acrescidas de aquecimento no inverno. O balanço das vantagens e desvantagens terá que ser feito caso a caso, de qualquer forma, na maior parte dos casos, esta medida é vantajosa pois impede a absorção de radiação nos períodos mais longos que se verificam no verão e mesmo que tenha menor absorção de calor no período de inverno, quando este é necessário, essa não será tão significativa já que os dias de inverno são também mais curtos e por isso o período e ângulo de incidência solar são também menores.

A avaliação do potencial de reflexão de um material pode ser calculado através do conceito de *solar reflectance index* (SRI), que inclui a reflectância solar e a emitância térmica, representando assim a temperatura que um material, exposto à radiação solar, pode atingir. Basicamente é feita a relação entre a temperatura máxima que a superfície pode atingir comparativamente com uma superfície standard preta e uma branca. Este valor vai de 0 a 100, sendo que 0 significa que a superfície será tão quente quanto a superfície preta e 100 para uma superfície com temperaturas semelhantes às da superfície branca e pode ser calculado através da seguinte fórmula:

$$SRI = \frac{(T_{black} - T_{surface})}{(T_{black} - T_{white})} \times 100$$

Este valor é utilizado na obtenção da certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design qualification*), que é uma certificação voluntária para edifícios verdes, e onde entre outros parâmetros é exigido um SRI para o pavimento de pelo menos 29 (LEED, 2005).

Nos Estados Unidos, a EPA (Environmental Protection Agency) desenvolveu um programa de redução das ilhas de calor urbano, o qual está acessível através da internet, onde se encontra informação sobre as causas, efeitos e estratégias de mitigação (www.epa.gov/heatisland). É também possível aceder a uma ferramenta de simulação, a MIST (*Mitigation Impact Screening Tool*) onde se pode escolher o Estado e a cidade dos Estados Unidos, a partir da qual é simulada uma estratégia de mitigação à escolha do utilizador. Entre as hipóteses existentes pode escolher-se o nível de alteração do albedo, numa escala entre -0,5 a 0,5 e é dada resposta acerca dos efeitos dessa alteração, quer em termos de poupança energética para edifícios antigos e novos (anteriores e posteriores a 1980, respetivamente) e a alteração esperada nos níveis de ozono.

Em Portugal, apesar de não existirem ferramentas tão desenvolvidas para a avaliação dos efeitos de alteração do albedo, as tradições ancestrais da pintura de casas e coberturas de cor branca, comprovam a importância da escolha da 18ª diretriz:

Diretriz 18: Edifícios e pavimento de cor clara

Esta diretriz será analisada através do *Solar Reflectance Index* (SRI) do pavimento e telhados e da percentagem de edifícios e pavimento de cor clara. Tendo por valores recomendados um SRI para pavimento e telhados de pelo menos 29 (LEED, 2005) e ainda se assumiu, por uma questão de razoabilidade, que pelo menos 50% dos edifícios e pavimento sejam de cor clara. Os indicadores relacionados com o pavimento serão avaliados no domínio do urbanismo.

Em seguida, no quadro 11, apresenta-se a síntese das diretrizes e indicadores encontrados neste capítulo e que diz respeito ao domínio do Edificado.

Quadro 11: Síntese das Diretrizes e indicadores para Comunidades Eficientes em Energia considerando o domínio “Edificado”

Domínio	Diretrizes	Indicadores de Sustentabilidade	Valores recomendados
Edificado	Arquitetura bioclimática	Orientação solar dos edifícios (N-S); Transmitância térmica das paredes exteriores e coberturas; % edifícios detentores de características de arquitetura bioclimática (%) Telhados/ paredes verdes (%)	- 50% dos edifícios têm orientação solar N-S; - transmitância térmica (U) de paredes e telhados menor ou igual a 2,20; - 50% dos edifícios são detentores de pelo menos 2 características de arquitetura bioclimática - 30% de telhados/paredes verdes
	Sistemas solares passivos	% edifícios detentores de sistemas solares passivos (%)	- 50% dos edifícios são detentores de sistemas solares passivos (%)
	Reabilitação de edifícios	Edifícios reabilitados (%)	50% do total dos edifícios existentes estão reabilitados;
	Edifícios e pavimento de cor clara	<i>Solar reflectance index</i> (SRI) dos telhados e pavimentos* Edifícios de cor clara (%) Pavimentos de cor clara (%)*	- SRI (pavimento* e telhados) maior ou igual a 29 - 50% edifícios de cor clara (%) - 50% pavimentos de cor clara (%)*

* Indicador a ser desenvolvido noutra domínio

6. Modelo de Avaliação da Eficiência Energética de Comunidades

O estudo aqui apresentado salienta a importância do conceito de comunidade sustentável a nível energético seguindo uma abordagem passiva de poupança de energia.

Embora não exista ainda nenhum diploma legal que defina variáveis específicas de avaliação desse conceito, têm surgido recentemente vários estudos que têm trabalhado nesse sentido. A presente dissertação surge assim numa tentativa de estabelecer os requisitos que permitem avaliar a sustentabilidade energética de uma comunidade, baseada em diversos estudos publicados e exemplos práticos que levem a uma diminuição da dependência energética.

A elaboração do modelo de avaliação da eficiência energética de comunidades aqui apresentado, passou por várias etapas. A primeira consistiu na análise de bibliografia relevante acerca do conceito de comunidade sustentável a nível energético, donde se partiu para a definição dos domínios, diretrizes e indicadores relevantes para a sua avaliação.

Assim sendo resultaram deste estudo três principais domínios: urbanismo, mobilidade e transportes e por último o edificado, a partir desses encontraram-se diretrizes (Quadro 12), dentro das quais por sua vez foram avaliados indicadores relevantes (Quadros 14, 15 e 16).

Quadro 12: Diretrizes propostas para cada domínio

Domínio	Diretriz
Urbanismo	Espaços urbanos compactos
	Espaços urbanos multifuncionais
	Urbanização de Tráfego Orientado
	Desenho urbano e edificado eficiente
	Estrutura Ecológica Urbana
	Espaços urbanos criativos e inteligentes
	Reabilitação Urbana
Mobilidade e Transportes	Transportes Interurbanos ferroviários (comboio convencional)
	Rede de transporte coletivo ferroviário de qualidade em cidades e/ou redes de cidades com mais de 300 000 habitantes
	Rede Urbana de Transporte coletivo rodoviário de qualidade
	Intermodalidade entre modos de transporte
	Gestão de Procura de Tráfego
	Rede ciclável de qualidade
	Rede pedonal de qualidade
Edificado	Arquitetura bioclimática
	Sistemas solares passivos
	Reabilitação de edifícios
	Edifícios e pavimento de cor clara

A cada domínio correspondem diferentes diretrizes, a cada uma das quais por sua vez correspondem indicadores próprios, que deverão ser avaliados de forma distinta, como por exemplo o indicador SRI é avaliado de forma diferente em relação à percentagem de edifícios de cor clara, pelo que essas mesmas variações deverão estar traduzidas no cálculo do índice de conformidade consoante o domínio, diretriz ou indicador a que se referem.

A classificação dos respetivos índices de cada diretriz foi obtida através da equação [1], onde se adotaram iguais pesos a todos os indicadores, considerando que todos contribuem de igual forma para a avaliação do índice de conformidade de cada diretriz.

$$Y_d = \sum p_{id} * v_{id} \quad [1]$$

Onde:

Y_d – Índice associado a uma diretriz d;

p_{id} - peso do indicador i referente à diretriz d

v_{id} – valor normalizado do indicador i referente à diretriz d

i - índice dos indicadores relativos ao universo em análise

d - índice da diretriz relativa ao universo em análise

Por sua vez os pesos dos indicadores foram calculados de acordo com a equação [2].

$$p_{id} = 1 / n_d \quad [2]$$

onde:

p_{id} - peso do indicador i referente à diretriz d

n_d - número de indicadores relativos à diretriz d

A partir da classificação das diretrizes encontradas foi possível calcular os índices associados a cada domínio, segundo a equação [3].

$$X_D = \sum p_{dD} * v_{dD} \quad [3]$$

Onde:

X_D – Índice associado a um domínio D;

p_{dD} - peso da diretriz d referente ao domínio D

v_{dD} – valor normalizado da diretriz d referente ao domínio D

d - índice da diretriz relativa ao universo em análise

D - índice do domínio relativo ao universo em análise

Por sua vez os pesos das diretrizes foram calculados de acordo com a equação [4].

$$p_{dD} = 1/n_D \quad [4]$$

onde:

p_{dD} - peso da diretriz d referente ao domínio D

n_D - número de diretrizes relativas ao domínio D

Assim através da aplicação da Equação [5], que consiste numa combinação linear pesada (Malczewski, 1999), foi possível sintetizar num único valor a performance da solução ao nível dos três domínios considerados relevantes na avaliação da eficiência energética de comunidades (AEEC).

$$AEEC = w_1 * \Sigma PU_j + w_2 * \Sigma PM_k + w_3 * \Sigma PE_l \quad [5]$$

Onde:

AEEC – Avaliação da eficiência energética de comunidades

w_1, w_2, w_3 – peso dos indicadores associados ao Urbanismo, Mobilidade e Transportes e ao Edificado

PU_j – Indicadores associados ao Urbanismo;

PM_k – Indicadores associados à Mobilidade e Transportes;

PE_l – Indicadores associados ao Edificado;

Nota: $w_1, w_2, w_3 = 1/n$, com n – número de domínios

Desta forma considera-se que todos os domínios têm igual peso na nota de avaliação da eficiência energética de comunidades, o que permite manter essa relação mesmo em casos em que algum domínio não seja aplicável a uma determinada comunidade devido às suas características específicas. A avaliação continua assim a poder ser estabelecida através da aplicação da mesma fórmula, já que o número de domínios (n) é ajustado a cada situação.

Finalmente, em função da AEEC obtida e através do Quadro 13 é possível classificar o desempenho da comunidade em estudo, quanto à sua sustentabilidade energética.

Quadro 13: Avaliação da eficiência energética da comunidade em estudo a partir da AEEC

Valor da AEEC	Classificação do desempenho
[0; 0,13[Medíocre
[0,13; 0,25[Insatisfatório
[0,25; 0,50[Médio
[0,50; 0,75[Ligeiramente superior
[0,75; 0,88[Superior
[0,88; 1]	Excelente

Fonte: Elaboração Própria

O valor normalizado para cada um dos indicadores resulta da avaliação entre 0 e 1, onde 0 significa que o caso de estudo não cumpre os requisitos estabelecidos para determinado indicador e 1 como cumprindo, de acordo com os quadros abaixo.

Quadro 14: Classificação dos indicadores de sustentabilidade energética no domínio “Urbanismo”

Diretriz	Indicadores	Classificação 1	Classificação 0
Espaços urbanos compactos	Densidade populacional	[120, 300] hab/ha	[0;120[ou]300; ∞] hab/ha
Espaços urbanos multifuncionais	Usos mistos urbanos Rede de equipamentos públicos e privados de utilização coletiva	≥80% dos edifícios residenciais a:	<80% dos edifícios residenciais a:
		100m de espaços de lazer;	100m de espaços de lazer;
		400m de escolas primárias e lojas;	400m de escolas primárias e lojas;
		600m de estações de comboio, jardins principais e centros de saúde;	600m de estações de comboio, jardins principais e centros de saúde;
		1000 m de escolas secundárias.	1000 m de escolas secundárias.
Urbanização de Tráfego Orientado	- % de edifícios que se localiza próximo de redes de transporte coletivos. - Redes de transportes coletivos de qualidade*.	≥ 80% dos edifícios residenciais devem estar a 300 m das paragens de TC	<80% dos edifícios residenciais devem estar a 300 m das paragens de TC
		≥80% dos equipamentos coletivos a 300m das paragens de TC	<80% dos equipamentos coletivos a 300 m das paragens de TC
Desenho urbano e edificado eficiente energeticamente	- Estrutura viária bioclimática; - Densidade de edifícios - Rede de espaços públicos*; - Redes pedonais de qualidade*; - Redes cicláveis de qualidade*; - Estrutura Ecológica Urbana*; - Edifícios eficientes energeticamente*. - Pavimento de cor clara;	Orientação N-S dos arruamentos ≥ 50%;	Orientação N-S dos arruamentos <50%;
		[0,4; 0,6] (altura do edifício/largura da rua)	[0; 0,4[ou]0,6; ∞] (altura do edifício/largura da rua)
		[0,2; 0,4] (área do telhado/área de superfície total)	[0; 0,2[ou]0,4; ∞] (área do telhado/área de superfície total)
		SRI para pavimento ≥ 29;	SRI para pavimento < 29;
		≥50% pavimento de cor clara	<50% pavimento de cor clara
Estrutura Ecológica Urbana	- Estrutura Verde Principal - Estrutura Verde Secundária	≥30 m ² de estrutura verde/hab.	<30 m ² de estrutura verde/hab.
		≥80% dos edifícios residenciais a 200m de espaços verdes;	<80% dos edifícios residenciais a 200m de espaços verdes;
Espaços urbanos criativos e inteligentes	Bairros digitais e inovadores (<i>Innovation Hub</i>)	Existência de <i>iHub</i> ;	Inexistência de <i>iHub</i> ;
		Existência de pólos universitários e/ou centros de investigação;	Inexistência de pólos universitários e/ou centros de investigação;
Reabilitação Urbana	- Reabilitação do edificado; - Reabilitação do espaço público coletivo;	≥ 50% do total dos edifícios existentes estão reabilitados*;	<50% do total dos edifícios existentes estão reabilitados*;
		≥ 50% espaço público reabilitado;	<50% espaço público reabilitado;

* Indicador a ser desenvolvido noutra domínio

Quadro 15: Classificação dos indicadores de sustentabilidade energética no domínio “Mobilidade e Transportes”

