AVALIAÇÃO ECONÓMICA DA INSTALAÇÃO DE COBERTURAS VERDES EM EDIFÍCIOS

Inês do Nascimento Teotónio

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Civil

Orientadores: Prof. Doutor Carlos Paulo Oliveira da Silva Cruz

Prof.ª Doutora Maria Cristina de Oliveira Matos Silva

Júri

Presidente: Prof. Doutor João Pedro Ramôa Ribeiro Correia

Orientador: Prof.ª Doutora Maria Cristina de Oliveira Matos Silva

Vogal: Eng.º Paulo de Almeida Santos Pacheco Palha

Novembro de 2016

AGRADECIMENTOS

Tal como consta na capa deste documento, esta dissertação simboliza o passo final para a obtenção do grau mestre em Engenharia Civil. Como é de conhecimento comum entre os engenheiros e indivíduos de alguma forma envolvidos nesse ramo, qualquer edifício deve ter uma estrutura sólida, que sirva de base para suportar os restantes componentes.

Antes de mais, agradeço às minhas maiores estruturas na realização deste trabalho, a Professora Cristina Matos Silva e o Professor Carlos Oliveira Cruz. Por todo o apoio, orientação, dedicação, disponibilidade, empenho, conselhos, motivação e entusiasmo.

A todos os meus amigos, especialmente àqueles que realizaram o percurso universitário a meu lado, por todo o companheirismo, partilha e, acima de tudo, compreensão e cumplicidade.

Por fim, um obrigado muito especial à estrutura base da minha vida, na qual eu me apoio todos os dias. Aos meus pais e ao meu irmão, os meus maiores suportes, e a toda a minha restante família. Por todo o amor, carinho, apoio incondicional, conselhos, incentivo, orgulho e confiança demonstrados. Por todos os sacrifícios, paciência e compreensão. Por nunca me deixarem cair e por estarem sempre presentes.

RESUMO E PALAVRAS-CHAVE

As coberturas verdes têm sido propostas como medidas eficientes no combate dos problemas da urbanização, dado permitirem alcançar ambientes urbanos sustentáveis e melhorarem o desempenho dos edifícios.

Esta tese utiliza pressupostos baseados numa revisão da literatura para desenvolver uma avaliação económica ao ciclo de vida das coberturas verdes comparativamente à alternativa de coberturas tradicionais, ao nível urbano e do edifício. Essa avaliação foi efetuada para os níveis de análise: financeira, económica e socio-ambiental. O primeiro contabiliza custos de instalação, manutenção, substituição e demolição, e benefícios privados como desconto no seguro de incêndio, consumo energético, melhoria da eficiência de painéis fotovoltaicos e produção agrícola. O segundo considera ganhos financeiros de aumento do valor comercial, estético e de lazer da propriedade e isolamento sonoro. O terceiro considera benefícios sociais de gestão do escoamento pluvial (qualidade da água e redução do risco de inundações), redução da poluição sonora, atmosférica e do efeito de ilha de calor urbano, saúde pública, preservação ecológica e criação de emprego.

A escala da análise implicou a classificação dos edifícios relativamente à idade, tipo de cobertura, utilização e necessidades de reparações.

O estudo confirmou a viabilidade das coberturas verdes a longo prazo, ao nível social mas não ao individual. O valor atual líquido da implementação de coberturas verdes em Lisboa é aproximadamente 3.369 milhões de euros.

Foi realizada uma análise de sensibilidade aos parâmetros envolvidos concluindo-se que a valorização comercial, estética e de lazer, isolamento sonoro, taxa de atualização e qualidade do ar são os que maior influência apresentam.

Palavras-chave: Coberturas verdes, Avaliação económica, Análise comparativa, Coberturas tradicionais, Lisboa

ABSTRACT AND KEYWORDS

Green roofs have been proposed as an efficient tool to combat urbanization problems, as they can help to achieve sustainable built environments and improve buildings performance.

This thesis uses assumptions based on a literature review to develop an economic evaluation of the life cycle of green roofs compared with the alternative scenario of a traditional roofing at a city and building level. This evaluation was made at 3 levels: financial, economic and socio-environmental analysis. The first level considers the construction, maintenance, replacement and demolition costs and private benefits as discount on fire insurance, energy consumption, improvement of photovoltaic performance and urban rooftop farming. The second level considers the economic gain associated with increase of property value, aesthetics, recreation and sound insulation. The third level considers social benefits related to storm water management (water quality enhancement and flood risk control), noise reduction, air pollution removal, mitigation of urban heat island effect, public health, ecological preservation and job creation.

The scale of this analysis required buildings classification in terms of age, roof type, use and needs for repair. The study confirmed the economic feasibility of green roofs in long term at a social level but not at a private level. The net present value of the implementation of green roofs in Lisbon is about 3.369 *million euros. A sensitivity analysis was performed to the parameters involved and it was concluded that the property value, aesthetics, recreation, sound insulation, discount rate and air quality have the highest influence.*

Keywords: *Green roofs, Economic evaluation, Comparative analysis, Traditional roofs, Lisbon*

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS I
RESUMO E PALAVRAS-CHAVE III
ABSTRACT AND KEYWORDS V
ÍNDICE VII
ÍNDICE DE FIGURAS X
ÍNDICE DE TABELAS XII
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS XV
1. INTRODUÇÃO 1
1.1. ENQUADRAMENTO 1
1.2. OBJETIVOS 2
1.3. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO E METODOLOGIA 2
2. COBERTURAS VERDES 3
2.1. SISTEMA DAS COBERTURAS VERDES 3
2.2. QUANTIFICAÇÃO DOS CUSTOS E BENEFÍCIOS DE COBERTURAS VERDES 5
2.2.1. Custos e benefícios privados 5
2.2.1.1. Custo de instalação 5
2.2.1.2. Custo de manutenção 6
2.2.1.3. Custo de substituição 6
2.2.1.4. Custo de demolição 7
2.2.1.5. Capacidade estrutural 7
2.2.1.6. Consumo energético 8
2.2.1.7. Isolamento sonoro 13
2.2.1.8. Vida útil da membrana de impermeabilização 14
2.2.1.9. Vida da cobertura 14
2.2.1.10. Comportamento ao fogo 14
2.2.1.11. Eficiência dos painéis-fotovoltaicos 15
2.2.1.12. Produção agrícola 16
2.2.1.13. Sustentabilidade do ambiente construído 17
2.2.2. Custos e benefícios Públicos 17
2.2.2.1. Redução e atraso do escoamento de águas pluviais 17
2.2.2.2. Qualidade da água pluvial escoada 18
2.2.2.3. Poluição sonora urbana 19
2.2.2.4. Qualidade do ar 21
2.2.2.4.1. Absorção de poluentes e dióxido de carbono 21
2.2.2.4.2. Redução de emissões de poluentes na fase de exploração 22
2.2.2.4.3. Reciclagem de materiais e emissões na produção 22
2.2.2.5. Efeito de ilha de calor urbano 23

2.2.2.6. Criação de habitat e preservação de biodiversidade ... 24
2.2.2.7. Saúde pública e bem-estar ... 25
2.2.2.8. Valor comercial da propriedade ... 26
2.2.2.9. Valor estético da cobertura ... 26
2.2.2.10. Espaço de lazer ... 27
2.2.2.11. Emprego e níveis de produtividade ... 27
2.2.3. Resumo dos custos e benefícios ... 27

3. ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO DE COBERTURAS VERDES ... 29
3.1. ANÁLISE ECONÓMICA DA INSTALAÇÃO DE COBERTURAS VERDES ... 29
3.1.1. Componentes da análise económica ... 32
3.1.1.1. Componente financeira ... 32
3.1.1.2. Componente económica ... 32
3.1.1.3. Componente socio-ambiental ... 32
3.2. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE ... 33
3.3. INCENTIVOS E POLÍTICAS DE APOIO À INSTALAÇÃO DE COBERTURAS VERDES ... 34
3.4. INCERTEZA DA ANÁLISE ... 35

4. CARACTERIZAÇÃO DO CASO DE ESTUDO ... 37
4.1. EVOLUÇÃO DAS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS EM LISBOA ... 37
4.2. CARACTERIZAÇÃO DO PARQUE EDIFICADO EM LISBOA ... 38
4.2.1. Época de construção ... 39
4.2.2. Estrutura do edificado ... 40
4.2.3. Tipo de cobertura do edifício ... 40
4.2.4. Necessidades de reparações ... 41
4.2.5. Utilização do edifício ... 42
4.3. DEFINIÇÃO DOS EDIFÍCIOS TIPO ... 43