Diretrizes	Indicadores	Classificação 1	Classificação 0
Transportes Interurbanos ferroviários (comboio convencional)	Níveis de fiabilidade e regularidade	Fiabilidade $\geq 99\%$	Fiabilidade $< 99\%$
		Regularidade $\geq 95\%$	Regularidade $< 95\%$
Rede de Transporte coletivo Ferroviário de qualidade em cidades e/ou redes de cidades com mais de 300 000 habitantes	<ul style="list-style-type: none"> - Frequência do serviço (intervalos entre passagem(min)); - Velocidades médias comerciais; - Idade média da frota; - Distância interparagem. 	Tempo de espera $\leq 6\text{min}$;	Tempo de espera $> 6\text{min}$;
		Velocidades médias comerciais $\geq 23 \text{ km/h}$;	Velocidades médias comerciais $< 23 \text{ km/h}$;
		Idade média ≤ 10 anos	Idade média > 10 anos
		Distância entre paragens até 700 metros.	Distância entre paragens > 700 metros.
Rede Urbana de Transporte coletivo rodoviário de qualidade	<ul style="list-style-type: none"> - Frequência do serviço (intervalos entre passagem(min)); - Velocidades médias comerciais; - Idade média da frota; - Distância interparagem. 	Tempo de espera $\leq 6\text{min}$;	Tempo de espera $> 6\text{min}$;
		Velocidades médias comerciais $\geq 23 \text{ km/h}$;	Velocidades médias comerciais $< 23 \text{ km/h}$;
		Idade média $\leq 6-7$ anos	Idade média $> 6-7$ anos
		Distância entre paragens até 700 metros.	Distância entre paragens > 700 metros.
Intermodalidade entre modos de transporte	Níveis de interfaces presentes	Níveis de interfaces presentes coerente com as características da área	Níveis de interfaces presentes dissonante das características da área
Gestão de Procura de Tráfego	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemas inteligentes de gestão do tráfego; - Taxação de estacionamento - Acalmia de Tráfego 	Existência de sistemas inteligentes de gestão do tráfego	Inexistência de sistemas inteligentes de gestão do tráfego
		$\geq 70\%$ lugares de estacionamento são taxados.	$< 70\%$ lugares de estacionamento são taxados.
		Existência de medidas de acalmia de tráfego.	Inexistência de medidas de acalmia de tráfego.
Rede ciclável de qualidade	<ul style="list-style-type: none"> - Extensão de ciclovias segregadas em meio urbano; - Equipamentos de apoio ciclável: estacionamento; - Sistema de partilha de bicicletas. 	Existência de percursos cicláveis e/ou pistas cicláveis;	Inexistência de percursos cicláveis nem pistas cicláveis;
		Nº de lugares de estacionamento cicláveis $\geq 5\%$ do total de lugares de estacionamento automóvel;	Nº de lugares de estacionamento cicláveis $< 5\%$ do total de lugares de estacionamento automóvel;
		Existência de sistema de partilha de bicicletas.	Inexistência de sistema de partilha de bicicletas.
Rede pedonal de qualidade	<ul style="list-style-type: none"> - Extensão de arruamentos exclusivamente pedonais; - Extensão de arruamentos com tráfego motorizado condicionado; - Rede pedonal contínua, cómoda, segura e acessível para todos 	$\geq 20\%$ dos arruamentos são exclusivamente pedonais;	$< 20\%$ dos arruamentos são exclusivamente pedonais;
		$\geq 10\%$ dos arruamentos têm tráfego motorizado condicionado;	$< 10\%$ dos arruamentos têm tráfego motorizado condicionado;
		Largura útil dos passeios de $\geq 1,5 \text{ m}$, livre de obstáculos;	Largura útil dos passeios de $< 1,5 \text{ m}$, livre de obstáculos;
		Inclinações longitudinais $\leq 5\%$	Inclinações longitudinais $> 5\%$
		Lancis rebaixados na zona das passadeiras, com inclinações $\leq 8\%$ e pavimento do rampeamento com textura e cor diferenciada do passeio;	Sem rebaixamentos de lancis na zona das passadeiras e pavimento do rampeamento com textura e cor não diferenciada do passeio;

Quadro 16: Classificação dos indicadores de sustentabilidade energética no domínio “Edificado”

Diretrizes	Indicadores	Classificação 1	Classificação 0
Arquitetura bioclimática	<ul style="list-style-type: none"> - Orientação solar dos edifícios (N-S), transmitância da cobertura e paredes exteriores, - N° edifícios com características bioclimáticas, - Telhados/paredes verdes 	≥50% edifícios com orientação solar (N-S),	<50% edifícios com orientação solar (N-S),
		Paredes com $U \leq 2,20$;	Paredes com $U > 2,20$;
		Telhados com $U \leq 2,20$;	Telhados com $U > 2,20$;
		≥50% edifícios com 2 características bioclimáticas	<50% edifícios com 2 características bioclimáticas
		≥30% telhados/ paredes verdes	<30% telhados/ paredes verdes
Sistemas solares passivos	Número de edifícios com sistemas solares passivos	≥50% edifícios com sistemas solares passivos	<50% edifícios com sistemas solares passivos
Reabilitação de edifícios	Percentagem de edifícios reabilitados	≥50% do total de edifícios existentes estão reabilitados	<50% do total de edifícios existentes estão reabilitados
Edifícios de cor clara	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Solar reflectance index (SRI)</i> para telhados - % edifícios de cor clara 	SRI para telhados ≥ 29	SRI para telhados < 29
		≥50% edifícios de cor clara	<50% edifícios de cor clara

7. Caso de Estudo - Baixa Pombalina de Lisboa

7.1 Seleção do caso de estudo e metodologia

A presente dissertação fundamentou teoricamente a seleção das diretrizes e respetivos domínios que contribuem para a caracterização de comunidades como sustentáveis em termos energéticos, numa abordagem passiva. Em seguida, foi proposto um modelo linear a partir do qual podem ser avaliados os indicadores para cada diretriz e permitir, posteriormente, uma avaliação quantitativa do grau de sustentabilidade energética da comunidade em estudo.

Neste capítulo debruçamo-nos acerca da escolha da comunidade em estudo e do trabalho desenvolvido de pesquisa bibliográfica e *in situ* realizado de modo a permitir a sua análise e avaliação.

A escolha de uma comunidade que pudesse servir de caso de estudo e aplicação deste modelo deveu-se, sobretudo, à importância de ser uma comunidade urbana na qual se pudessem analisar os vários domínios abordados na parte teórica. Assim, considerou-se oportuno a seleção de um bairro com carácter central na cidade, que se assumisse como uma zona de serviços e simultaneamente residencial, com várias tipologias de transporte. Também se considerou relevante selecionar um bairro que constituísse uma zona de edificado antigo com oportunidades de reabilitação urbana. Estas permissas embora não fossem obrigatórias para o caso de estudo, no seu conjunto permitiriam enriquecer a sua análise e avaliação.

Assim, a escolha da Baixa Pombalina de Lisboa, como caso de estudo, tornou-se evidente pela consistência da presença de todos os indicadores em análise e pelas características únicas que apresenta, tornando-se ainda um desafio acrescido pelo facto de ser candidata a Património da Humanidade, por parte da Câmara Municipal de Lisboa.

A partir dos indicadores encontrados para cada uma das diretrizes foram procuradas respostas para a sua avaliação através de fontes bibliográficas e digitais, contactos institucionais e visitas à área em estudo para observação, *in situ*, e análise empírica da situação atual.

Na área do urbanismo foram utilizados documentos de referência recentes nesta área como seja o Plano Diretor Municipal, o Plano de Pormenor da Baixa Pombalina ou o Plano de Salvaguarda da Baixa Pombalina, todos disponibilizados no *site* da Câmara Municipal de Lisboa relativo ao urbanismo. Foram também consultados estudos apresentados no âmbito do Lisboa E-Nova, em

particular o estudo "O Potencial de Integração de Sistemas Solares na Baixa Pombalina" (Soares/ENERONE, 2010) e a dissertação intitulada "Análise técnico-económica de diferentes estratégias passivas de eficiência energética em edifícios - Caso de estudo: Edifício Pombalino" (Cúmano, 2009), que também permitiu encontrar respostas a algumas questões técnicas mais específicas acerca do edificado pombalino.

No domínio da mobilidade foram contactadas por *e-mail* empresas de transporte, cito CP, CARRIS, METRO E TRANSTEJO embora sem sucesso, já que não houve resposta por parte das mesmas. Por essa razão os dados utilizados nesta dissertação basearam-se em relatórios elaborados por essas empresas e disponíveis *online*, entre eles relatórios anuais de sustentabilidade. Outra fonte de informação relevante que serviu de base a este trabalho foram mais uma vez documentos elaborados por equipas multidisciplinares da Câmara Municipal de Lisboa, tais como o Programa de Investimento Prioritário em Ações de Reabilitação Urbana (Pereira *et al.*, 2009), Conceito de Circulação para a Frente Tejo entre Santa Apolónia e Cais do Sodré (CML, 2008), Proposta do Plano de Pormenor da Baixa Pombalina (CML, 2009), Estratégia de Reabilitação Urbana de Lisboa, 2011-2024 (CML, 2011 b), Lisboa: o desafio da mobilidade (Coelho e Marques, 2005), Regulamento Revisão do PDM (CML, 2011 a) e ainda o Relatório do Estado do Ordenamento do Território (REOT, 2009).

Alguns *sites* como o da Empresa Pública Municipal de Estacionamento de Lisboa (EMEL), Lisboa ciclável e Junta de Freguesia de São Nicolau foram também consultados para obtenção de informação relevante acerca da zona da Baixa Pombalina.

Relativamente ao edificado para além das obras referidas anteriormente, no caso das superfícies de cor clara recorreu-se a artigos específicos sobre o tema, entre eles "Cool roof Q & A" (Levinson, 2009) do Lawrence Berkeley National Laboratory e "Case study: Natural stone solar reflectance index and the urban heat island effect" (University of Tennessee, 2009).

A zona em estudo, nesta dissertação, foi definida com base na área delimitada pela intervenção do Plano de Pormenor da Baixa Pombalina (PPBP), a qual ocupa um território de 44,4 ha e está inserida nas freguesias de São Nicolau, Santa Justa, Mártires, Madalena, Sacramento, Sé, São Paulo e Encarnação, embora grande parte da área pertença à freguesia de São Nicolau (CML, 2009).

Em termos de localização é delimitada a Norte, pela Rua 1.º de Dezembro, Praça D. João da Câmara, Largo do Regedor, Largo de S. Domingos, Rua Barros Queirós, Rua de D. Duarte e Rua João das Regras; a Nascente, pela Rua do Poço do Borratem, Rua da Madalena, Largo Adelino Amaro da Costa, Rua de S. Mamede, Calçada do Correio Velho, Rua da Padaria e Rua dos

Bacalhoeiros; a Sul, pela Av. Infante D. Henrique e a frente de rio na zona compreendida entre a Praça do Comércio e o quarteirão definido pelas Agências Europeias e a Poente, pelo Largo do Corpo Santo, Travessa do Cotovelo, Rua Vítor Córdon, Largo da Academia Nacional de Belas Artes, Rua Ivens, Calçada Nova de S.Francisco, Rua Nova do Almada, Rua do Crucifixo, Rua do Ouro, Rua do Carmo, Largo do Carmo e Calçada do Carmo (Figura 38) (CML, 2009).



Figura 38: Localização e Limites da área do Plano Pormenor da Baixa Pombalina (à direita, a vermelho)
Fonte: Soares/ENERONE, 2010

7.2 História e caracterização da estrutura urbana e do edificado

A história da Baixa Pombalina remonta ao ano de 1755 quando Lisboa sofreu um terramoto que destruiu a maior parte da cidade, em especial a sua zona central, tendo este acontecimento alterado por completo a evolução urbanística da cidade a partir daí.

Com a devastação dessa zona, foi necessário elaborar um plano de raiz partindo de um desenho de “*grelha ortogonal de módulo retangular – constituída por 9x8 eixos e 58 quarteirões – de que se destacam três praças – Comércio, Rossio e Figueira – ligadas pelos três eixos principais perpendiculares ao rio – Ouro, Augusta e Prata*” (Heitor, 2004).

Este novo plano de urbanismo para a Baixa Pombalina tinha como objetivos resolver os problemas do antigo desenho desordenado da cidade, com características medievais, devolvendo-lhe dinamismo através de uma abordagem mais abrangente (Santos, 2000). Este previa um novo desenho urbano com ruas mais largas, edifícios com altura limitada, ligações entre eixos e praças e a existência de saguões, que tinham por função permitir a ventilação e iluminação naturais e, conseqüentemente, uma maior salubridade dos edifícios e do espaço público (Duarte, 2004).

A construção de edifícios com altura limitada tinha por objetivo manter uma boa relação da altura dos edifícios em relação à largura das ruas (3 pisos de altura e a mesma medida de largura das ruas),

de forma a que se ocorresse novamente um sismo, as ruas não ficassem obstruídas pelos destroços dos edifícios (CML, 2011 a).

Desde a sua reconstrução até aos anos 60 do século XX, a Baixa Pombalina era um centro principal de atividades, com um comércio local vibrante, oferta de emprego variada em termos de comércio e serviços e como área de habitação e lazer, caracterizando-se por um desenvolvimento com usos mistos, próprio das cidades mediterrâneas. A partir da década de 70, com a expansão da cidade para zonas suburbanas e com a consequente deslocalização de comércio e serviços, a Baixa começou a perder vitalidade. A introdução do automóvel em grande escala contribuiu também para o aumento de tráfego generalizado, já que passou a servir como zona de atravessamento para outras zonas da cidade, com consequências nefastas em termos de degradação da qualidade do ar e da qualidade de vida em geral.

Embora o cenário nas últimas décadas não tenha sido favorável à reabilitação urbana, nos últimos anos têm sido feitos esforços por parte do Município de Lisboa para revitalizar a Baixa, traduzidos no Plano de Pormenor da Baixa Pombalina, no Plano de Salvaguarda, ou no Novo Plano de Acessibilidades, entre outros, tendo inclusivamente sido feita recentemente a sua candidatura a Património da Humanidade.

Atualmente, a Baixa Pombalina sofreu algumas alterações em relação às características originais à data da sua reconstrução, embora outras se tenham mantido, importa por isso fazer uma breve caracterização da estrutura urbana e do edificado à data da elaboração desta dissertação.

Em termos de urbanismo o desenho em grelha ortogonal das ruas da Baixa Pombalina, em que os seus eixos estruturantes, na sua maioria, detêm orientação N-S, permite uma maior exposição solar dos arruamentos e possibilita que as ruas funcionem como canais de escoamento ao vento, gozando do efeito de Nortada e das brisas vindas do rio. Constatou-se que esta zona se encontra degradada e desertificada em termos de serviços, comércio e habitação embora, como já foi referido, apresente todas as condições para a revitalização, voltando a ter a vivacidade de centro urbano que outrora já teve.

Praticamente todos os edifícios têm fachadas opostas que dão para pátios interiores ou saguões, favorecendo a ventilação cruzada e permitindo o arrefecimento do interior das habitações nos períodos de maior calor e uma melhor salubridade e qualidade do ar interior (Evangelista, 2008). No entanto, decorrentes de obras de ampliação ilegais, muitos destes saguões desapareceram para dar lugar a construções que retiram esses espaços verdes, impermeabilizam o solo, aumentam o

caudal das águas de escorrência das chuvas, impedem a ventilação natural e a dispersão de poluentes e degradam visualmente todo o tecido urbano. Nos últimos anos, têm sido impedidas essas obras de ampliação e destruição das existentes, devolvendo assim esses importantes espaços.

Os edifícios pombalinos são caracterizados pela construção de alvenaria em pedra e paredes de grande espessura (entre os 0,6 a 0,8m), o que confere uma boa inércia térmica, ao contrário das coberturas que apresentam de um modo geral baixa inercia térmica. Também a estrutura em gaiola pombalina com caixa de escadas no centro do edifício e uma claraboia na cobertura permite que haja iluminação natural na zona das escadas (Evangelista, 2008).

O traçado dos edifícios pombalinos é caracterizado por vãos envidraçados de caixilho de madeira e vidro simples, de maior dimensão nos pisos inferiores, geralmente portadas, e diminuindo para os pisos superiores, apresentando mansardas com janela de peito, o que permite uma boa iluminação natural no interior das habitações (Evangelista, 2008). O uso de portadas interiores de madeira (Figura 39) para sombreamento no período diurno no verão e proteção noturna em relação às perdas térmicas no inverno, pensado no traçado original, tem-se mantido até aos dias de hoje. Embora a madeira tenha boa inercia térmica, o facto das janelas apresentarem vidro simples faz com que haja mais perdas térmicas a partir dos vãos envidraçados, o que se torna mais desfavorável já que a orientação também não é a mais aconselhável.



Figura 39: Interior de habitação pombalina com portadas interiores de madeira
Fonte: Mateus, 2005

7.3 Avaliação da eficiência energética

Em seguida explicita-se em forma de discussão como foram avaliados os vários indicadores analisados no caso de estudo aplicado à área da Baixa Pombalina.

No domínio do urbanismo, a 1ª diretriz encontrada foram os espaços urbanos compactos, avaliados através do indicador da densidade populacional, que no caso da Baixa Pombalina constata-se que é

muito baixa (CML, 2009), cerca de um terço do valor mínimo de referência, o que neste caso não significa um fenómeno de dispersão suburbana com um desenvolvimento de baixa densidade mas antes uma zona urbanizada que se encontra desertificada, tendo capacidade para albergar um número muito superior de habitantes.

A 2ª diretriz encontrada foram os espaços urbanos multifuncionais, avaliados através do indicador de usos mistos urbanos. Neste caso constatou-se que mais de 80% dos edifícios residenciais se encontram a 100 metros de espaços de lazer (equipamentos públicos de utilização coletiva e espaços urbanos de utilização coletiva) (Figura 40).

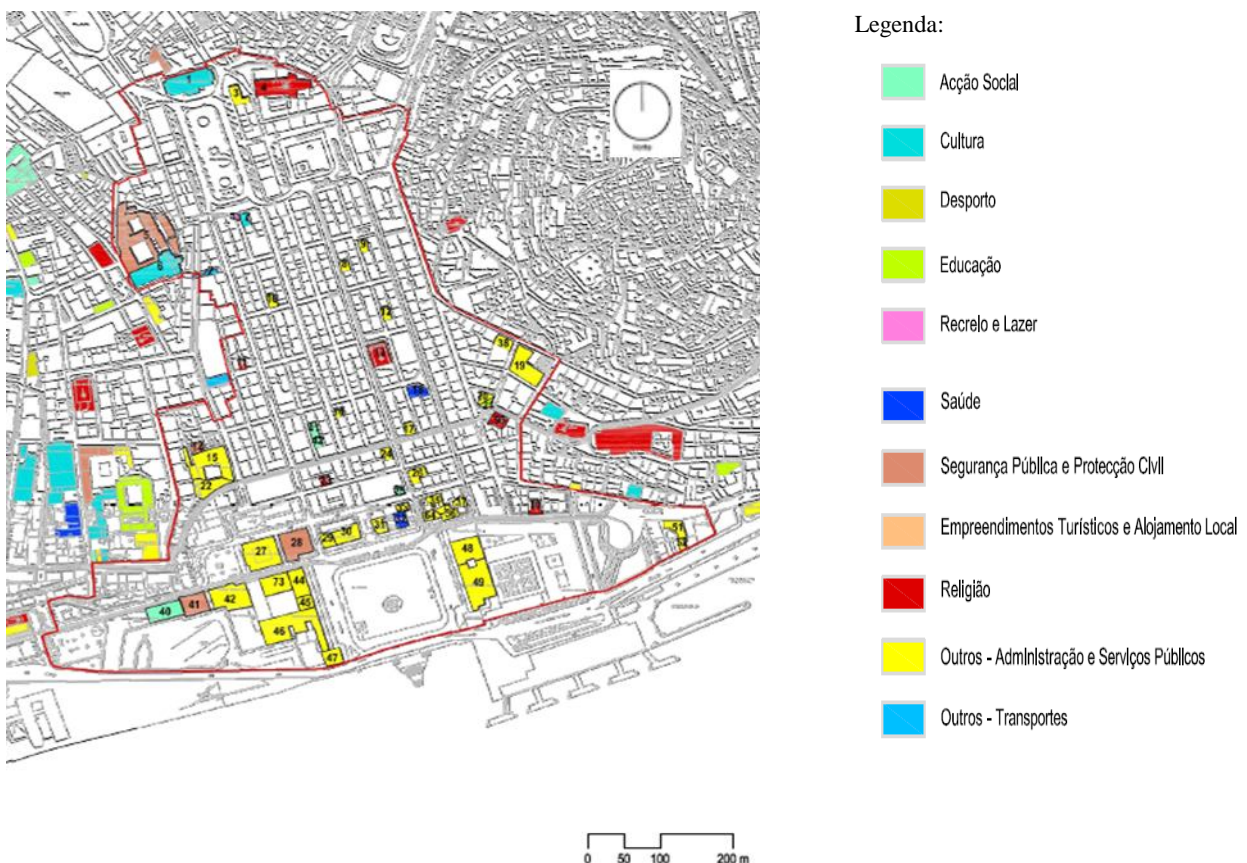
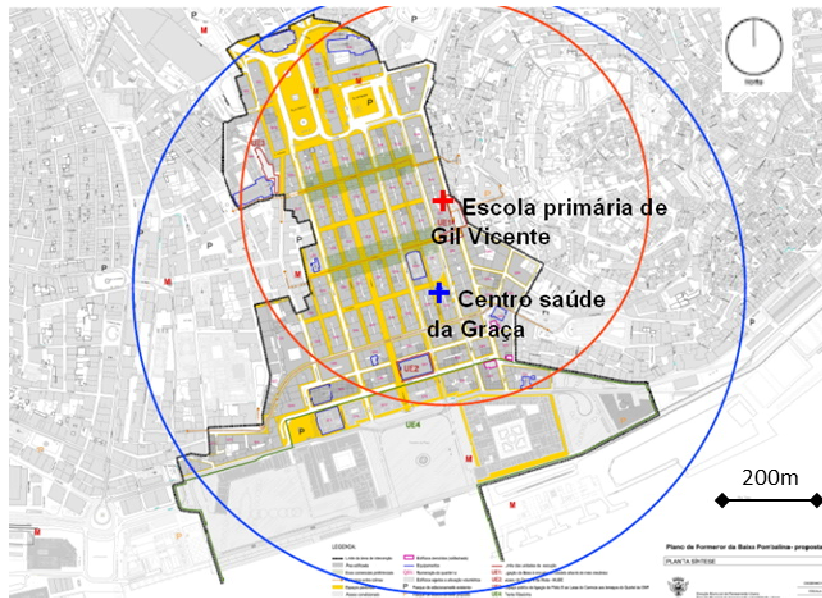


Figura 40: Planta de equipamentos e serviços públicos
Fonte: www.jf-saonicolau.pt

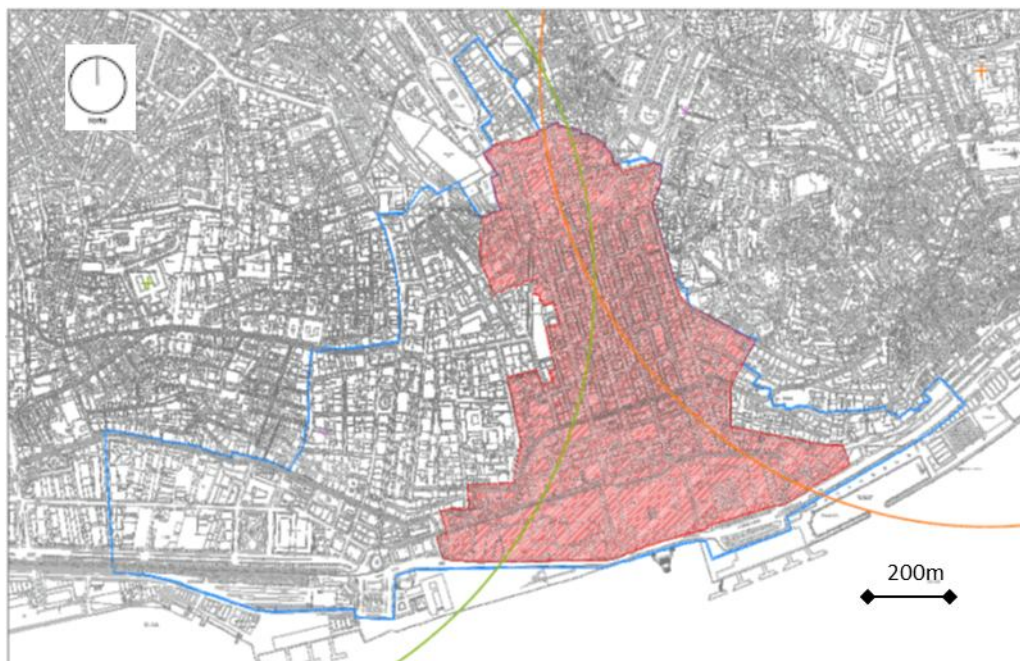
Constata-se ainda que mais de 80% dos edifícios residenciais se encontram a 400 metros da única escola primária (Gil Vicente) (CML, 2009), a 600 metros de estações de comboio e da extensão do centro de saúde da Graça (CML, 2009) (Figura 41), embora não estejam a essa distância de jardins, devido à carência de espaços verdes. Na área em estudo não existe nenhuma escola secundária, porém as mais próximas, a escola secundária Gil Vicente e a Escola Básica e Secundária Passos Manuel encontram-se numa abrangência de 1000 metros (Figura 42). Assumindo-se que mais de

80% dos edifícios residenciais, localizados na área em estudo, estão a cerca de 1000 m de escolas secundárias, já que os espaços localizados fora do buffer considerado detêm maioritariamente funções não residenciais, constituindo o Largo do Terreiro do Paço, Tribunal da Relação de Lisboa, ministérios (vários), igrejas, esquadra PSP e Divisão da Câmara Municipal de Lisboa (Figura 43).



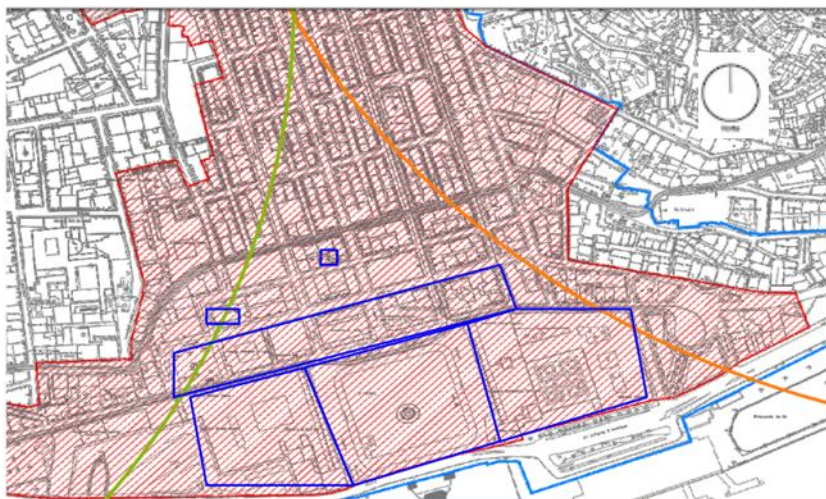
Legenda:
 - - - - - raio de 600m da extensão do centro saúde da Graça
 - - - - - raio de 400m da escola primária de Gil Vicente

Figura 41: Área de abrangência da escola primária e da extensão do centro de saúde
 Fonte: Elaboração própria a partir CML, 2009



Legenda:
 raio de 1000m de:
 - - - - - Escola Secundária Gil Vicente
 - - - - - Escola Básica e Secundária Passos Manuel

Figura 42: Área de abrangência da escola secundária Gil Vicente e da escola básica e secundária Passos Manuel
 Fonte: Elaboração própria a partir de www.cm-lisboa.pt



Legenda:

----- Espaços com usos não residenciais: Largo do Terreiro do Paço, Tribunal da Relação de Lisboa, ministérios, igrejas, esquadra PSP, Divisão da Câmara Municipal de Lisboa

Figura 43: Espaços com usos não residenciais localizados fora do buffer de influência das escolas secundárias
Fonte: Elaboração própria a partir de www.cm-lisboa.pt

Na diretriz “urbanização de tráfego orientado”, os indicadores escolhidos foram a percentagem de edifícios que se localiza próximo de redes de transporte coletivos e redes de transportes coletivos de qualidade, este último será abordado mais à frente no domínio da mobilidade e transportes. Verificou-se que existe uma estação de metro a cada 300 metros, pelo que são atingidos os valores de referência (CML, 2009).