5. PRESSUPOSTOS DO MODELO DE AVALIAÇÃO ECONÓMICA ... 45
5.1. PROPOSTA METODOLÓGICA ... 45
5.2. ESCALA DO EDIFÍCIO ... 46
5.2.1. Custo de instalação ... 46
5.2.2. Custo de substituição ... 47
5.2.3. Custo de manutenção ... 48
5.2.4. Custo de demolição ... 48
5.2.5. Vida útil da cobertura ... 48
5.2.6. Seguro de incêndio ... 49
5.2.7. Consumo energético ... 49
5.2.7.1. Consumo doméstico ... 50
5.2.7.2. Consumo dos serviços ... 50
5.2.8. Isolamento sonoro ... 51
5.2.9. Eficiência de painéis fotovoltaicos ... 52
5.2.10. Produção agrícola ... 53

5.2.11. Valor comercial do imóvel, estético e de lazer ... 53
5.3. ESCALA URBANA ... 54
5.3.1. Drenagem e tratamento da água residual pluvial ... 54
5.3.2. Emprego e produtividade ... 56
5.3.3. Saúde pública e bem-estar ... 56
5.3.4. Risco de inundação ... 57
5.3.5. Criação de habitat e preservação de biodiversidade ... 58
5.3.6. Qualidade da água pluvial escoada ... 58
5.3.7. Qualidade do ar ... 59
5.3.8. Poluição sonora urbana ... 60
5.3.9. Efeito de ilha de calor urbano ... 60

6. AVALIAÇÃO ECONÓMICA ... 61
6.1. PARÂMETROS FINANCEIROS DO MODELO DE AVALIAÇÃO ... 61
6.1.1. Período de análise ... 61
6.1.2. Taxa de atualização ... 62
6.1.3. Taxa de inflação ... 62
6.2. CENÁRIOS AVALIADOS ... 62
6.3. ANÁLISE FINANCEIRA ... 63
6.3.1. Análise financeira dos edifícios de serviços ... 63
6.3.2. Análise financeira dos edifícios de habitação ... 65
6.4. ANÁLISE ECONÓMICA ... 67
6.4.1. Análise económica dos edifícios de serviços ... 67
6.4.2. Análise económica dos edifícios de habitação ... 68
6.5. ANÁLISE SOCIO-AMBIENTAL ... 70
6.5.1. Análise socio-ambiental dos edifícios de serviços ... 70
6.5.2. Análise socio-ambiental dos edifícios de habitação ... 71
6.6. RESUMO DA AVALIAÇÃO ECONÓMICA E APLICAÇÃO A LISBOA ... 72
6.7. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE ... 75

7. CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS ... 79
7.1. CONCLUSÕES ... 79
7.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS ... 80

REFERÊNCIAS ... 81
ANEXOS ... A
ANEXO I – CARACTERIZAÇÃO DO PARQUE HABITACIONAL EM LISBOA ... A
ANEXO II – FLUXOS MONETÁRIOS: APLICAÇÃO A LISBOA ... C
ANEXO III – ANÁLISE FINANCEIRA, ECONÓMICA E SOCIO-AMBIENTAL ... D
ANEXO IV – ANÁLISE DE SENSIBILIDADE ... T

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Componentes de uma cobertura verde dispostos da forma mais comum 4
Figura 4.1 – Época de construção dos edifícios de Lisboa..... 39
Figura 4.2 – Época de construção predominante em cada freguesia 39
Figura 4.3 – Tipos de estrutura de construção dos edifícios de Lisboa segundo o ano de construção40
Figura 4.4 – Tipos de coberturas dos edifícios de Lisboa segundo o ano de construção..... 40
Figura 4.5 – Necessidades de reparação na estrutura e cobertura de edifícios em Lisboa segundo o ano de construção 41
Figura 4.6 – Tipo de utilização dos edifícios 42
Figura 5.1 – Proposta de metodologia 45
Figura 5.2 – Matriz da Água de Lisboa em 2014, valores em milhões de m^3 55
Figura 6.1 – Fluxos monetários atualizados não acumulados da análise financeira de edifícios de serviços 64
Figura 6.2 – Fluxos monetários atualizados acumulados da análise financeira de edifícios de serviços 64
Figura 6.3 – Fluxos monetários atualizados não acumulados da análise financeira de edifícios de habitação 66
Figura 6.4 – Fluxos monetários atualizados acumulados da análise financeira de edifícios de habitação 66
Figura 6.5 – Fluxos monetários atualizados não acumulados da análise económica de edifícios de serviços 67
Figura 6.6 – Fluxos monetários atualizados acumulados da análise económica de edifícios de serviços 68
Figura 6.7 – Fluxos monetários atualizados não acumulados da análise económica de edifícios de habitação 69
Figura 6.8 – Fluxos monetários atualizados acumulados da análise económica de edifícios de habitação 69
Figura 6.9 – Fluxos monetários atualizados não acumulados da análise socio-ambiental de edifícios de serviços 70
Figura 6.10 – Fluxos monetários atualizados acumulados da análise socio-ambiental de edifícios de serviços 70
Figura 6.11 – Fluxos monetários atualizados não acumulados da análise socio-ambiental de edifícios de habitação 71
Figura 6.12 – Fluxos monetários atualizados acumulados da análise socio-ambiental de edifícios de habitação 71
Figura 6.13 – Fluxos monetários acumulados da avaliação económica à escala urbana, na cidade de Lisboa 74

Figura 6.14 – Avaliação económica da instalação de coberturas verdes na cidade de Lisboa ao nível das freguesias 75
Figura 6.15 – Análise de sensibilidade dos parâmetros envolvidos na análise socio-ambiental 77
Figura 6.16 – VAL para os diferentes cenários considerados para a análise socio-ambiental em Lisboa 78

Anexo I

Figura I. 1 – Evolução das características estruturais dos edifícios em Lisboa..... B

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Custos e benefícios privados e públicos proporcionados por coberturas verdes..... 4
Tabela 2.2 – Aumento do custo de instalação das coberturas verdes em relação às coberturas escuras e claras 5
Tabela 2.3 – Custo de manutenção anual das coberturas verdes /acréscimo de custo face a coberturas tradicionais 6
Tabela 2.4 – Vida útil das camadas de coberturas verdes 7
Tabela 2.5 – Peso e cargas dos tipos de coberturas verdes 7
Tabela 2.6 – Redução do consumo energético com coberturas verdes comparativamente coberturas tradicionais 10
Tabela 2.7 – Acréscimo de isolamento sonoro com coberturas verdes 13
Tabela 2.8 – Aumento da vida útil da camada de impermeabilização numa cobertura verde em relação a uma tradicional 14
Tabela 2.9 – Aumento do tempo de vida das coberturas verdes relativamente às tradicionais..... 14
Tabela 2.10 – Aumento da produção energética de painéis fotovoltaicos 16
Tabela 2.11 – Potencial das coberturas verdes para receção de créditos LEED..... 17
Tabela 2.12 – Retenção de águas pluviais por parte das coberturas verdes e consequente redução do escoamento 18
Tabela 2.13 – Redução de poluentes nas águas escoadas em coberturas verdes 19
Tabela 2.14 – Redução da transmissão da onda sonora propagada sobre a cobertura verde..... 20
Tabela 2.15 – Absorção de poluentes do ar por parte de coberturas verdes..... 21
Tabela 2.16 – Absorção de carbono por coberturas verdes 22
Tabela 2.17 – Redução das emissões de CO_2 associadas ao menor consumo energético em edifícios com coberturas verdes 22
Tabela 2.18 – Redução da temperatura ambiente, tanto a nível urbano como do edifício 24
Tabela 2.19 – Valores estimados da variação de benefícios de coberturas verdes relativamente a tradicionais 28
Tabela 2.20 – Variação do consumo energético com coberturas verdes relativamente a tradicionais em clima Mediterrâneo 28
Tabela 3.1 – Resumo de análises económicas feitas à instalação de coberturas verdes – critérios base (inputs) 30
Tabela 3.2 – Resumo de análises económicas feitas à instalação de coberturas verdes – principais conclusões..... 30
Tabela 4.1 – Edifícios tipo incluídos na avaliação económica e respetivas considerações 43
Tabela 4.2 – Número de edifícios e área de implantação considerada na avaliação económica em Lisboa 44
Tabela 5.1 – Aumento do preço de instalação..... 47