Quanto ao desenho urbano e edificado eficiente, a orientação solar dos arruamentos é na sua maioria Norte-Sul, tal como recomendado na bibliografia, já que permite uma exposição solar mais favorável (Figura 38).

Na análise dos edifícios em si, pela dificuldade na análise dos dados de todos os edifícios existentes na área em questão, foram utilizados dados da dissertação “Análise técnico-económica de diferentes estratégias passivas de eficiência energética em edifícios aplicada a um edifício Pombalino” (Cúmano, 2009), já que o edifício estudado é representativo da maior parte dos edifícios Pombalinos.

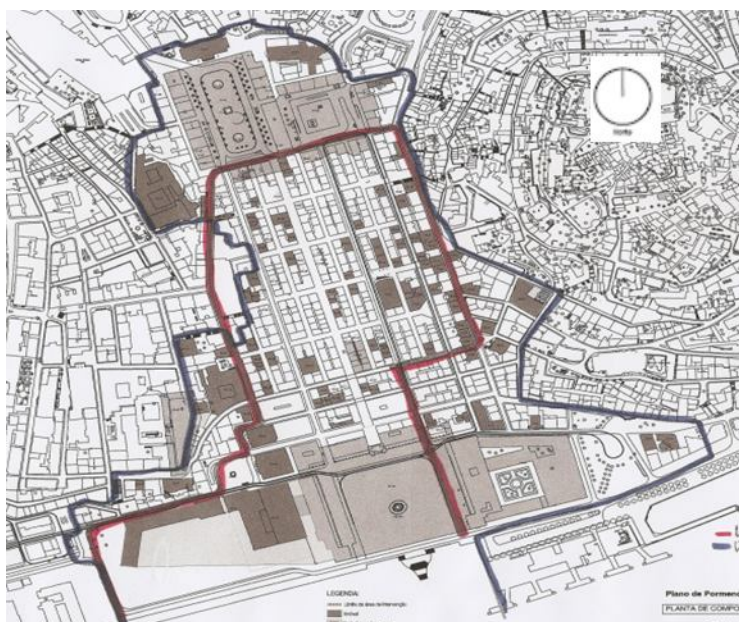
As características originais que remontam à época da reconstrução da Baixa, após o terramoto, definiam uma altura de edifícios de 4 pisos, de forma a que a altura do prédio não fosse superior à largura da via, para impedir que no caso de ocorrer novamente um terramoto, os escombros não obstruíssem a totalidade da via. Ao longo dos anos, estas características foram alteradas, e atualmente 49% dos edifícios apresentam seis pisos (CML, 2009), o que não permite cumprir os valores recomendados em relação à relação altura do telhado/largura da rua. O mesmo acontece com a relação área do telhado/área de superfície total que neste exemplo de edifício pombalino apresenta um valor de 0,14 (Cúmano, 2009).

A área em estudo é caracterizada por conter na sua maioria pavimento em calçada portuguesa (Figura 44), tendo-se considerado, por uma questão de razoabilidade, que corresponde a uma área superior a 50%, já que corresponde a uma grande área pedonal. Note-se que as vias de tráfego não foram consideradas por terem já uma grande heterogenidade de materiais, mesmo que numa só faixa de rodagem. A típica calçada portuguesa de calcário apresenta um valor ótimo de SRI=62 (University of Tennessee, 2009), o que demonstra que as tradições locais muitas vezes são a melhor opção.



Figura 44: Imagens de calçada portuguesa nas ruas da Baixa Pombalina
Fonte: www.ezimut.com e www.joaoleitao.com

No que respeita aos espaços verdes, apresentam-se os dados relativos à Junta de Freguesia de São Nicolau, por toda a área dessa Freguesia estar incluída na Baixa Pombalina, não obstante a área em estudo abranger também outras Freguesias, em pequena dimensão (Figura 45). Desta forma, verifica-se na área em estudo uma enorme carência de espaços verdes, com um valor de Estrutura Verde Principal de 1,2 m²/hab (www.censos2011.ine.pt). Apesar de existirem nas zonas limítrofes alguns espaços verdes como é o caso do terraço do Hotel Lisboa Regency, da Praça do Martim Moniz, do Castelo de São Jorge, do Miradouro de São Pedro ou da Avenida da Liberdade não é abrangido também o indicador de mais 80% dos edifícios residenciais se encontrarem a 200m deste espaços, como se verifica na figura 46 .

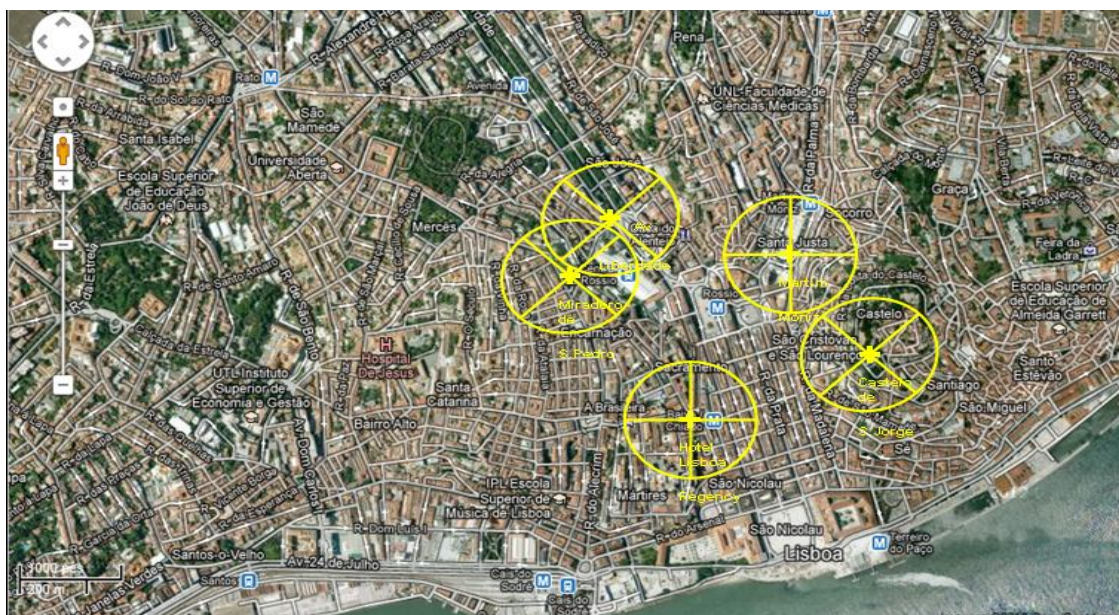


Legenda:

---Limite da área da Junta de Freguesia de São Nicolau

---Limite da área da Baixa Pombalina

Figura 45: Limites da área da Junta de Freguesia de S. Nicolau e da Baixa Pombalina
 Fonte: Elaboração própria a partir de www.cm-lisboa.pt



Legenda:

⊕
 Localização de espaços verdes e o seu raio de influencia a 200m

Figura 46: Localização de espaços verdes nas áreas limítrofes da Baixa Pombalina
 Fonte: Elaboração própria a partir de www.google.pt

Em relação à diretriz espaços urbanos criativos e inteligentes, verifica-se que é uma zona ribeirinha reabilitada, atualmente com uma oferta de comércio e restaurantes e ainda com atividades culturais ao longo de todo o ano. Para além destes fatores a Junta de Freguesia de S. Nicolau disponibiliza uma rede digital de banda larga e alguns locais com computadores de acesso à internet para moradores. Existem nas zonas limítrofes pólos universitários como é o caso da Faculdade de Belas Artes da Universidade de Lisboa, Universidade Aberta, IADE – Instituto de Artes Visuais, Instituto Superior de Comunicação Empresarial, ISPA – Instituto Superior de Psicologia Aplicada, Escola

Superior de Dança de Lisboa, Escola Superior de Música de Lisboa e Escola Superior de Educação Almeida Garrett, no entanto não existem empresas inseridas na economia global pelo que não é conferido o estatuto de *innovation hub*.

Na área da reabilitação urbana os indicadores escolhidos foram a reabilitação do edificado e a reabilitação do espaço público coletivo. A reabilitação do edificado será avaliada no domínio do edificado, pelo que será referida mais à frente. Quanto ao indicador de reabilitação do espaço público coletivo, não existe informação precisa, existe apenas informação de que 14 espaços comuns, infraestruturas e espaços exteriores foram já recuperados (Pereira *et al.*, 2009). Na análise *in situ*, verificou-se que esta zona tem sido alvo de grandes obras de requalificação e reabilitação do espaço público coletivo, como por exemplo a zona do Terreiro do Paço, tendo-se por isso considerado, por uma questão de razoabilidade, que representam mais de 50% da área.

Em face da análise desenvolvida, apresenta-se no Quadro 17 a avaliação dos indicadores alusivos ao domínio "Urbanismo".

Quadro 17: Avaliação dos indicadores de sustentabilidade energética da Baixa Pombalina no domínio “Urbanismo”

Diretriz	Indicadores	Valores recomendados	Nota
Espaços urbanos compactos	Densidade populacional	[120, 300] hab/ha	0
Espaços urbanos multifuncionais	Usos mistos urbanos Rede de equipamentos públicos e privados de utilização coletiva	80% dos edifícios residenciais a: - 100 m de espaços de lazer; - 400 m de escolas primárias e lojas; - 600 m de estações de comboio, jardins principais e centros de saúde; - 1000 m de escolas secundárias.	1
Urbanização de Tráfego Orientado	- % de edifícios que se localiza próximo de redes de transporte coletivos. - Redes de transportes coletivos de qualidade*.	80% dos edifícios residenciais devem estar a 300 m das paragens de transportes coletivos.	1
		80% dos equipamentos coletivos devem estar a 300 m das paragens de TC	1
Desenho urbano e edificado eficiente energeticamente	- Estrutura viária bioclimática; - Densidade de edifícios - Rede de espaços públicos*; - Redes pedonais de qualidade*; - Redes cicláveis de qualidade*; - Estrutura Ecológica Urbana*; - Edifícios eficientes energeticamente*. - Pavimento de cor clara;	Orientação N-S dos arruamentos $\geq 50\%$;	1
		[0,4; 0,6] (altura do edifício/largura da rua)	0
		[0,2; 0,4] (área do telhado/área de superfície total)	0
		SRI para pavimento de pelo menos 29;	1
		50% pavimento de cor clara	1
Estrutura Ecológica Urbana	- Estrutura Verde Principal - Estrutura Verde Secundária	30 m ² de estrutura verde/hab.	0
		80% dos edifícios residenciais devem estar a 200 m de espaços verdes;	0
Espaços urbanos criativos e inteligentes	Bairros digitais e inovadores (<i>Innovation Hub</i>)	Existência de <i>iHub</i> ;	0
		Existência de pólos universitários e/ou centros de investigação;	1
Reabilitação Urbana	- Reabilitação do edificado; - Reabilitação do espaço público coletivo;	50% do total dos edifícios existentes estão reabilitados*;	--
		50% do espaço público está reabilitado;	1

* Indicador a ser desenvolvido noutro domínio

Em relação ao domínio da mobilidade e transportes, a zona da Baixa Pombalina é uma das mais bem servidas em termos de transportes coletivos na cidade de Lisboa, com oferta variada de transporte fluvial, ferroviário e rodoviário.

Quanto ao transporte ferroviário interurbano, constata-se uma fiabilidade de 99% e uma regularidade de 85% (CP, 2008), o que indica que a grande parte dos comboios previstos se realizam, embora com algum atraso, estando o primeiro indicador alusivo a fiabilidade igual ou superior a 99% dentro dos valores de recomendados e o segundo alusivo à regularidade igual ou

superior a 95% fora dos valores aconselháveis.

O metro em particular tem estações a cada 300 metros (CML, 2009), com uma frequência de 5 minutos e velocidade comercial de 27 km/h (REOT, 2009), sendo a idade média da frota de 9,3 anos (Ramos, 2010), estando de acordo com todos os valores de referência estabelecidos.

Em termos de transporte rodoviário a frequência não é tão elevada, apresentando intervalos de 10 a 15 minutos, só na praça do comércio é que atinge um valor de 2 autocarros por minuto e uma velocidade média de 14,5km/h (REOT, 2009; CML, 2009), valores inferiores aos de referência. No entanto as paragens distam 350 metros entre elas e a idade média da frota é de 6,67 anos (Carris, 2010), encontrando-se estes dois últimos indicadores dentro dos valores recomendados.