Tabela 5.2 – Custo de substituição da camada de vegetação e sistema de drenagem de coberturas verdes 47
Tabela 5.3 – Aumento do preço de manutenção decenal 48
Tabela 5.4 – Redução do custo de demolição 48
Tabela 5.5 – Desconto mínimo e máximo no seguro do imóvel devido ao menor risco de incêndio ... 49
Tabela 5.6 – Despesa anual do consumo de energia para aquecimento e arrefecimento ambiente... 50
Tabela 5.7 – Redução do consumo de energia no sector doméstico e respetivo lucro 50
Tabela 5.8 – Consumo de energia para conforto térmica nos edifícios de serviços 51
Tabela 5.9 – Despesa anual do consumo de energia para aquecimento e arrefecimento ambiente... 51
Tabela 5.10 – Redução do consumo de energia no sector de serviços e respetivo lucro 51
Tabela 5.11 – Aumento médio do valor do imóvel devido ao aumento de isolamento sonoro, ao nível de Lisboa 52
Tabela 5.12 – Aumento do valor de lazer, estético e comercial dos imóveis com coberturas verdes . 54
Tabela 5.13 – Despesa de drenagem e tratamento de água pluvial residual no Concelho de Lisboa. 54
Tabela 5.14 – Precipitação média total anual dos últimos anos 55
Tabela 5.15 – Despesas médias anuais evitadas na drenagem e tratamento de águas residuais pluviais não drenadas 56
Tabela 5.16 – Fluxo de investimentos da proposta do PGDL por área de cobertura em Lisboa 57
Tabela 5.17 – Lucro associado à mitigação do risco de inundação por área de cobertura verde em Lisboa 58
Tabela 5.18 – Economia média anual com despesas evitadas no tratamento de águas residuais pluviais drenadas 59
Tabela 5.19 – Economia devido à redução de gases com efeito de estufa 60
Tabela 5.20 – Fluxo de investimentos da proposta do PAR 60
Tabela 6.1 – Variação da taxa de inflação ao longo dos últimos 10 anos 62
Tabela 6.2 – Cenários avaliados 63
Tabela 6.3 – Valor atual líquido da análise financeira para edifícios de serviços e de habitação 67
Tabela 6.4 – Valor atual líquido da análise económica para edifícios de serviços e de habitação 69
Tabela 6.5 – Valor atual líquido da análise socio-ambiental para edifícios de serviços e de habitação 72
Tabela 6.6 – Valor atual líquido das análises económicas para edifícios de serviços e de habitação 73
Tabela 6.7 – Valor atual líquido das análises económicas para edifícios de serviços e de habitação aplicado a Lisboa 73
Tabela 6.8 – Parâmetros e respetiva variação da análise de sensibilidade (cenário mais provável) .. 77

Anexo I

Tabela I. 1 – Restruturação dos limites territoriais das freguesias de Lisboa ..... A
Tabela I. 2 – Utilização dos edifícios de Lisboa ..... A
Tabela I. 3 – Área media dos alojamentos de Lisboa ..... A
Tabela I. 4 – Área de implantação de edifícios de habitação em Lisboa ..... A

Tabela I. 5 – Caraterização dos edifícios de Lisboa (tipo de cobertura e estrutura) ..... B
Tabela I. 6 – Necessidades de reparação na estrutura ..... B
Tabela I. 7 – Necessidades de reparação na cobertura ..... B

Anexo II

Tabela II. 1 – Custo de instalação de coberturas C
Tabela II. 2 – Custo de manutenção decenal de coberturas C
Tabela II. 3 – Seguro de habitação em Lisboa C
Tabela II. 4 – Custo de demolição de coberturas C
Tabela II. 5 – Índice de preços no consumidor C
Tabela II. 6 – Potencial lucro do cultivo de produtos agrícolas C
Tabela II. 7 – Valor de venda estimado para os imóveis em Lisboa (habitação e serviços) C

Anexo III

Tabela III. 1 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 1 ..... D
Tabela III. 2 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 2 ..... E
Tabela III. 3 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 3 ..... F
Tabela III. 4 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 4 ..... G
Tabela III. 5 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 5 I
Tabela III. 6 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 6 ..... J
Tabela III. 7 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 7 ..... K
Tabela III. 8 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 8 ..... M
Tabela III. 9 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 9 ..... N
Tabela III. 10 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 10 ..... O
Tabela III. 11 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 11 ..... Q
Tabela III. 12 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 12 ..... R

Anexo IV

Tabela IV. 1 – Análise de sensibilidade dos parâmetros envolvidos na análise socio-ambiental de Lisboa ..... T
Tabela IV. 2 – Avaliação económica da cidade de Lisboa ao nível da freguesia ..... T

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ADENE – Agência para a energia

BREEM – *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*

CML – Camara Municipal de Lisboa

CO2e – Dióxido de carbono equivalente

ERSE – Entidade Reguladora de Serviços Energéticos

ETAR – Estação de tratamento de Águas Residuais

GEE – Gases do efeito de estufa

GPL – Gases de petróleo liquefeito

GWP – Potencial de aquecimento global (*Global Warming Potential*)

INE – Instituto Nacional de Estatística

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

LAI - *Leaf Area Index*

LEED – *Leadership in Energy and Environmental Design*

PAR – Plano de Ação do Ruído

PDM – Plano Diretor Municipal

PEBD – Polietileno de Baixa Densidade

PGDL – Plano Geral de Drenagem de Lisboa

PIB – Produto interno bruto

PP – Polipropileno

ProDeR – Programa de Desenvolvimento Rural

TIR – Taxa interna de rendibilidade

SIMTEJO – Saneamento Integrado dos Municípios do Tejo e Trancão SA

VAL – Valor atual líquido

XPS – Poliestireno extrudido

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

O intenso processo de urbanização ocorrido nos últimos anos tem tido repercussões importantes no ambiente, nomeadamente na degradação de diversos ecossistemas e, consequentemente, da qualidade de vida dos seus habitantes (Carter e Keeler, 2008). Só o sector da construção, através da construção e manutenção do edificado, representa grande parte do consumo de energia a nível mundial. Este consumo envolve, para além da emissão de poluentes para a atmosfera como, por exemplo, os gases com efeito de estufa (GEE), também o consumo de recursos naturais existentes em quantidades limitadas. Os elevados níveis de emissões de poluentes para a atmosfera, agravados pela atividade humana característica das áreas urbanas com grande densidade populacional, contribuem para a deterioração da qualidade do ar e provocam o aumento da temperatura ambiental (Berardi et al., 2014; Refahi e Talkhabi, 2015). Para além do desenvolvimento acelerado das cidades, surge a questão da redução de áreas verdes e todos os problemas resultantes (Berardi et al., 2014; Refahi e Talkhabi, 2015). Em resultado, estabelecem-se grandes superfícies impermeáveis em detrimento de espaços com capacidade de regulação do clima e escoamento de água (Carter e Keeler, 2008).

Uma forma de atenuar a maioria dos impactos anteriormente enumerados passa por devolver espaços verdes às áreas urbanas. Contudo, a área de solo disponível nas cidades é de elevado valor económico, tornando este processo mais complicado. As coberturas dos edifícios, muitas vezes sem qualquer tipo de utilização, são espaços que podem ser aproveitados para solucionar esta questão, na medida em que constituem uma grande parte da área da superfície das cidades (Santamouris, 2014).

É neste seguimento que surge o conceito de vegetar as coberturas dos edifícios, designadas por coberturas verdes, cuja utilização melhora, não só, o desempenho energético ou acústico do próprio edifício onde está instalada, como ainda contribui para restabelecer a integridade ambiental nas áreas urbanas, quando aplicada em grande escala (Berardi et al., 2014). Esta foi uma das novas práticas construtivas desenvolvidas com o intuito de quebrar a tendência de deterioração da qualidade urbana (Berardi et al., 2014; Carter e Keeler, 2008; Refahi e Talkhabi, 2015), porém, a sua instalação envolve custos que devem ser equacionados juntamente com os seus benefícios. O elevado investimento inicial que implicam, pode tornar a solução menos atrativa para os proprietários dos edifícios visto que todos os custos diretamente associados ao ciclo de vida da cobertura, como o de instalação e de manutenção por exemplo, são inteiramente comportados pelos mesmos. Desta forma, o promotor de um projeto de coberturas verdes pode hesitar em suportar despesas elevadas que se traduzirão em benefícios, tanto privados como para a sociedade em geral, apenas a longo prazo. Tendo em conta que só haverão benefícios para a sociedade com a soma das ações individuais, a decisão de instalar coberturas verdes, e definições de possíveis estratégias de incentivo para tal, deve contabilizar as várias componentes económicas deste tipo de soluções sustentáveis e ambientalmente amigáveis.

A presente dissertação surge neste contexto, tendo por objetivo avaliar o custo-benefício das coberturas durante o seu ciclo de vida, quer ao nível do edifício quer ao nível urbano, de modo a suportar a decisão de instalar coberturas verdes por parte de investidores privados e municípios. O

estudo teve uma aplicação específica a Portugal, de modo contabilizar o facto de as características regionais terem uma grande influência no desempenho das coberturas verdes, devido, por exemplo, à variabilidade das condições climáticas e custos praticados.

1.2. OBJETIVOS

A presente dissertação tem como principal objetivo avaliar o potencial económico da instalação de coberturas verdes à escala urbana, com uma aplicação a Lisboa. Como objetivos intercalares, enumeram-se:

- identificação e quantificação de custos e benefícios ao nível do edifício;
- identificação e quantificação de custos e benefícios ao nível urbano;
- seleção de edifícios tipo representativos da área urbana de Lisboa;
- formulação da metodologia para avaliar os custos-benefícios da instalação de coberturas verdes ao nível do edificado e urbano;
- avaliação custo-benefício do projeto à escala individual, aplicada a edifícios tipo representativos da área urbana de Lisboa;
- avaliação custo-benefício do projeto à escala urbana, usando como caso de estudo a cidade de Lisboa;
- realização de uma análise de sensibilidade aos parâmetros mais influentes na avaliação custo-benefício dos casos de estudo anteriores.

1.3. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO E METODOLOGIA

O presente documento encontra-se dividido em 7 capítulos. É neste primeiro capítulo que o tema é enquadrado e os objetivos da dissertação explicitados, acompanhados de uma breve explicação da estruturação do documento. No segundo capítulo é descrito o conceito de coberturas verdes, seguido da identificação e quantificação dos custos e benefícios a ele articulados. No terceiro capítulo é apresentada uma revisão bibliográfica de avaliações económicas já realizadas, na sequência das quais se introduz a presente tese. No quarto capítulo procede-se à definição e caracterização do caso estudo, a cidade de Lisboa, e do seu parque edificado, sobre o qual incide o estudo realizado. No quinto capítulo são apresentados e explicados todos os pressupostos integrantes na avaliação económica efetuada para o caso estudo e apresentada uma proposta metodológica na qual esta se irá basear. Segue-se o sexto capítulo onde são apresentados e analisados os resultados obtidos nessa avaliação, os quais, no sétimo e último capítulo, são compilados em jeito de conclusão. Nesse capítulo são ainda sugeridas futuras investigações que possam complementar a avaliação realizada nesta dissertação. São, por fim, apresentados em anexo todos os dados necessários para a compreensão do trabalho realizado.

A avaliação económica incide sobre dois cenários possíveis: substituir a cobertura existente de um edifício por outra idêntica ou por uma cobertura verde. Nesse sentido foi estimado o plano dos fluxos monetários (entrada e saída de capital) no período de análise, traduzidos pela variação de custos ou ganhos relativamente aos dois cenários comparados. A avaliação foi efetuada segundo 3 níveis (financeiro, económico e socio-ambiental) e aplicada a Lisboa, o que levou à necessidade de tipificar o parque edificado, de acordo com as características e tipo de utilização, para definir os edifícios cobertos pelo estudo e a respetiva área. Com base nos resultados da viabilidade do investimento, foi ainda realizada uma análise de sensibilidade para determinar os parâmeros relevantes neste processo e com o intuito de consciencializar para a incerteza e variabilidade a ela associada.

2. COBERTURAS VERDES

2.1. SISTEMA DAS COBERTURAS VERDES

As coberturas verdes podem ser classificadas como extensivas, intensivas e semi-intensivas consoante o tipo de vegetação, as características e a finalidade, e cuja eficácia da aplicação depende especialmente das condições climáticas locais (FLL, 2008).

As coberturas verdes extensivas são compostas por uma camada mais fina de substrato, que por norma não excede os $20\ cm$ e têm vegetação de menor porte. Sendo assim mais leves, são indicadas para coberturas de menor capacidade de carga e sem utilização regular dos utentes. O seu processo de instalação é consideravelmente simples e tem uma manutenção autossuficiente, na qual a sua vegetação resistente requer apenas duas a quatro inspeções por ano, resultando em menores custos (FLL, 2008). Existe uma certa limitação em termos da vegetação que pode ser aplicada nestas coberturas, o que compromete o seu desempenho energético e a gestão do escoamento de águas pluviais. Contudo, apresentam, por norma, um bom desempenho em climas subtropicais com chuva intensa e temperaturas elevadas (Berardi et al., 2014; Hashemi et al., 2015; Refahi e Talkhabi, 2015).

As coberturas verdes intensivas, pelo contrário, requerem um substrato mais profundo, geralmente superior a $15\ cm$, e têm maior densidade de vegetação. São geralmente coberturas acessíveis e aptas a diversas funções, o que implica uma manutenção constante (FLL, 2008). Existe uma maior liberdade de escolha no tipo de plantas que pode ser implementado, e, portanto, funcionam melhor a nível da gestão do escoamento, aumento da qualidade das águas pluviais e isolamento térmico e acústico. No entanto, o seu elevado peso pode implicar custos adicionais devido a reforços na estrutura que, somados aos custos do seu sistema complexo de drenagem e irrigação, encarecem esta alternativa (Berardi et al., 2014; Hashemi et al., 2015).

Nas coberturas verdes semi-intensivas a espessura do substrato varia entre 12 e $50\ cm$, podendo alcançar os $90\ cm$, o que permite uma variabilidade e densidade de vegetação um pouco superior que as extensivas mas inferior às intensivas (FLL, 2008).

De um modo geral, as coberturas verdes multicamada (as mais comuns) são constituídas pelos componentes indicados na Figura 2.1. À camada inferior de suporte segue-se a camada de impermeabilização, para garantir a estanqueidade do sistema, eventualmente protegida pela barreira de raízes, que impede perfurações (existem telas de impermeabilização que incorporam em si estas duas funcionalidades). A proteção mecânica opera como separação física, com o intuito de impedir a passagem de água e nutrientes. A camada de drenagem, por sua vez, assemelha-se a “copos abertos para cima” que retêm a água até transbordarem. É este elemento que controla o escoamento, visto que retém a água que é usada posteriormente para abastecer o substrato e vegetação e drena os excessos. Esta camada é sobreposta por um filtro para evitar que o escoamento de água arraste partículas finas e sedimentos do substrato, assegurando a limpeza e eficiência da camada de drenagem e, ao mesmo tempo, manter a integridade da vegetação e do substrato. Por fim, a camada de substrato tem também um papel essencial na regularização do escoamento das águas e serve de suporte à vegetação, fornecendo-lhe nutrientes, água e ar para se desenvolver. A sua composição e características depende

da camada final, a vegetação.

Pode ser necessário integrar camadas adicionais como, por exemplo, um sistema de irrigação, filtros complementares e uma camada de isolamento térmico, dependendo de condições climáticas, disponibilidade de água, entre outras características locais (Berardi et al., 2014; Bozorg Chenani et al., 2015; Silva et al., 2015).

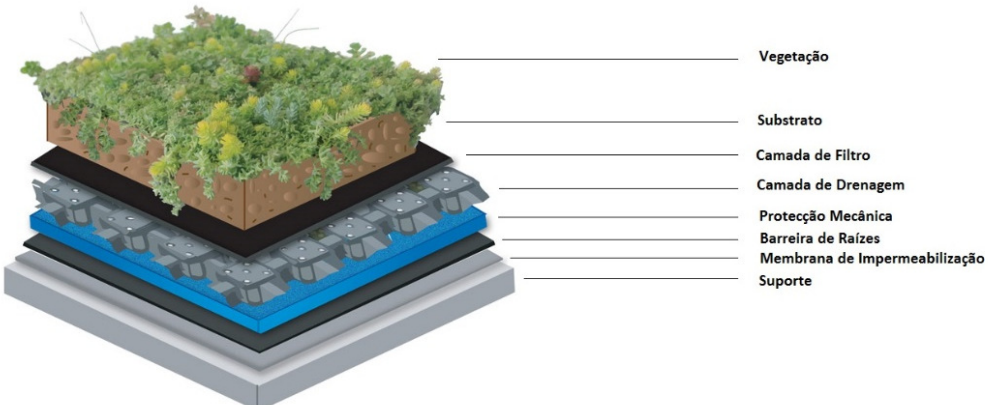


Figura 2.1 – Componentes de uma cobertura verde dispostos da forma mais comum (adaptado de SustentArqui, 2016)

É possível indicar custos e benefícios associados à instalação de coberturas verdes, que se evidenciam de modos diferentes consoante a sua escala de aplicação em edifícios. Os mesmos podem ser organizados tanto a nível privado e público, tal como são apresentados na Tabela 2.1, como ainda a nível económico, social e ambiental.