No indicador níveis de interfaces presentes nas zonas em estudo, devido à Baixa Pombalina se localizar no centro da cidade, faz sentido que não existam interfaces de 1º nível, características de zonas de entrada na cidade, por outro lado constata-se a existência de interfaces de 2º e 3º níveis que se pretende que sirvam zonas centrais das cidades, já que impedem a ligação a redes de TI de 1º nível, evitando o tráfego automóvel e promovendo o uso de TC, que no caso da Baixa responde a um volume de transbordo de 24 000 pax/dia no Terreiro do Paço (CML, 2008; CML, 2011b).

A área em estudo encontra-se bem equipada em termos de estacionamento, existindo atualmente capacidade para 1800 lugares na via pública e 5 mil lugares em parques de estacionamento, estando previsto aumentar esse número para 8 mil lugares de estacionamento (CML, 2008). O estacionamento divide-se em estacionamento na via e estacionamento em parques, sendo na sua totalidade pago (www.emel.pt), salvo exceções de estacionamento na via para uso exclusivo de moradores e pessoas com mobilidade reduzida, pelo que se considerou, por uma questão de razoabilidade, que abrange mais de 70% do número total de estacionamentos (Figuras 47 e 48).



Figura 47: Placa de estacionamento reservado a residentes na Baixa Pombalina
Foto: Susana Pinto



Figura 48: Mapa de distribuição das zonas de estacionamento na Baixa Pombalina
Fonte: www.emel.pt

Na zona da Baixa existem várias medidas de acalmia de táfeço, como a existência de bandas sonoras, zonas de prioridade pedonal em que o pavimento se altera de betão betuminoso para calçada e estrangulamento da via na zona da frente ribeirinha, considerando-se que estas contribuem para a acalmia de tráfego pretendida numa zona mista e como tal está de acordo com as recomendações (Figura 49).

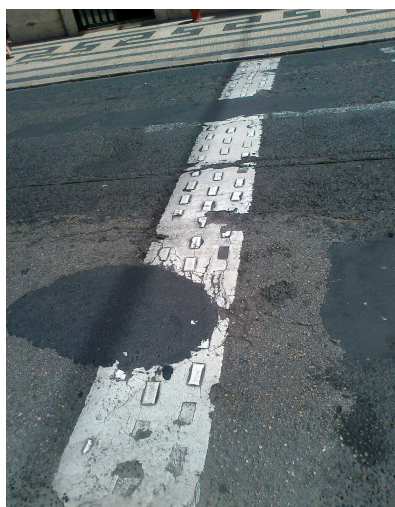


Figura 49: Bandas sonoras na Baixa Pombalina
Foto: Susana Pinto

Ainda no âmbito da mobilidade, mais propriamente na gestão de tráfego motorizado, existe um sistema de gestão de tráfego em Lisboa, o Gertrudes, implementado desde há 20 anos, tendo sido à data uma das cidades pioneiras na implementação deste tipo de sistema. O sistema funciona através de sensores no pavimento, ligados a uma estação central de controlo viário, permitindo ainda ajustar os semáforos de acordo com os transportes coletivos (Coelho e Marques, 2005).

Na Baixa não existem ciclovias segregadas, no entanto como toda a área é plana e uma grande parte pedonal, desde que sejam seguidas as regras de segurança, poderão ser trajetos aptos para o deslocamento ciclável. Na zona limítrofe do Cais do Sodré existem pistas cicláveis e está prevista para os próximos anos a construção de uma ciclovias junto à frente ribeirinha da Baixa, permitindo assim a ligação de toda a frente litoral da cidade de Lisboa, desde Algés até à zona da Expo.

Algumas infraestruturas de apoio a bicicletas estão já instaladas, é o caso de 5 estacionamentos com capacidade para 36 lugares, embora estes estacionamentos estejam instalados em pontos estratégicos da Baixa Pombalina como é o caso das estações de metro ([http:// lisboaciclavel.cm-lisboa.pt](http://lisboaciclavel.cm-lisboa.pt)), promovendo a intermodalidade, ainda não são suficientes para atingir o mínimo recomendado de 5% do total de lugares de estacionamento automóvel nesta zona, o que se traduz em 192 lugares de estacionamento ciclável (Figura 50).

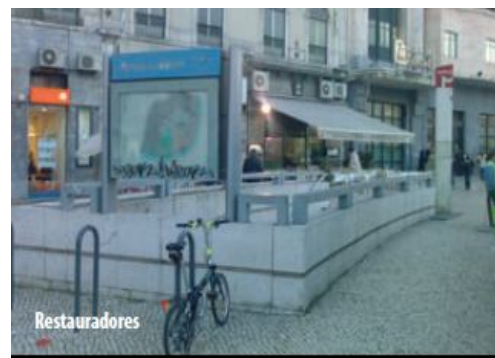


Figura 50: Estacionamento para bicicletas na Praça do Município e nos Restauradores, Baixa Pombalina
Fonte: www.cm-lisboa.pt

Existe um sistema de empréstimo gratuito de bicicletas para moradores na Junta de Freguesia de São Nicolau, um sistema de aluguer de bicicletas alargado a todos os interessados (www.jf-saonicolau.pt) e algumas lojas de aluguer de bicicletas, estando ainda prevista uma rede de bicicletas complementar ao Transporte Coletivo (CML, 2009).

A configuração das ruas, é muito favorável ao deslocamento pedonal já que toda a zona é plana. Entre as 15 principais ruas destacam-se 5 pedonais o que representa uma percentagem de 33%, um valor por si só já bastante elevado, mas que na realidade é ainda superior se contabilizarmos os espaços pedonais em volta das principais vias, como por exemplo o Terreiro do Paço, Cais das Colunas, Praça da Figueira e os acessos da Praça D. Pedro V ao Chiado. Salienta-se ainda o facto de 3 ruas terem tráfego motorizado condicionado, com prioridade aos peões, traduzindo-se numa percentagem de 20% (CML, 2011 c) (Figuras 51 e 52).



Figura 51: Imagem de zonas pedonais na Baixa Pombalina
 Fonte: www.lisbonlux.com



Legenda:

- Espaços pedonais
- Acesso condicionado

Figura 52: Planta da Baixa Pombalina com os espaços pedonais e acesso condicionado
 Fonte: www.cm-lisboa.pt
 Nota: As duas ruas a verde são também pedonais

Quanto às características dos passeios, foi realizado um levantamento *in situ* acerca da largura, declive e rebaixamento, donde se retirou que a maior parte das vias tem inclusivamente uma largura superior à exigida por lei e apenas 2 ruas têm uma largura inferior, um facto que deixa de ser tão relevante já que estas são de trânsito condicionado, pelo que a prioridade será dada aos peões.

Na sua maioria os passeios não são rebaixados na zona das passadeiras, apenas alguns devido ao uso ao longo do tempo, o que por questões de razoabilidade, se considerou que na maior parte os passeios não têm um rebaixamento inferior a 8%. O pavimento dos rampeamentos não tem textura

e cor diferenciada do passeio, considerou-se por isso que não cumprem com os princípios estabelecidos.

As inclinações longitudinais são inferiores a 5% em toda a área. A área em estudo é uma zona plana e tem um número representativo de ruas pedonais longitudinais e perpendiculares que conferem acessibilidade a todas as partes da Baixa Pombalina.

Em face da análise desenvolvida, apresenta-se no Quadro 18 a avaliação dos indicadores alusivos ao domínio “Mobilidade e Transportes”.

Quadro 18: Avaliação dos indicadores de sustentabilidade energética da Baixa Pombalina no domínio “Mobilidade e Transportes”

Diretrizes	Indicadores	Valores recomendados	Nota
Transportes Interurbanos ferroviários (comboio convencional)	Níveis de fiabilidade e regularidade	Fiabilidade 99%	1
		Regularidade 95%	0
Rede de Transporte coletivo Ferroviário de qualidade em cidades e/ou redes de cidades com mais de 300 000 habitantes	- Frequência do serviço (intervalos entre passagem(min)); - Velocidades médias comerciais; - Idade média da frota; - Distância interparagem.	Tempo de espera inferior a 6 minutos;	1
		Velocidades médias comerciais de 23 km/h;	1
		Idade média recomendada 10 anos	1
		Distância entre paragens de 600 a 700 metros.	1
Rede Urbana de Transporte coletivo rodoviário de qualidade	- Frequência do serviço (intervalos entre passagem(min)); - Velocidades médias comerciais; - Idade média da frota; - Distância interparagem.	Tempo de espera inferior a 6 minutos;	0
		Velocidades médias comerciais de 23 km/h;	0
		Idade média recomendada entre 6-7 anos	1
		Distância entre paragens entre 600 a 700 metros.	1
Intermodalidade entre modos de transporte	Níveis de interfaces presentes nas zonas em estudo	1º nível – estacionamento de longa duração, volume transbordo superior a 50mil pax/dia, pontos de entrada da cidade, ligação a TI e TC 1º nível; 2º nível - volume transbordo superior a 25mil pax/dia, sem opção TI, ligação TC 1º nível 3º nível – ligação rede 1º nível, centro da cidade	1
Gestão de Procura de Tráfego	- Sistemas inteligentes de gestão do tráfego; - Taxação de estacionamentos - Acalmia de Tráfego	Existência de sistemas inteligentes de gestão do tráfego	1
		70% dos lugares de estacionamento são taxados.	1
		Existência de medidas de acalmia de tráfego.	1
Rede ciclável de qualidade	- Extensão de ciclovias segregadas em meio urbano; - Equipamentos de apoio ciclável: estacionamento; - Sistema de partilha de bicicletas.	Existência de percursos cicláveis e/ou pistas cicláveis;	0
		Nº de lugares de estacionamento cicláveis ser 5% do total de lugares de estacionamento automóvel;	0
		Existência de sistema de partilha de bicicletas.	1
Rede pedonal de qualidade	- Extensão de arruamentos exclusivamente pedonais; - Extensão de arruamentos com tráfego motorizado condicionado; - Rede pedonal contínua, cómoda, segura e acessível para todos.	20% arruamentos são exclusivamente pedonais;	1
		10% arruamentos têm tráfego motorizado condicionado;	1
		Largura útil dos passeios de 1,5 m, livre de obstáculos;	1
		Inclinações longitudinais inferiores a 5%;	1
		Rebaixamentos de lancis na zona das passeadeiras, com inclinações <8% e pavimento do rampeamento com textura e cor diferenciada do passeio;	0

No domínio do edificado, a arquitetura bioclimática foi uma das diretrizes encontradas, para a qual foram definidos, entre outros, os indicadores da orientação solar dos edifícios. Neste caso de estudo

constata-se que a maior parte das fachadas dos edifícios da zona da Baixa Pombalina tem orientação Este-Oeste (Soares/ ENERONE, 2010) (Figura 53), não estando de acordo com a orientação solar recomendada (Norte-Sul). A relação da altura dos edifícios em relação à largura das ruas, embora não se tenha mantido a razão originalmente planeada, ainda assim existe atualmente uma relação satisfatória que impede um grande sombreamento dos edifícios uns em relação aos outros, permitindo que haja iluminação natural.

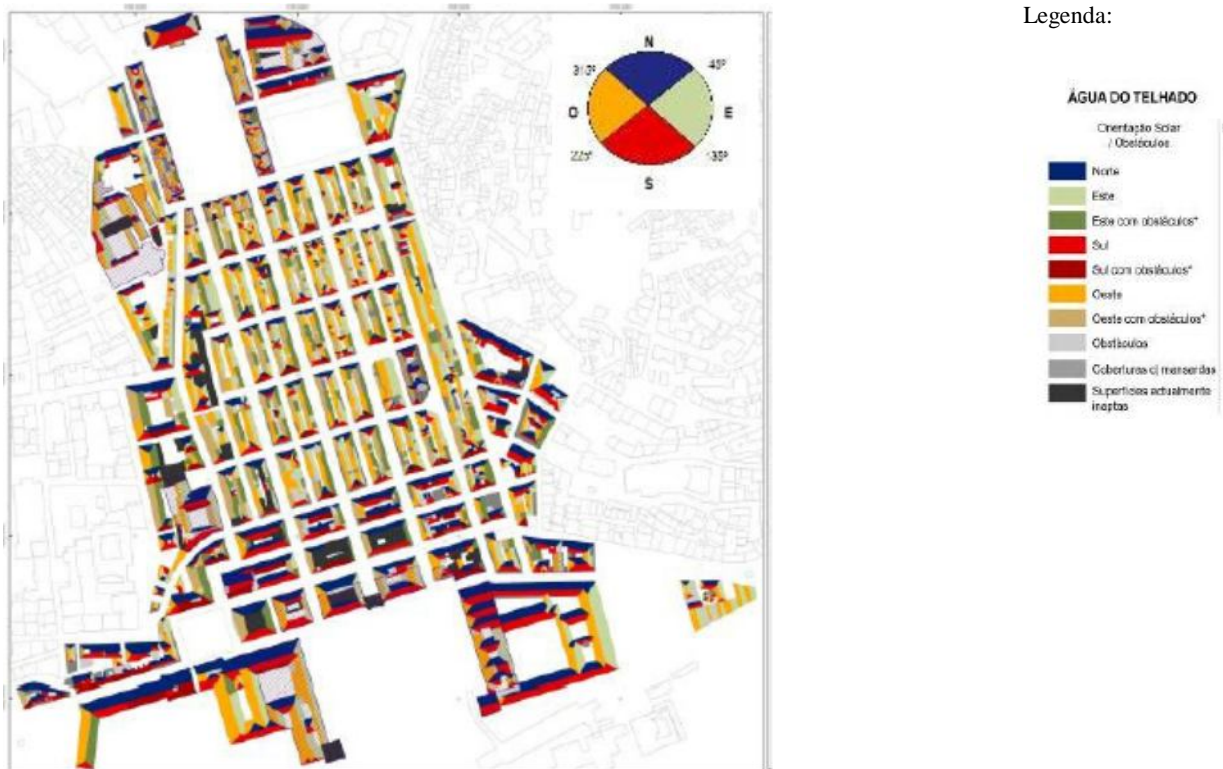


Figura 53: Carta de Potencial solar bruto na Baixa Pombalina
 Fonte: Soares/ENERONE, 2010

A transmitância das paredes exteriores e das coberturas foi outro dos indicadores escolhidos, tendo sido utilizados mais uma vez os dados relativos ao edifício pombalino atrás referido. As paredes exteriores, considerando alvenaria de pedra rebocada de ambos os lados, apresentaram um valor de $2,86 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$; e a cobertura em telha vermelha, com vigeamento de madeira e lã mineral um valor de $1,00 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (Cúmano, 2009), pelo que as paredes exteriores não verificam a condição de referência, ao contrário da cobertura.