Tabela 2.1 – Custos e benefícios privados e públicos proporcionados por coberturas verdes

Custos e benefícios privados	Custos e benefícios públicos
▪ Conforto térmico ▪ Redução do consumo energético; ▪ Melhoria do isolamento sonoro; ▪ Aumento das cargas permanentes sobre a cobertura; ▪ Aumento da vida útil da membrana de impermeabilização; ▪ Aumento da vida útil da cobertura; ▪ Resistência ao fogo; ▪ Possibilidade de cultivo na cobertura; ▪ Elevado custo de instalação; ▪ Aumento do custo de manutenção; ▪ Custo de substituição; ▪ Custo de demolição; ▪ Políticas de incentivo (caso existentes); ▪ Participação para a avaliação da sustentabilidade do ambiente construído.	▪ Mitigação do efeito de ilha de calor urbano; ▪ Conservação de ecossistemas: redução da poluição atmosférica e melhoria da qualidade do ar (redução de poluentes e captura de CO_2) e da qualidade da água pluvial escoada; ▪ Gestão do escoamento de águas pluviais (redução e atraso); ▪ Economias no sistema de drenagem e tratamento de águas resíduas (se unitário); ▪ Absorção do ruído (redução da poluição sonora urbana); ▪ Preservação ecológica e promoção da biodiversidade (criação de habitat); ▪ Melhoria da saúde pública e qualidade de vida dos cidadãos; ▪ Incentivo à reciclagem de materiais e potencialidade para menores níveis de poluição, associados à produção; ▪ Aumento do valor comercial do imóvel; ▪ Aumento do espaço útil de lazer e valor estético; ▪ Criação de emprego e maiores níveis de produtividade no trabalho.

Foram realizadas até à data diversos estudos sobre os custos e benefícios que surgem da instalação de coberturas verdes em edifícios, muitos deles baseados em casos estudo reais dispersos pelo mundo. A obtenção de resultados divergentes prende-se sobretudo com a existência de fatores que influenciam diretamente o desempenho das coberturas e conduzem a valores de benefícios distintos, como seja a solução construtiva adotada, a geometria do edifício e da cobertura e, especialmente, o local de aplicação e todos os parâmetros a ele associados.

De modo a proceder à avaliação económica da instalação de coberturas verdes, efetua-se de seguida uma compilação de valores limites esperados para cada custo e benefício referido anteriormente.

2.2. QUANTIFICAÇÃO DOS CUSTOS E BENEFÍCIOS DE COBERTURAS VERDES

2.2.1. Custos e benefícios privados

2.2.1.1. Custo de instalação

A partir de estudos de mercado é possível determinar os custos correntes praticados na instalação de coberturas verdes, associados a fatores como: tipologia, altura do edifício, método de construção e localização. De uma forma geral as coberturas extensivas são mais baratas que as intensivas, e quanto maior a altura do edifício maior o custo, consequência de superiores custos de transporte de material e equipamentos (Refahi e Talkhabi, 2015). Também os custos de mão-de-obra e equipamento praticados no local têm influência neste custo (Bianchini e Hewage, 2012b). Bianchini e Hewage (2012a) indicam um investimento inicial para coberturas extensivas no Canada entre 114 e $145\ €/m^2$ e para as intensivas a partir de $473\ €/m^2$. Este custo de instalação de coberturas verdes é significativamente superior ao das coberturas tradicionais e, portanto, representa um dos principais obstáculos à decisão de investimento nesta alternativa (Sproul et al., 2014). Na Tabela 2.2 são especificados diversos valores referentes ao acréscimo de custo devido à instalação de coberturas verdes em edifícios, identificados de acordo com o tipo de cobertura e localização, visto serem dois dos parâmetros com maior influência no preço praticado.

Tabela 2.2 – Aumento do custo de instalação das coberturas verdes em relação às coberturas escuras e claras

Cobertura verde	Localização	Aumento do custo de instalação		Referência
		Escura (€/m²)	Clara (€/m²)	
Extensiva	Europa	75 a 100	55 a 80	Ascione et al. (2013)
	Inglaterra	76 a 126		The green roof centre (2016)
	EUA	52 a 99		Neoturf (2016)
	Canada	132		Sproul et al. (2014)
	Holanda	35		Claus e Rousseau (2012)
Semi-intensiva e Intensiva	Inglaterra	126 a 140		The green roof centre (2016)
Intensiva	Canada	137 a 272		Sproul et al. (2014)
	EUA	142 a 281		Neoturf (2016)

Em Portugal o valor da instalação de coberturas verdes extensivas varia entre 50 e $55\ €/m^2$, especificamente $43\ €/m^2$ para coberturas de grandes dimensões e $80\ €/m^2$ para as de pequenas dimensões. Estes valores indicam que, tal como referido em Green PSF (2016), o preço diminui à medida que a área de cobertura aumenta. Importa mencionar que, caso seja necessário proceder a

alterações estruturais, em situações de reabilitação, os custos de instalação têm tendência para a serem superiores (Berardi et al., 2014).

2.2.1.2. Custo de manutenção

As vantagens proporcionadas pelas coberturas verdes dependem diretamente do seu desempenho. Desta forma, é essencial assegurar a sua correta manutenção, de modo a obter os benefícios previstos, principalmente através da irrigação (Bianchini e Hewage, 2012b).

O período de estabelecimento da cobertura verde, que envolve uma estação de desenvolvimento completo após a instalação (Verão), é fundamental para o sucesso do sistema e, portanto, apresenta, por norma, maiores custos de manutenção, uma vez que o processo deve ser mais rigoroso (Sproul et al., 2014; Columbia Green Technologies, 2016).

Tal como na instalação, é possível estimar um valor de mercado que varia de igual forma com condicionantes como a tipologia, sendo mais elevado no caso das intensivas ou quando é necessário irrigar o sistema, tal como referido na secção 2.1 (Berardi et al., 2014; Bianchini e Hewage, 2012b).

Na Tabela 2.3 são apresentados custos de manutenção anual de coberturas verdes e respetivos acréscimos de custos face a coberturas tradicionais.

Tabela 2.3 – Custo de manutenção anual das coberturas verdes /acréscimo de custo face a coberturas tradicionais

Cobertura verde	Localização	Custo/acréscimo de custo de manutenção anual (€/m²)		Referência
		Custo	Acréscimo	
Extensiva	EUA	2,60	2,40	Sproul et al. (2014)
	Itália	3,00	-	Peri et al. (2012)
Sem referência	Holanda	-	1,00	Claus e Rousseau (2012)

Estes valores sugerem uma diferença pouco significativa entre o custo de manutenção total e o acréscimo que ele representa relativamente a coberturas tradicionais.

2.2.1.3. Custo de substituição

Estudos afirmam que o custo de substituição no final da vida útil pode corresponder a aproximadamente um terço do custo inicial de instalação, uma vez que a maior parte dos seus componentes são recuperáveis (apenas a membrana de impermeabilização precisa de ser trocada). Ainda assim, o elevado custo de instalação destas coberturas contribui para uma substituição igualmente dispendiosa (Sproul et al., 2014).

Também estes gastos de substituição de coberturas verdes podem ser estimados após a consulta de valores de mercado e estão igualmente associados ao tipo de solução adotada (Bianchini e Hewage, 2012b). Sproul et al. (2014), por exemplo, indicam um aumento do custo de substituição das coberturas verdes extensivas relativamente a coberturas escuras e claras de $31\ €/m^2$.

Para além dos custos de substituição integral da cobertura, devem ainda ser consideradas as substituições de certas componentes, ao longo do tempo, que apresentam uma vida útil menor. A estimativa de vidas úteis para as camadas constituintes de coberturas verdes referidas em Coelho (2014) são indicadas na Tabela 2.4. Note-se que o valor indicado na tabela para a estrutura de suporte é um valor mínimo, geralmente de 50 anos, que, no entanto, depende bastante do dono de obra.

Tabela 2.4 – Vida útil das camadas de coberturas verdes (Coelho, 2014)

Camada da cobertura verde	Vida útil (anos)	Vida útil média (anos)
Isolamento térmico	20 a 100	60
Estrutura de suporte	30 a 50	40
Sistema de drenagem	10 a 40	25

Por ter uma vida útil semelhante à da cobertura, o isolamento térmico é incluído no custo de substituição total da cobertura, ao contrário das restantes camadas.

2.2.1.4. Custo de demolição

No final da vida útil das coberturas verdes, a demolição pode proceder à eliminação dos materiais através de reciclagem (camada de drenagem e barreira de raízes), reutilização ou deposição em aterro. O custo que resulta do processo de demolição depende de vários fatores, como o tamanho da cobertura, as componentes do sistema construtivo, o local, características do edifício, entre outros (Bianchini e Hewage, 2012b).

Caso o local não tenha tecnologia para reciclar os componentes, é necessário depositá-los em aterro sem qualquer tratamento. Para essa situação, Bianchini e Hewage (2012b) assume um custo de aterro até $0{,}18\ €/m^2$para coberturas verdes extensivas e até $0{,}10\ €/m^2$ para intensivas.

2.2.1.5. Capacidade estrutural

Em contexto de reabilitação, a instalação de coberturas verdes implica um aumento de cargas permanentes para as quais a estrutura do edifício não foi concebida. É importante considerar a possibilidade de ocorrerem falhas estruturais que comprometam a segurança dos utentes e, nesse sentido, a necessidade de proceder a ajustes e modificações na estrutura que conduzem a custos adicionais (Berardi et al., 2014). Os problemas estruturais não são verificados caso a laje da cobertura do edifício seja composta quer por betão reforçado quer por aço perfilado, uma vez que estas conseguem suportar uma carga extra entre 5 a $10\ kN/m^2$, equivalente a um substrato de cobertura verde até aproximadamente $80\ cm$ de espessura (Berardi et al., 2014). Deste modo, são especificados o peso e as cargas para os três tipos de coberturas verdes na Tabela 2.5. É também importante que a cobertura apresente elevada condutividade hidráulica, de modo a evitar a criação de poças de água na superfície do substrato que, aumentando o peso, sobrecarregam a estrutura e podem induzir à corrosão de diversos elementos construtivos (Vijayaraghavan e Joshi, 2015) e morte das plantas por asfixia radicular.

Tabela 2.5 – Peso e cargas dos tipos de coberturas verdes

	Extensiva	Semi-intensiva	Intensiva	Referência
Peso (kg/m² e kN/m²)	120 – 150 1,2 – 1,5	-	> 150 > 1,5	ZinCo (2016)
	60 – 150 0,6 – 1,5	120 – 200 1,2 – 2,0	180 - 500 1,8 – 4,9	IGRA (2016)
	50 – 300 0,5 – 3,0	-	320 – 1 300 3,2 – 13,0	Optigreen (2016)
	96 – 190 1,0 – 1,9	90 – 232 0,9 – 2,3	> 285 > 2,8	SIG (2016)
	75 – 180 0,7 – 1,8	200 - 500 2,0 – 4,9	500 – 2 000 4,9 – 19,6	Vegetal i.D. (2016a)
	73 – 122 0,7 – 1,2	122 - 195 1,2 – 1,9	171 – +391 1,7 – 3,8	Green Roof Technology (2016)
	49 - 146 0,5 – 1,4	146 - 195 1,4 – 1,9	146 - 488 1,4 – 4,8	Greensulate (2016)

Também a inclinação da cobertura tem um papel importante na viabilidade estrutural, visto que inclinações superiores implicam um sistema de fixação mais complexo e, portanto, custos de instalação mais elevados. Desta forma, a partir de uma certa inclinação a cobertura verde deixa de ser viável. Na ZinCo (2016) encontram-se disponíveis coberturas extensivas com inclinações até $35º$. Para os restantes tipos não é aconselhada pendente, sendo recomendada a instalação em coberturas planas.

2.2.1.6. Consumo energético

A instalação de coberturas verdes permite controlar a variação da temperatura no interior do edifício e, consequentemente, reduzir o consumo energético devido à sua capacidade de regulação do fluxo de calor. Em climas quentes, potencia a redução da temperatura à superfície, sombreando da radiação solar e prevenindo a penetração de calor, uma vez que consomem essa energia solar durante os processos de evapotranspiração e fotossíntese (Hashemi et al., 2015). Por outro lado, em climas frios, a sua baixa condutividade térmica e a espessura do solo potenciam o aumento da temperatura interior, reduzindo as perdas de calor para o exterior (Berardi et al., 2014).

O desempenho energético das coberturas verdes é influenciado essencialmente pelas caraterísticas da cobertura verde e condições climáticas do local. Por exemplo, a espessura do substrato proporciona benefícios distintos consoante a estação, sendo que quanto maior, maior o isolamento conferido e, portanto, maior o consumo de energia de arrefecimento e menor para aquecimento (Refahi e Talkhabi, 2015). Também a presença e a quantidade de água e, portanto, o regime de precipitação do local e o sistema de rega estabelecido, são fatores que influenciam o desempenho da cobertura, ainda que de uma maneira menos relevante que o tipo de vegetação utilizada e a sua densidade (*LAI*): uma cobertura verde com elevado teor em água tem maior capacidade de evapotranspiração, o que envolve maior remoção de calor do edifício e, portanto, maior eficiência do isolamento térmico proporcionado (Getter et al., 2011; Nardini et al., 2012). Um estudo realizado por Nardini et al. (2012) concluiu que a profundidade do solo tem maior impacto na redução do consumo de energia que a quantidade de água nele contida e, neste contexto, Getter et al. (2011) recomendam o aumento da profundidade do mesmo e uma maior irrigação.

As características do edifício, como a geometria e o tipo de utilização, são igualmente importantes para a capacidade do isolamento térmico. Em edifícios cuja utilização implica grandes perdas ou ganhos térmicos por ventilação ou incidência solar pelos envidraçados, a redução será menos significativa que naqueles onde as necessidades energéticas são devido a, maioritariamente, processos de transferência de calor (Ng et al., 2012), uma vez que a cobertura constitui parte da envolvente opaca. Como exemplo deste aspeto, Saiz et al. (2006) justificaram os baixos valores de economias energéticas com o elevado número de pisos do edifício estudado, em que a cobertura representava apenas 16% da superfície envolvente. Neste sentido, para obter reduções do consumo energético superiores, os autores recomendam a instalação das coberturas em edifícios baixos. Tendo em conta todas estas variáveis, têm sido feitos diversos estudos de forma a analisar a sua influência na redução do consumo energético das coberturas verdes em comparação a coberturas tradicionais, alguns dos quais estão apresentados na Tabela 2.6. A tabela resume as caraterísticas mais importantes de cada estudo, nomeadamente o tipo de clima, tipo de isolamento e tipo de vegetação, por serem as mais influentes.

Na estação de arrefecimento, as necessidades energéticas diminuem devido ao sombreamento,

massa do substrato e ao calor consumido pela vegetação durante a evapotranspiração. Contudo, nestas situações, este efeito é anulado com a existência de camadas adicionais de isolamento e o consumo energético acaba por aumentar, tal como indicado no estudo de Silva et al. (2016). Apesar de não apresentarem as mesmas conclusões, os estudos de Niachou et al. (2001), Jaffal et al. (2012), Santamouris et al. (2007), Zinzi e Agnoli (2012) e Wong et al. (2003) reforçam este aspeto, uma vez que para a cobertura não isolada a redução do consumo energético é superior face à cobertura isolada. Um estudo realizado por Olivieri et al. (2013) em Ancona, Itália, revelou que as coberturas verdes acabam por funcionar não apenas como isolamento, mas também como sistema de refrigeração passiva no verão, retirando calor do interior do edifício através da evapotranspiração. Esta conclusão baseou-se nos resultados obtidos, em que a quantidade de energia que atravessou a cobertura para fora foi superior à que entrou em cerca de 9%, fenómeno que ocorre apenas para tipos de vegetação densos. Relativamente às coberturas claras, as coberturas verdes revelam-se menos vantajosas nesta estação, devido à elevada refletividade das primeiras. Esta caraterística é exposta nos estudos de autores como Saiz et al. (2006), Zinzi e Agnoli (2012), Ascione et al. (2013) e Silva et al. (2016), contudo, este último indica, como exceção, as coberturas verdes intensivas como sendo competitivas em relação à solução de coberturas claras.

Resumindo e com base na tabela, de uma forma geral, em climas quentes, onde prevalecerem as altas temperaturas todo o ano e as necessidades de aquecimento são praticamente nulas, as coberturas verdes são especialmente vantajosas devido aos benefícios que apresentam durante a estação de arrefecimento (Berardi et al., 2014), particularmente importantes para as temperaturas de pico como concluído pelo autor Saiz et al. (2006).