Quanto ao indicador relativo à existência de edifícios com pelo menos 2 características bioclimáticas, tendo por base as características do edificado pombalino, descritas no capítulo anterior, considera-se, por uma questão de razoabilidade, que características como a elevada inércia térmica, iluminação natural e ventilação cruzada, mantêm-se de um modo geral e verificam-se em

mais de 50% da área em estudo.

A existência de telhados ou paredes verdes é outro dos indicadores deste domínio, embora nesta zona existam regras muito restritas quanto às coberturas. Estas regras pretendem manter a traça original dos edifícios pombalinos e por isso, à exceção do aproveitamento solar, que está definido na carta de potencial solar, não são permitidas alterações à telha vermelha. O exemplo de telhado verde encontrado no Hotel Lisboa Regency, constitui uma boa alternativa já que foi feito o aproveitamento de uma parte plana do telhado para ajardinar, enquanto que a restante área de cobertura manteve-se com telha vermelha, desta forma não representa uma alteração visual negativa, embora desempenhe a importante função de ser um dos raros espaços verdes na zona em estudo já que é acessível a qualquer pessoa (Figura 54).



Figura 54: Telhado verde do Hotel Lisboa Regency
Fonte: www.lisboaregencychiado.com

Foram também avaliados os sistemas passivos de eficiência energética em edifícios e dado que a maior parte dos edifícios da Baixa Pombalina são anteriores a 1919 (Roseta, 2009), não existem implementados de origem este tipo de sistemas. Quanto ao caso de alguns edifícios terem sofrido alterações estruturais para a colocação de sistemas passivos de eficiência energética, por se tratar de uma zona histórica, esses sistemas estão limitados às características e restrições arquitetónicas dos edifícios pombalinos o que dificulta e impede a implementação de praticamente todos os sistemas, não se considerando por uma questão de razoabilidade, que cumpra os requisitos estabelecidos para esse indicador (Figura 55).

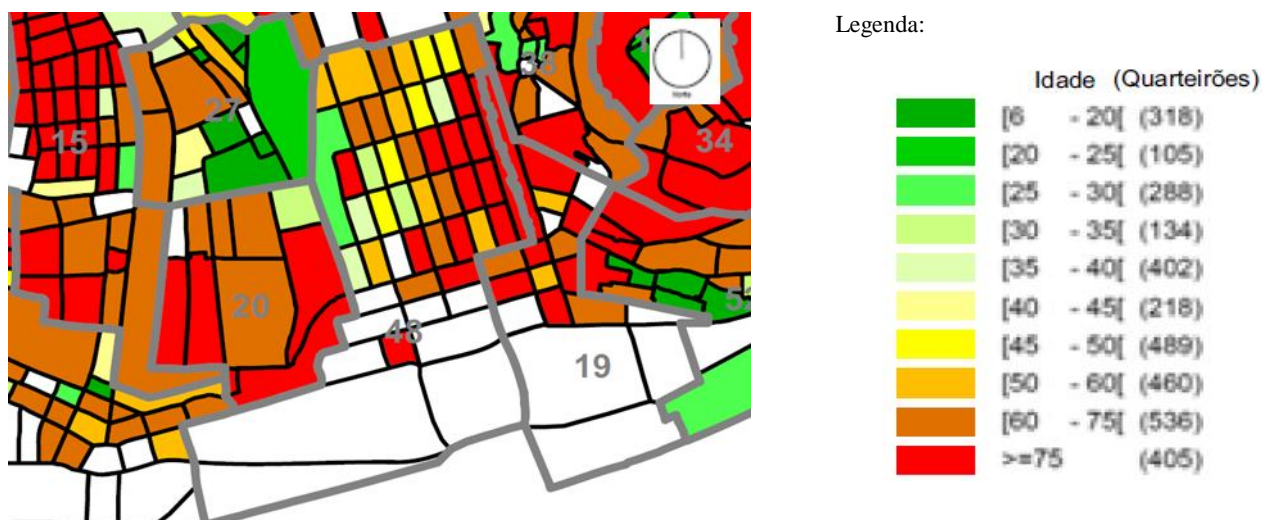


Figura 55: Idade média dos edifícios
 Fonte: Roseta, 2009

Quanto à percentagem de edifícios reabilitados, podemos verificar através do Plano do Estado de Conservação do Edificado (Figura 56), elaborado em maio de 2009, que a maior parte apresenta um estado de conservação regular, embora exista uma grande parte em mau e muito mau estado. No entanto ao observar a área de edificado num estado de conservação regular juntamente com bom, por uma questão de razoabilidade, pode considerar-se que representam no conjunto mais de 50% do edificado, pelo que o valor recomendado se verifica na área em estudo.



Figura 56: Plano do estado de conservação do edificado
 Fonte: www.jf-saonicolau.pt

As características homogêneas da maior parte do edificado da zona em estudo, permitiram considerar no global, sem grande margem de erro, a cobertura em telha de barro vermelho (Figura 57). A telha de barro vermelho standard tem um *Solar Reflectance Index* de 6 (Levinson, 2009), o

que não é suficiente para atingir os valores de referência. Uma alternativa a considerar no futuro da reabilitação do edificado na Baixa seria a colocação de *cool tiles*, ou seja telhas com alta refletividade e SRI elevado.

Os edifícios pombalinos apresentam no seu traçado original um desenho urbano de cores claras, uma característica positiva que se tem mantido e que tem vantagens já que reflete a radiação solar e mantém as características originais da Baixa Pombalina. Foi por isso considerado por uma questão de razoabilidade, que mais de 50% dos edifícios apresentam cores claras, o que também pode ser verificado na Figura 57.



Figura 57: Imagem geral dos telhados da Baixa Pombalina
Fonte: Soares/ENERONE, 2010

Em face da análise desenvolvida, apresenta-se no Quadro 19 a avaliação dos indicadores alusivos ao domínio “Edificado”.

Quadro 19: Avaliação dos indicadores de sustentabilidade energética da Baixa Pombalina no domínio “Edificado”

Diretrizes	Indicadores	Valores recomendados	Nota
Arquitetura bioclimática	- Orientação solar dos edifícios (N-S), transmitância da cobertura e paredes exteriores, - Nº edifícios com características bioclimáticas, - Telhados/paredes verdes	50% edifícios com orientação solar (N-S),	0
		Paredes com transmitância (U) menor ou igual a 2,20;	0
		Telhados com transmitância (U) menor ou igual a 2,20;	1
		50% edifícios com 2 características bioclimáticas	1
		30% telhados/ paredes verdes	0
Sistemas solares passivos	Número de edifícios com sistemas solares passivos	50% edifícios com sistemas solares passivos	0
Reabilitação de edifícios	Percentagem de edifícios reabilitados	50% do total de edifícios existentes estão reabilitados	1
Edifícios de cor clara	- <i>Solar reflectance index</i> (SRI) para telhados - % edifícios de cor clara	SRI para telhados de pelo menos 29	0
		50% edifícios de cor clara	1

Uma vez avaliado cada indicador em relação à comunidade em estudo, aplicou-se o modelo formulado nesta dissertação, através da equação [5], para a qual se obteve uma Avaliação da Eficiência Energética de Comunidades de 0,60 classificada de acordo com o Quadro 13 como "ligeiramente superior" em relação à avaliação do seu desempenho.

Importa referir que para o domínio do urbanismo se obteve uma classificação de 0,59; no domínio da mobilidade e transportes 0,73 e no domínio do edificado 0,48. O que indica que a comunidade em estudo tem um bom desempenho em termos de urbanismo e de mobilidade e transportes, sendo este último o valor mais elevado nos três domínios, embora apresente um baixo desempenho em termos de edificado.

8. Considerações Finais

A elaboração desta dissertação permitiu levantar questões importantes acerca da sustentabilidade energética das comunidades, numa abordagem passiva à gestão da energia que pretendeu ser holística na análise e integração dos vários ambientes físicos que compõem uma comunidade: urbanismo, mobilidade e transportes e edificado.

Em termos urbanísticos constatou-se que a morfologia urbana das cidades desempenha um papel fundamental na eficiência energética das comunidades.

A aplicação de modelos de cidades mais compactas, por exemplo, corresponde a uma redução de 20 a 40% dos recursos naturais normalmente gastos, uma diminuição de 15 a 20% na construção de estradas e 7 a 15% de poupança em infraestruturas de fornecimento e tratamento de água, comparando com o desenvolvimento de áreas suburbanas (Burchell, 1992).

Uma densidade habitacional densa com usos mistos tem implicações também ao nível da mobilidade sustentável. O planeamento do uso do solo combinado com medidas aplicadas aos transportes pode traduzir-se numa redução de 10-15% do uso de combustível no transporte de passageiros, e conseqüentemente das emissões, através de mudanças nos padrões de uso do solo, à escala da cidade região, ao longo de um período de 25 anos (Ecotec, 1993).

Uma estrutura urbana bioclimática que surja associada à reabilitação dos edifícios e espaços públicos, assim como a existência de espaços verdes e espaços urbanos criativos e inteligentes contribuirão para comunidades saudáveis, com maior vitalidade e qualidade de vida. No caso da orientação Norte-Sul das ruas em regiões quentes pode reduzir até 0,8°C a intensidade das ilhas de calor urbanas, assim como a plantação de árvores e a pintura das superfícies dos edifícios e pavimentos com cores claras que reflitam a luz solar, previnem o aumento de temperatura e conseqüentemente reduzem o consumo de energia necessária para o arrefecimento no interior dos edifícios (Akbari *et al.*, 1988).

Ainda no contexto do urbanismo a criação de espaços urbanos criativos e inteligentes valorizam a mobilidade pedonal e ciclável de proximidade, evitam o consumo de energia nos transportes, emissões poluentes, perda de tempo e bem-estar, e apostam num edificado bioclimático suportado energeticamente por renováveis, contribuindo assim para a sustentabilidade das cidades a vários níveis (Rogers, 1998).

A reabilitação urbana trás vantagens comparativamente à construção nova fora da cidade, contribuindo para a reabilitação da cidade e aproximando-a do ideal de urbanização de maior

densidade apresentado neste estudo, permitindo poupanças económicas e ambientais já que podem ser aproveitados a estrutura e os materiais já existentes. A construção nova implica um maior consumo de energia em relação à reabilitação já que só na produção de materiais e na construção em si mesma, estima-se que essa energia incorporada represente 10 a 15% do ciclo de vida global do edifício (Pinheiro, 2006).

Em termos de mobilidade e transportes verifica-se que a aposta no meio de transporte ferroviário contribui para a intermodalidade e para uma mobilidade mais sustentável.

A oferta de transportes coletivos de qualidade implica uma hierarquização e articulação multimodal de complementaridade entre os diferentes meios de transporte individual motorizado, os coletivos e o pedonal, privilegiando sempre a cidade e o cidadão. Contribuindo, no seu conjunto, para uma mobilidade mais sustentável e para uma efetiva redução do recurso ao automóvel e, em consequência, poupanças energéticas.

O problema da dependência automóvel pode ainda ser minorado através de uma boa gestão da procura de tráfego que inclua medidas de restrição ao estacionamento, implementação de medidas de acalmia de tráfego e de sistemas inteligentes de gestão de tráfego que permitam a monitorização e otimização do tráfego. As vantagens da aplicação destes sistemas são a redução de tráfego, melhoria da segurança, fiabilidade, previsibilidade e eficiência energética.

Os edifícios são outro domínio importante em termos de eficiência energética já que são responsáveis por 40% do consumo mundial de energia, dos quais poderiam ser reduzidos 1/5 através de um maior recurso a tecnologias de eficiência energética em edifícios (EC, 2001).

A arquitetura bioclimática permite a redução do consumo energético dos edifícios pretendida através do recurso ao desenho solar passivo dos edifícios, aquecimento e arrefecimento passivos, ventilação e iluminação naturais e coberturas verdes, tirando partido das características do clima de cada local, integrando o edifício na sua envolvente, permitindo ainda um maior conforto para os seus utilizadores.

Os sistemas passivos, em particular, são geralmente equipamentos que fazem parte do edifício, aproveitando as condições do local através de soluções construtivas que maximizam o aquecimento e arrefecimento naturais, diminuindo as necessidades energéticas e aumentando o conforto dos ocupantes no interior do edifício.

No domínio do edificado é importante salvaguardar a reabilitação já que constitui uma oportunidade de 'fazer mais com menos', reduzindo, reutilizando e reciclando materiais e energia tirando partido

das características bioclimáticas e recuperando ou introduzindo sistemas solares passivos, reduzindo o recurso à energia.

Na análise dos três domínios a componente comum é a energia que, como se constatou condiciona toda a estrutura urbana, estando atualmente fortemente dependente do recurso a energias fósseis.

O objetivo desta dissertação foi cumprido através da identificação de diretrizes que contribuem para comunidades mais eficientes em termos energéticos, traduzidos na formulação de um modelo de avaliação de indicadores associados às diretrizes encontradas que poderá vir a ser aplicado em comunidades com características semelhantes ao caso de estudo aqui analisado.