Na estação de aquecimento o isolamento é conferido especialmente pelo maior controlo do fluxo através da cobertura devido à baixa condutividade térmica e da espessura do solo, que se traduz na redução de perdas de calor para o exterior (Berardi et al., 2014). Quando associada a camadas de isolamento adicionais, diminuem ainda mais o coeficiente de transmissão térmica da cobertura. Contudo, nas situações em que a cobertura dispunha previamente de isolamento, a adição da cobertura verde não apresenta melhorias tão evidentes quando comparada com uma situação sem ou com menos isolamento, tal como representam os estudos de Niachou et al. (2001), Jaffal et al. (2012), Zinzi e Agnoli (2012) e Silva et al. (2016). Comparativamente a coberturas claras, os benefícios são evidentes uma vez que as primeiras, dado a sua elevada refletividade, reduzem consideravelmente os ganhos de calor. Esta caraterística é novamente exposta nos estudos de vários autores como Saiz et al. (2006), Zinzi e Agnoli (2012), Ascione et al. (2013) e Silva et al. (2016). Neste sentido as coberturas verdes podem ser benéficas em climas frios, no entanto podem apresentar pontualmente desempenhos negativos, tal como ocorrido nos estudos de Ascione et al. (2013) e Jaffal et al. (2012), na medida também diminuem os ganhos solares devido à sua refletividade, sombreiam, e podem utilizar o calor interior para a evapotranspiração (Berardi et al., 2014). De uma forma geral, os estudos apresentados demonstram reduções das necessidades energéticas anuais do edifício com coberturas verdes, exceto pontualmente quando comparadas com coberturas claras. Expõem também as coberturas verdes como uma medida eficaz para melhorar o conforto térmico em edifícios pouco isolados, tipicamente antigos, onde as economias de energia se revelam substancialmente superiores relativamente a um cenário com isolamento térmico.

Tabela 2.6 – Redução do consumo energético com coberturas verdes comparativamente coberturas tradicionais

	Local	Clima	Estudo	Cobertura de referência			Redução do consumo energético anual			Ref.
							Aquecimento	Arrefecimento	Total	
Extensiva	Atenas, Grécia	Mediterrâneo	Simulação com base em medições no verão; Hotel	Sem referência		Isolada	8-9%	0%	2%	Niachou et al. (2001)
						Moderadamente isolada	13%	0 - 4%	3-7%	
						Não isolada	45-46%	22 - 45%	31-44%	
	Madrid, Espanha		Simulação; Edifício residencial de 8 andares (34 habitações e zona comercial)	667 m^2		Cascalho cinzento	0,12% gás natural	6% eletricidade 25% (pico) nos andares superiores	1,2%	Saiz et al. (2006)
						Clara	0,82% gás natural	2,2% eletricidade	0,8%	
	La Rochelle, França	Oceânico	Simulação; Moradia	Tradicional		Não isolada	47,8%	100%	50,4%	Jaffal et al. (2012)
						Isolada (15 cm)	-1,2%	84%	4,9%	
						Isolada (30 cm)	-1,8%	56%	2,9%	
						Isolada (10 cm)	-0,3%	96%	6%	
	Atenas, Grécia	Mediterrâneo					-7,8%	52,7%	31,6%	
	Estocolmo, Suécia	Continental húmido					8,2%	0%	8,2%	
	Barcelona, Espanha	Mediterrâneo	Simulação; Edifícios residenciais: geminado de 2 andares (G) e moradia unifamiliar isolada de 1 piso (M)	68 m^2 (G) 112 m^2 (M)	Escura	Isolada	8^G e 2^M	-5^G e 30^M	6^G e 8^M	Zinzi e Agnoli (2012)
						Não isolada	12^G e 5^M	10^G e 54^M	12^G e 10^M	
					Clara	Isolada	22^G e 20^M	-193^G e -84^M	11^G e 13^M	
						Não isolada	28^G e 24^M	-500^G e -227^M	20^G e 21^M	
	Palermo, Itália				Escura	Isolada	15^G e 0^M	-6^G e 6^M	3^G e 4^M	
						Não isolada	16^G e 2^M	4^G e 19^M	11^G e 9^M	
					Clara	Isolada	36^G e 29^M	-128^G e -90^M	-14^G e -15^M	
						Não isolada	39^G e 30^M	-283^G e -190^M	-1^G e 4^M	
	Cairo, Egipto	Desértico			Escura	Isolada	19^G e 22^M	-1^G e 1^M	2^G e 3^M	
						Não isolada	21^G e 23^M	11^G e 11^M	13^G e 14^M	
					Clara	Isolada	47^G e 54^M	-86^G e -65^M	-44^G e -37^M	
						Não isolada	50^G e 54^M	-222^G e -115^M	-50^G e -23^M	
	Tenerife, Espanha	Semiárido	Simulação; Escritórios	986 m^2 Isolada		Escura	Sem necessidades	1,1%	Sem referência	Ascione et al. (2013)
						Clara		-12,4%		
	Sevilha, Espanha	Mediterrâneo				Escura	28,9%	-0,9%	-0,3%	
						Clara	55,6%	-15,5%	-12,7%	
	Roma, Itália					Escura	16,4%	0,1%	1,7%	
						Clara	35,1%	-14,1%	-7,4%	
	Amesterdão, Holanda	Oceânico				Escura	6,2%	0,1%	4,0%	
						Clara	12,9%	-17,3%	3,7%	

Tabela 2.6 - Redução do consumo energético com coberturas verdes comparativamente coberturas tradicionais (Continuação)

	Local	Clima	Estudo	Cobertura de referência			Redução do consumo energético anual			Ref.
							Aquecimento	Arrefecimento	Total	
Extensiva	Londres, Inglaterra	Oceânico	Simulação; Escritórios	986 m² Isolada		Escura	7,8%	-1,1%	4,3%	Ascione et al. (2013)
						Clara	15,7%	-19,8%	3,7%	
	Oslo, Noruega	Continental húmido				Escura	5,6%	-1,4%	4,4%	
						Clara	9,5%	-21,3%	5,5%	
	Lisboa, Portugal	Mediterrâneo	Simulação (validada com medições); Quarto adiabático	17,2 m²	Escura	Não isolada	47,8%	7,4%	20,8%	Silva et al. (2016)
						Isolada (4 cm)	53,3%	-25,7%	-3,8%	
						Isolada (8 cm)	53,0%	-23,0%	-7,2%	
					Clara	Não isolado	71,1%	-315,0%	-5,9%	
						Isolado (4 cm)	71,7%	-218,3%	-39,6%	
						Isolado (8 cm)	72,6%	-141,6%	-41,2%	
Semi-intensiva	Tenerife, Espanha	Semiárido	Simulação; Escritórios	986 m² Isolada		Escura	Sem necessidades	6,6 a 7,9%	Sem referência	Ascione et al. (2013)
						Clara		-6,2 a - 4,7%		
	Sevilha, Espanha	Mediterrâneo				Escura	12,3 a 14,1%	6,9 a 7,4%	7,1 a 7,6%	
						Clara	45,2 a 46,3%	-6,5 a -5,9%	-4,4 a -3,9%	
	Roma, Itália					Escura	11,1 a 12,7%	4,5 a 5,4%	5,3 a 6,1%	
						Clara	31,0 a 32,2%	-9,0 a -8,0%	-3,5 a -2,5%	
	Amesterdão, Holanda	Oceânico				Escura	7,2 a 8,0%	3,7 a 4,8%	6,0 a 6,9%	
						Clara	13,9 a 14,7%	-13,1 a -11,8%	5,7 a 6,6%	
	Londres, Inglaterra	Oceânico	Simulação; Escritórios	986 m² Isolada		Escura	7,2 a 8,1%	5,0 a 6,5%	6,5 a 7,5%	
						Clara	15,1 a 16,0%	-12,5 a 10,8%	5,9 a 6,9%	
	Oslo, Noruega	Continental húmido				Escura	5,4 a 5,8%	5,6 a 6,6%	5,5 a 6,0%	
						Clara	9,4 a 9,8%	-13,0 a -11,8%	6,5 a 7,0%	
	Lisboa, Portugal	Mediterrâneo	Simulação (validada com medições); Quarto adiabático	17,2 m²	Escura	Não isolada	42,1	66,9%	58,7%	Silva et al. (2016)
						Isolada (4 cm)	30,0	41,3%	38,2%	
						Isolada (8 cm)	27,3	30,6%	29,9%	
					Clara	Não isolado	67,9	-48,1%	4,8%	
						Isolado (4 cm)	57,6	-48,6%	16,8%	
						Isolado (8 cm)	57,5	-36,3%	7,6%	
Intensiva	Tenerife, Espanha	Semiárido	Simulação; Escritórios	986 m² Isolada		Escura	Sem necessidades	10,8%	Sem referência	Ascione et al. (2013)
						Clara		-1,4%		
	Sevilha, Espanha	Mediterrâneo				Escura	-2,8%	11,0%	10,7%	
						Clara	35,7%	-1,9%	-0,4%	
	Roma, Itália					Escura	4,8%	8,1%	7,8%	
						Clara	26,0%	-4,9%	-0,7%	
	Amesterdão, Holanda	Oceânico				Escura	5,6%	8,5%	6,7%	
						Clara	12,4%	-7,4%	6,3%	