A aplicação deste modelo no caso específico da Baixa Pombalina permitiu tecer considerações quanto à sustentabilidade energética desta comunidade, qualificando-a com um desempenho "ligeiramente superior". Tratando-se do centro da cidade de Lisboa, com a situação geográfica privilegiada que tem, o importante património histórico e a vasta frente ribeirinha, tem todas as condições para se tornar um exemplo para outros centros urbanos que se queiram tornar energeticamente mais sustentáveis através de processos de reabilitação urbana.

Nos últimos anos, na União Europeia e em Portugal têm sido introduzidas importantes alterações ao nível legislativo e regulamentar no sentido de se estabelecer políticas e estratégias que estabeleçam objetivos e metas para o aumento da eficiência energética e da redução de consumos, num esforço, quer a nível nacional quer local, para a redução dos elevados níveis de importação energética e da forte dependência de energias fósseis que tem caracterizado o país. Essas políticas e estratégias têm dado ênfase à abordagem ativa do planeamento e da gestão da energia, estando-se a valorizar, sobretudo, as energias renováveis. No entanto, com a presente dissertação conclui-se que ocorrem importantes poupanças energéticas com um urbanismo bioclimático e uma mobilidade sustentável, através de uma abordagem passiva.

Assim, assume-se a necessidade de uma mudança do paradigma energético necessária em face dos objetivos da sustentabilidade. Para isso será necessário desenvolver formas de adaptação às alterações que se têm vindo a fazer sentir e tornar as populações e os sistemas mais sustentáveis.

O desenvolvimento de comunidades sustentáveis, implica uma adaptação aos requisitos da sustentabilidade, variáveis em função das condições locais, mas também à resposta dos sistemas às suas necessidades. Este processo adaptativo tem de ser desencadeado e promovido através de políticas públicas e estratégias adequadas que deverão ser desenvolvidas pelos decisores e pelos próprios cidadãos, desenvolvendo-se, assim, uma forte noção de sociedade que evolui para atingir

objetivos coletivos e responsabilidade social.

Efetivamente, para que se concretize uma sustentabilidade energética é necessária a participação de todos os órgãos envolvidos no processo, ou seja, uma atuação concertada ao nível de governos, administrações regionais e locais, operadores de transmissão e de distribuição de energia, produtores de eletricidade, ONG's, empresas privadas e acima de tudo que haja uma mudança de atitude por parte dos cidadãos individuais.

Referências Bibliográficas

- AASHTO - **Guide for the Development of Bicycle Facilities**. United States of America: American association of state highway and transportation officials, 1999. ISBN: 1-56051-102-8.
- AKBARI H. A. ; ROSENFELD AND H. TAHA - **Recent developments in heat island studies: technical and policy in controlling summer heat islands**. Lawrence Berkeley Laboratory. K. Garbesi et al Berkeley, 1990.
- AKBARI H., J. HUANG, P. MARTIEN, L. RANIER ANH H. TAHA - **The impact of summer heat islands on cooling energy consumption and CO2 emissions**. Washington: American Council for an energy efficient economy, 1988. (In Proceedings of the 1988 ACEEE summer study on energy efficiency in buildings).
- AKBARI H., TAHA H., MARTIEN P. AND J. HUANG - **Strategies for reducing urban heat islands, savings, conflicts and city's role**. San Jose, C. A.: 1987. (In proceedings of the first National conference on energy efficient cooling).
- AKBARI, H.; KONOPACKI, S.. Energy effects of heat island reduction strategies in Toronto, *Canada. Energy*. Vol. 29 (2004) 191-210.
- AKBARI,H. , M. POMERANTZ AND H. TAHA - **Cool Surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas**. Berkeley, CA, USA: Lawrence Berkeley National Laboratory, Heat Island Group, 2001.
- ALEXANDER, D. AND R. TOMALTY - Smart Growth and Sustainable Development: challenges, solutions and policy directions. *Local Environment*. Vol. 7: 4 (2002) 397-409.
- ALMEIDA, ANÍBAL TRAÇA DE; PATRÃO, CARLOS; FONSECA, PAULA; MOURA, PEDRO - **Manual de boas práticas de eficiência energética, implementar o desenvolvimento sustentável nas empresas**. Portugal: BCSD Portugal – Conselho empresarial para o desenvolvimento sustentável, ISR, Departamento de engenharia electrotécnica e de computadores da Universidade de Coimbra, 2005.
- AMBIENTE ITALIA - **European common indicators towards a local sustainability profile**. Milano: Ambiente Italia Research Institute, 2003. (Final Project Report - Development, Refinement, Management and Evaluation of European Common Indicators Project (ECI))
- BAI, X. The Process and Mechanism of Urban Environmental Change: An Evolutionary View, *International Journal of Environment and Pollution*. 19: 5 (2003) 528-541.
- BARTON, H.; GUISE, R.; DAVIS, G - **Sustainable settlements: a guide for planners, designers and developers**. Luton, Bristol: Local Government Management Board in association with University of the West England, 1995.
- BENTING, D.; DOSHI, H.; LI, J.; MISSIONS, P.- **Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto**. Canada: 2005. (Prepared for the city of Toronto and Ontario Centres of Excellence – Earth and Environmental Technologies (OCE- Tech), Ryerson University).
- BERDAHL P. AND BRETZ S. Preliminary survey of the solar reflectance of cool roofing materials, *Energy and Buildings Special Issue on Urban Heat Islands and Cool Communities*. 25: 2 (1997) 149–158.
- BITAN, A. The high climatic quality of city of the future, *Atmospheric Environment*. 26: 8

(1992) 313-329, 122.

BURCHELL, ROBERT W.- **Impact Assessment of the New Jersey Interim State Development and Redevelopment Plan, Report II: Research Findings.** United States of America: 1992. (Trenton NJ: Report, prepared for the New Jersey Office of State Planning).

BURGESS, R., JENKS, M. - **Compact Cities: Sustainable Urban Forms for Developing Countries.** London: Spon Press, 2000.

CALTHORPE, P.- **The Next American Metropolis. Ecology, Community, and the American Dream.** New York: Princeton Architectural Press, 1993.

CAMERON, I., LYONS T.J. AND KENWORTHY, J.R.. Trends in vehicle kilometers of travel in world cities, 1960-1990: underlying drivers and policy responses. *Transport Policy*. 11: 3 (2004) 287–298.

CARDELINO, C. A. AND W.L. CHAMEIDES. Natural hydrocarbons, urbanization and urban zone, *Journal of geophysical research*. 95: D9 (1990) 13971-79.

CARRIS - **Relatório de sustentabilidade.** Lisboa: Companhia de Carris de Ferro de Lisboa, S.A., 2009.

CARRIS - **Relatório e contas 2010.** Lisboa: Companhia de Carris de Ferro de Lisboa, S.A., 2010.

CCE - **Livro Verde sobre o ambiente urbano. COM(90)218 CCE.** Bruxelas: Comissão das Comunidades Europeias, 1990.

CCE - **Carta de Aalborg.** Aalborg, Dinamarca, 1994. (Carta das Comunidades Europeias para a sustentabilidade, aprovada pelos participantes na conferência europeia sobre cidades europeias sustentáveis).

CCE - **A rede dos cidadãos - Explorar o potencial do transporte público na Europa, Livro Verde. COM (95) final de 29.11.1995.** Bruxelas: Comissão Europeia, 1995.

CCE - **Cidades para bicicletas - cidades de futuro.** Bruxelas: Comissão Europeia, 2000.

CCE - **Para uma estratégia temática sobre ambiente urbano. Comunicação da Comissão, COM (2004) 60 final 11 fevereiro 2004.** Bruxelas: Comissão das Comunidades Europeias, 2004.

CCE - **Por uma nova cultura de mobilidade urbana, Livro Verde. COM (2007) 551.** Bruxelas: Comissão das Comunidades Europeias, 2007.

CCE - **Um futuro sustentável para os transportes: rumo a um sistema integrado, baseado na tecnologia e de fácil utilização. COM (2009) 279 final.** Bruxelas: Comissão das Comunidades Europeias, 2009.

CCE - **Comunicação da Comissão relativa ao estabelecimento de um espaço ferroviário europeu único.** Bruxelas: Comissão Europeia, 2010.

CCE - **Roteiro do espaço único europeu dos transportes – Rumo a um sistema de transportes competitivo e económico em recursos, Livro Branco. CCE (2011) 144 final.** Bruxelas: Comissão Europeia, 2011.

CERTU Centre d'Etudes sur les reseaux, les transport, l'urbanisme et les construction publiques - **Recommandations pour les aménagements cyclables.** Certu, 2005.

CML - **Conceito de Circulação para a Frente Tejo, entre Santa Apolónia e Cais do Sodré.** Lisboa: Camara Municipal de Lisboa, 2008.

- CML - **Proposta do Plano de Pormenor da Baixa Pombalina**. Lisboa: Camara Municipal de Lisboa, 2009.
- CML (a) - **Regulamento Revisão do PDM, Plano Diretor Municipal**. Lisboa: Camara Municipal de Lisboa, 2011.
- CML (b) - **Estratégia de Reabilitação Urbana de Lisboa, 2011-2024**. Lisboa: Camara Municipal de Lisboa, 2011.
- COELHO, F.P. E H. MARQUES - **Lisboa: o desafio da mobilidade, Coleção de estudos urbanos- Lisboa XXI**. Lisboa: Camara Municipal de Lisboa, 2005.
- COSTANZA, R. - **La economia ecologica de la sostenibilidad. Invertir en capital natural** - Goodland, R., Daly, H., El Serafy, S. y Von Droste, B. – *Medio ambiente y desenvolvimento sustentavel - Mas alla del informe Brundtland*. Madrid: Editorial Trotta, 1997. p. 103-114.
- CP - **Relatório de Sustentabilidade da CP**. Comboios de Portugal, 2008.
- CUMANO, G. - *Análise técnico-económica de diferentes estratégias passivas de eficiência energetica em edificios - Caso de estudo: Edificio Pombalino*. Portugal: Instituto Superior Técnico, 2009. Dissertação para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Mecânica,.
- DALY, H. Toward some operational principles of sustainable development, *Ecological Economics*. 2 (1990)1-6.
- DECRETO-LEI nº 163/2006. *D.R. I Série*. 152 (06-08-08) 5670-5689.
- Department for Transport - **Cycle infrastructure design**. Scottish Executive, Welsh Assembly Government. London: TSO, 2008.
- DGOTDU - **Proposta de projeto de decreto regulamentar que estabelece conceitos técnicos a utilizar nos instrumentos de gestão territorial, documento final**. Portugal: Direção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano, 2008.
- DIAMANT, E. S. *et al.* - **Light Rail Transit – a state of the art review**. Springfield: Department of Transportation Washington, Urban Mass Transportation Administration; 1976.
- DUARTE, EDUARDO. De França à Baixa com passagem por Mafra. As influências francesas na arquitetura civil portuguesa, *Revista Monumentos*. 11 (2004) 76-87.
- EC - **Green Paper: Towards a European strategy for the security of energy supply**. European Communities, 2001.
- ECOFYS to EURIMA - European Insulation Manufacturers Association - **The contribution of mineral wool and other thermal insulation materials to energy saving and climate protection in Europe**. Cologne, Germany: ECOFYS, 2002.
- ECOTEC - **Reducing Transport Emissions Through Planning**. London: HMSO, 1993.
- EEA - **The European environment - State and outlook 2005**. European Environmental Agency, 2005.
- EEA - **Urban sprawl in Europe – The ignored challenge**. EEA report N. 10/2006. Join Research Centre, 2006. ISSN 1725-9177.
- EEA - **Ensuring quality of life in Europe's cities and towns, Tackling the environmental challenges driven by European global change**. EEA report no 5/2009. European Environmental Agency, 2009.
- ELLAWAY, A.; MACINTYRE, S. AND XAVIER, B. Graffiti, greenery and obesity in adults: secondary analysis of European cross sectional survey, *British Medical Journal*. 331: (2005)

611–612.

EPA - **Cool pavement report, EPA cool pavements study – task 5, draft report.** Chevy Chase, MD: Cambridge Systematics, Inc., 2005.

EUROSTAT - **Statistical pocket book 2010, Part 2: Energy.** Directorate-General for Energy and Transport. European Commission & Eurostat, 2010.

EVANGELISTA, SANDRA - *Sustentabilidade em centros históricos – A Baixa Pombalina.* Portugal: Instituto Superior Técnico, 2008. Dissertação para o grau de Mestre em Arquitetura.

FEITELSON, E.; ROTEM, O. The case for taxing surface parking, *Transport and Environment*, 34: 5 (2004) 321-338.

FULFORD, C. - The compact city and the market - M. Jenks, E. Burton and K. Williams - *The compact city: A sustainable urban form?* London and New York: E&FN Spon Publishers, 1996. p. 122-133.

GONCALVES, H. E GRAÇA, J. - **Conceitos bioclimáticos para os edifícios em Portugal.** Portugal: INETI, 2004.

GOODLAND, R. AND DALY, H. - Environmental sustainability - Vanclay, F. and Bronstein, D. A. (eds.) - *Environmental and Social Impact Assessment.* Chichester: John Wiley & Sons, 1995. p. 303- 322.

GORDON, V. R. HOLNESS. Sustaining our future by rebuilding our past, *ASHRAE journal.* August (2009) 16-21.

HEATH, T. Revitalising cities, attitudes towards city-centre living in the United Kingdom, *Journal of Planning Education and Research.* 20: 4 (2001) 464-475.

HEITOR, TERESA. O Palimpsesto Urbano, *AETecnico.* 7 (2004) 40-42.

IA - **Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável – Versão para discussão pública.** Lisboa: Instituto do Ambiente, 2002.

IEA - **IEA Energy Statistics, Selected 2003 Indicators for European Union – 15.** Paris: International Energy Agency, OECD, 2005.

IPCC Core Writing Team, R. K. And Reisinger, A. (Eds.) - **Climate Change 2007: Synthesis Report.** Geneva, Switzerland: 2007. (Contribution of Working Groups I,II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change).

ITE - **Promoting sustainable transportation through site design.** Institute of Transportation Engineers, 2010.

KOCH, A. - **Passive House Components in Residential Reconstruction Projects. Proc., PassiveHouse 2007 – More Comfort Less Energy.** Passiefhuis-Plattform vzw (ed.). Berchem: 2007.

KOCH, A. - **Energy balance of urban quarters for the development of energy efficiency and management strategies. Fifth urban research symposium, 2009.** Karlsruhe: European Institute for energy research – Eifer, 2009.

KOMNINOS, N. - **The architecture of intelligent cities; Integrating human, collective, and artificial intelligence to enhance knowledge and innovation. 2nd International Conference on Intelligent Environments, Institution of Engineering and Technology, Athens, 5-6 July 2006.** Athens: 2006. p. 13-20.

LANHAM, A.; GAMA, P.; BRAZ, R. - **Arquitetura Bioclimática, Perspetivas de inovação e**

futuro. Lisboa: IST, 2004.

LEED - **LEED for new construction and major renovations, version 2.2.** U.S. Green Building Council, USGBC, LEED, 2005

LEITMAN, J. - **Energy Environment Linkages in the Urban Setor.** UNDP, 1991.

LEVINSON, RONNEN - **Cool roof Q & A (draft).** Lawrence Berkeley National Laboratory, 2009.

LIMA, MARIANA; RIBEIRO, EDSON - **Diretrizes urbanísticas e construtivas para cidades de clima semiárido.** Campinas, SP: Faculdade de Engenharia civil, arquitetura e urbanismo, 2009.

LIPOVETSKY, GILLES - **A Felicidade paradoxal, Ensaio sobre a sociedade do hiperconsumo.** Lisboa: Edições 70, 2007. ISBN: 978-972-44-1354-9.

LYSEN, E. H. - **The trias energética: Solar energy strategies for Developing Countries. Eurosun Conference, Freiburg, 16-19 Sept 1996.** Freiburg, Germany: 1996.

MAGALHÃES, R. M. - **Espaços verdes urbanos.** Lisboa: DGOT, Direção-Geral do Ordenamento do Território, Ministério do Planeamento e da Administração do Território, 1992.

MALCZEWSKI, J. - **GIS and Multicriteria Decision Analysis.** New York: John Wiley & Sons, Inc., 1999

MARTINS, NATALINO *et al.* - **Projeto 'Cidades Inteligentes', Orientações de Política de Revitalização Urbana para a Competitividade e Sustentabilidade das Cidades.** Departamento de Prospetiva e Planeamento e Relações Internacionais, 2007.

MCELDOWNEY, M., RYLEY, T., SCOTT, M. AND SMYTH, A. - Integrating land-use planning and transportation in Belfast: a new policy agenda for sustainable development? - *Journal of Environmental Planning and management.* 48: 4 (2005) 507-526.

MCPHERSON, E.G. - **Creating an ecological landscape.** ed. P. Rodbell, Washington: American Forestry Association, 1990. (In proceedings of the fourth urban forestry conference).

MEIER A. K. - Measured cooling savings from vegetative landscaping – E.Vine - *Energy Efficiency and the Environment: Forging the link.* Washington DC: American Forest Association, 1991. p. 4133-4144.

MOEZZI, M. - **The Predicament of Efficiency.** Berkeley CA: Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory/University of California Berkeley, 1998.

MOPTC - **Orientações estratégicas para o setor ferroviário.** Portugal: Ministério da Economia e do Emprego, Gabinete do Secretariado de Estado das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 2006.

NEWMAN, P. W. G. AND J. R. KENWORTHY - **Sustainability and Cities: Overcoming Automobile Dependence.** Washington, DC: Island Press, 1999.

NUCCI, J. C. Metodologia para determinação da qualidade ambiental urbana, *Revista do departamento de geografia.* São Paulo: Usp-FFLCH, nº12 (1998) 209-224.

NZ TRANSPORT AGENCY - **Pedestrian Planning an Design Guide.** New Zealand: Land Transport Agency, 2009.

OKE. Street design and urban canopy layer climate, *Energy and buildings.* 11: (1988)103-13.

OKE. The micrometeorology of the urban forest, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London.* 324: (1989) 335-49.

- OLGYAY, VICTOR - **Arquitetura y clima**. 1ª Edição, Barcelona: Gustavo Gili, 2004.
- PEREIRA, T.M. (coordenadora); F. FONSECA; P. REGO; P. MONTEIRO; M. CARAPINHA **Programa de investimento prioritário em ações de reabilitação urbana (PIPARU), Recuperar- Reabilitar-Relançar a economia, Obra a obra Lisboa melhora**. Lisboa: Camara Municipal de Lisboa, 2009.
- PINHEIRO, MANUEL DUARTE - **Ambiente e construção sustentável**. Amadora: Instituto do Ambiente, 2006.
- PINHO, ANA; AGUIAR, JOSÉ. Reabilitação em Portugal. A mentira denunciada pela verdade dos numeros! *Arquiteturas*. Nº 5, outubro (2005).
- PNPOT - Programa Nacional de Política de Ordenamento do Território – Programa de Ação, LEI nº 58/2007. *D.R. I Série*. 170 (07-09-04) 6126-6181.
- PONTE DA SILVA, G. Forma Urbana e Sustentabilidade. Algumas notas sobre o modelo de cidade compacta, *Prospetiva e Planeamento*. 15 (2008) 101-126.
- RAMOS, GABRIELA; GARCIA, ANTÓNIO. **Auditoria aos transportes públicos urbanos nas cidades de Lisboa e Porto – segmentos autocarro e metro, Relatório Global, Relatório 16/2010 2ª secção**. Tribunal de contas, 2010.
- REOT - **Relatório do Estado do Ordenamento do Território, Versão Preliminar**. Lisboa: Câmara Municipal de Lisboa, DMPU- Departamento de Planeamento Urbano, 2009.
- RESOLUÇÃO DO CONSELHO DE MINISTROS nº 80/2008.D.R. I Série. 97 (08-05-20) 2824-2865.
- RIFKIN, JEREMY - **The Age of Access: The new culture of hipercapitalism, where all of life is a paid-for experience**. United States of America: 2000.
- RODRIGUES, M. FERNANDA S., JOSÉ M. CARDOSO TEIXEIRA - **Segurança e saúde nas operações de reabilitação de edifícios. Simpósio Internacional Da AISS, 28, Salvador, Brasil, 2006**. Portugal: Universidade do Minho, Universidade de Aveiro, 2006.
- ROGERS, R. - **Cities for a Small Planet**. Faber and Faber, 1998.
- ROSA, M.- **A integração dos usos do solo e dos transportes. Provas públicas para Professora Coordenadora**. Faro: Universidade do Algarve, 2006.
- ROSENFELD A. H., ROMM J. J., AKBARI H. AND POMERANTZ M. Cool communities: strategies for heat islands mitigation and smog reduction. *Energy and Buildings*. 28 (1998) 51–62.
- ROSETA, HELENA (coordenação); SANTOS, PAULO; ANTUNES, ANA LÚCIA; GUIMARÃES, ÁUREA; SANTOS, HELDER; RITO, LURDES (equipa do Programa Local de Habitação) **Atlas do Programa Local de Habitação – Relatório da primeira fase – abril de 2009**. Lisboa: Camara Municipal de Lisboa, 2009. (No âmbito do estudo de caracterização, análise e ensaio urbanístico de Lisboa; Representação geográfica de informação urbana, social e económica).
- SACHS, I. - **Estratégias de transição para o século XXI. Para Pensar o Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: Brasiliense, 1994.
- SAGRAMOLA, S. (coordenador) - **European Concept for Accessibility Network**. EuCAN, 2003. ISBN 2-919931-24-5.
- SANTOS, MARIA HELENA RIBEIRO DOS - **Baixa Pombalina: passado e futuro**. Lisboa:

Livros Horizonte, 2000.

SEABRA, M.; A. PINHEIRO; C. MARCELINO; D. SANTOS; J. LEITÃO (a). **Rede clicável – princípios de planeamento e desenho**. Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres, I. P., 2011. (Coleção de brochuras técnicas/temáticas).

SEABRA, M.; A. PINHEIRO; C. MARCELINO; D. SANTOS; J. LEITÃO (b). **Glossário do Pacote da Mobilidade**. Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres, I. P., 2011. (Coleção de brochuras técnicas/temáticas).

SEABRA, M.; A. PINHEIRO; C. MARCELINO; D. SANTOS; J. LEITÃO (c). **Tipologias dos meios e modos de transporte**. Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres, I. P., 2011. (Coleção de brochuras técnicas/temáticas).

SEABRA, M.; A. PINHEIRO; C. MARCELINO; D. SANTOS; J. LEITÃO (d), **Diretrizes Nacionais para a mobilidade**. Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres, I. P., 2011. (Coleção de brochuras técnicas/temáticas).

SEABRA, M.; A. PINHEIRO; C. MARCELINO; D. SANTOS; J. LEITÃO (e). **Rede pedonal – princípios de planeamento e desenho**. Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres, I. P., 2011. (Coleção de brochuras técnicas/temáticas).

SECO, ALVARO *et al.* **Manual de planeamento de acessibilidades e transportes – acalmia de tráfego**. CCDR – Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte, 2008.

SERAGELDIN, I. Making development sustainable, *Finance & Dev.*. 30 (1993) 6-10.

SIEDENTOP, S., SCHILLER, G., KOZIOL, M., WALTHER, J., GUTSCHE, J.M. - **Siedlungsentwicklung und Infrastrukturfolgekosten–Bilanzierung und Strategieentwicklung – Endbericht**. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, 2006.

SILVA, J. A. E NUNES DA SILVA, F. Repartição Modal e Usos do Solo. Construção de um Modelo Explicativo para a AML, *Sociedade e Território*. Lisboa: 2005.

SLAEV, ALEXANDER - **Sustainability in different urban development contexts: The Southeastern European Experience**. Bulgaria: 2004.

SOARES, CARLOS/ ENERONE - **O Potencial de Integração de Sistemas Solares na Baixa Pombalina - um caso de estudo**. Sessão de Ponto de encontro Lisboa E-Nova, 16 de dezembro de 2010. Lisboa: Lisboa E-nova, 2010.

SWAID, H.; M.E. HOFFMAN. Climatic impacts of urban design features for high and mid latitude cities, *Energy and buildings*. 15: 4 (1990) 325-36.

TAHA H., H. AKBARI, A. ROSENFELD AND J. HUANG. Residential cooling loads and the urban heat island – the effects of albedo, *Building and environment*. 23: 4 (1988) 271-83.

TYSON, P. D.; M. GARSTANG; G. D. EMMIT - **The structure of heat islands, Occasional paper n.12**. Johannesburg: Department of Geography and Environmental Studies, University of Witwatersrand, 1973.

UE - **Carta de Leipzig sobre cidades europeias sustentáveis**. União Europeia, 2007.

UN-HABITAT - **State of the world's cities 2008/2009 – Harmonious cities**. London: Earthscan, 2008.

UNIVERSITY OF TENNESSEE - **Case study: Natural stone solar reflectance index and the urban heat island effect**. Tennessee: University of Tennessee Center for clean products, 2009.

VELARDE, M. D.; FRY, G. AND TVEIT, M. Health effects of viewing landscapes: landscape types in environmental psychology, *Urban Forestry & Urban Greening*. 6: (2007) 199–212.

VIVIER, J.; POURBAIX, J. E MEZGHANI, M.- **Mobility in cities – Database**. International Association of Public Transport, 2005.

VUCHIC V. R. - **Urban Public Transportation: Systems and Technology**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice- Hall, 1981.

WCED World Commission on Environment and Development, - **Our common future**, Oxford: Oxford University Press, 1987.

WEIHE, W. H. - **Life expectancy in tropical climates and urbanization in urban climatology and its applications with special regard to tropical areas**. Geneva: World Meteorological Organizational, 1986.

Aecops, Associação de empresas de construção, obras públicas e serviços, www.aecops.pt.

CEAP, Centro de Estudos de Arquitetura Paisagista - Plano Almada Clicável, www.ise.utl.pt/ceap, acessado a 01/08/2011.

Censos, www.censos2011.ine.pt, acessado a 10/07/2011.

Centro Comercial Dolce Vita, www.dolcevita.pt, acessado a 10/12/2010.

City of Chicago, www.cityofchicago.org, acessado a 10/12/2010.

CML, Camara Municipal de Lisboa, www.cm-lisboa.pt, a 02/08/2011.

Editora de guias turísticos em suportes digitais, www.ezimut.com, acessado a 05/03/2011.

EMEL, Empresa Publica Municipal de Estacionamento de Lisboa, www.emel.pt, acessado a 30/08/2011.

Environmental Protection Agency, www.epa.gov/heatisland, acessado a 22/07/2011.

Euroconstruct, www.euroconstruct.org, acessado a 22/07/2011.

Fotografias da cidade de Lisboa, João Leitão, www.joaoleitao.com, acessado a 05/03/2011.

Heat Island Mitigation Tool, www.heatislandmitigationtool.com, acessado a 22/07/2011.

Hotel Lisboa Regency, www.lisboaregencychiado.com, acessado a 10/12/2010.

Junta de Freguesia de São Nicolau, www.jf-saonicolau.pt, acessado a 20/08/2011.

Lisboa Clicável, <http://lisboaciclavel.cm-lisboa.pt>, acessado a 02/08/2011.

Lisbonlux, Blog da cidade: Lisbon Lux magazine, www.lisbonlux.com, acessado a 06/01/2012.

Nanyang Technological University, www.ntu.edu.sg, acessado a 10/12/2010.

Quai Branly Museum Paris, www.quaibrantly.fr, acessado a 10/12/2010.

Town of Gilbert (2011), Brochure for the use of cool pavements to reduce the urban heat island effect, Arizona, USA, Official Town Website, www.gilbertaz.gov, acessado a 22/07/2011.