Tabela 2.6 - Redução do consumo energético com coberturas verdes comparativamente coberturas tradicionais (Continuação)

	Local	Clima	Estudo	Cobertura de referência			Redução do consumo energético anual			Ref.
							Aquecimento	Arrefecimento	Total	
Intensiva	Londres, Inglaterra	Oceânico	Simulação; Escritórios	986 m^2 Isolada		Escura	5,3%	9,9%	7,2%	Ascione et al. (2013)
						Clara	13,5%	-6,8%	6,6%	
	Oslo, Noruega	Continental húmido				Escura	5,0%	10,6%	5,9%	
						Clara	9,0%	-7,0%	6,9%	
	Lisboa, Portugal	Mediterrâneo	Simulação (validada com medições); Quarto adiabático	17,2 m^2	Escura	Não isolada	48,4	84,2%	72,4%	Silva et al. (2016)
						Isolada (4 cm)	29,2	62,0%	52,9%	
						Isolada (8 cm)	21,2	50,0%	44,0%	
					Clara	Não isolado	71,4	29,3%	63,1%	
						Isolado (4 cm)	57,1	3,7%	36,3%	
						Isolado (8 cm)	54,0	1,8%	26,2%	
Todas	Singapura, Malásia	Equatorial	Medições; Edifício comercial de 5 andares	966 m^2		Isolada	Sem referência	17 - 47%	1-2% 17-48% pico	Wong et al. (2003)
						Não isolada		47 - 79%	10-15% 47-79% pico	
Sem referência	Chicago, EUA	Continental húmido	Simulação; Escritórios de 2 andares	4000 m^2 Isolada Clara				Sem referência	2% eletricidade 9% gás natural	Sailor (2008)
	Houston, EUA	Subtropical húmido							2% eletricidade 11% gás natural	
	Atenas, Grécia	Mediterrâneo	Simulação; Escola de enfermagem de 2 andares	342,4 m^2		Isolada		6 - 33% edifício 12 - 76% último andar	Sem referência	Santamouris et al. (2007)
						Não Isolada		15 - 49% edifício 27 - 87% último andar		

2.2.1.7. Isolamento sonoro

A potencialidade das coberturas verdes para melhorar o ambiente acústico interior está associada à sua elevada massa, baixa rigidez e efeito de amortecimento. Estas características permitem reduzir a transmissão sonora através da cobertura e são reguladas especialmente pelo substrato (Connelly e Hodgson, 2008).

A espessura do substrato é o parâmetro principal que influencia o nível de isolamento sonoro, na medida em que, por acrescentar massa ao substrato, aumenta a redução da transmissão sonora (Connelly e Hodgson, 2013). A suportar esta informação, EFB (2016) e Grant et al. (2003) referem um estudo onde um substrato seco e molhado apresenta um isolamento sonoro de, respetivamente, 41 e $51\,dB$. EFB (2016) indica ainda valores de 40 e 46 a $50\,dB$ para substratos de 12 e $20\,cm$, respetivamente. The green roof centre, (2016) revela ainda valores de isolamento entre 10 a $40\,dB$, consoante a frequência, para substratos secos de 2 a $10\,cm$. Ao comparar valores como estes com outros referentes a coberturas tradicionais, obtém-se o acréscimo de redução de transmissão sonora proporcionado por coberturas verdes face às de referência. Esse aumento da redução de transmissão sonora, obtido por diversos estudos, é apresentado na Tabela 2.7.

Tabela 2.7 – Acréscimo de isolamento sonoro com coberturas verdes

	Localização	Estudo	Redução da transmissão sonora na cobertura	Referência
Cobertura Extensiva	Vancouver, Canada	Medições a 2 coberturas com 4,8m x 6,8m e profundidades de substrato de 75 e 150 mm Referência – cobertura de madeira	5 a 13 dB - frequências baixas e médias (de 50 a 2 000 Hz); 2 a 8 dB - frequências altas (acima de 2 000 Hz) [1]	Connelly e Hodgson (2013)
	Sem referência	Medições a 2 coberturas com 3,56m x 4,46m e profundidades de substrato de 50 a 150 mm Referência – cobertura de metal leve	Até 10 - baixas frequências Até 20 dB - médias frequências > 20 dB – altas frequências	
	Malmo, Suécia	Cobertura de 2,6m x 7m de madeira	5 (1400Hz) a 20 dB (750Hz)	Lagström (2004)
	Tasmânia, Austrália	Bar de universidade	19 dB	(Hopkins e Goodwin, 2011)
Sem referência			18 dB quando molhado 8 dB quando seco	Grant et al. (2003)

[1] Resultados para a cobertura verde com profundidade de substrato de $150\,mm$. Para a cobertura verde com profundidade de substrato de $75\,mm$ os resultados não foram consistentes.

Todos os estudos apresentados na tabela anterior indicam que coberturas verdes proporcionam maior isolamento acústico que coberturas tradicionais. Apesar de existir uma tendência para que o isolamento acústico em coberturas verdes aumente com a frequência, o acréscimo relativamente a coberturas tradicionais é mais eficaz para níveis sonoros de baixa frequência. Connelly e Hodgson (2013), estudaram particularmente a influência do substrato, a qual aumenta de forma não linear com a profundidade. O estudo de Grant et al. (2003), por sua vez, confirma o melhor desempenho acústico das coberturas verdes mais saturadas, o que está em conformidade com aspetos referidos por Connelly e Hodgson (2008), tais como o aumento da redução sonora devido à redução da porosidade e aumento da massa do substrato devido à presença de água.

Por fim, Lagström (2004) realça que o nível de isolamento da cobertura tradicional também interfere com o aumento do isolamento conferido pela cobertura verde, que seria menor que os estudos

apresentados caso a cobertura fosse apenas de betão.

A aplicação de coberturas verdes é igualmente vantajosa em zonas urbanas habitadas sob espaços com tráfego aéreo, como o caso da cidade de Lisboa, e útil para atenuar a transmissão para o exterior de ruídos provenientes de, por exemplo, instalações industriais (Connelly e Hodgson, 2008).

2.2.1.8. Vida útil da membrana de impermeabilização

As coberturas verdes, ao protegerem a membrana de impermeabilização da radiação UV, vento, de temperaturas extremas, ciclos térmicos de expansão e contração e impactos mecânicos, aumentam a sua vida útil e eficácia (Sproul et al., 2014). Num estudo realizado por Liu e Baskaran (2003), a instalação de uma cobertura verde reduziu a temperatura da membrana de 70 para $25ºC$ e na Vegetal i.D. (2016b) é indicado que diminuem as flutuações diárias da temperatura até 40%. Deste modo é de esperar maiores vidas úteis para membranas de impermeabilização protegidas com cobertura verde, na ordem dos 50 anos, enquanto para uma cobertura tradicional aproximadamente entre 10 a 20 anos. Este aspeto incentiva ainda à redução de custos de manutenção e de substituição do edifício (Berardi et al., 2014; Nurmi et al., 2013). Para além destes, os valores do aumento da vida útil desta camada são apresentados na Tabela 2.8.

Tabela 2.8 – Aumento da vida útil da camada de impermeabilização numa cobertura verde em relação a uma tradicional

Aumento da vida útil da impermeabilização	Referência
30 a 40 anos	Berardi et al. (2014); Nurmi et al. (2013)
> 2 a 3 vezes mais (= 40 a 60 anos)	Green Roof Technology (2016); Vegatal i.D. (2016b)

2.2.1.9. Vida da cobertura

Sendo um dos componentes com maior influência no comportamento da cobertura, ao aumentar a longevidade da membrana de impermeabilização, a instalação da cobertura verde aumenta igualmente a vida útil da própria cobertura, o que resulta numa redução evidente dos custos de substituição da mesma, como será referido na secção 2.2.1.3 (Berardi et al., 2014).

Enquanto a vida útil de uma cobertura tradicional ronda os $20\ anos$ (Rowe, 2011), este valor aumenta para 40 a 55 no caso das coberturas verdes (Bianchini e Hewage, 2012b; Kosareo e Ries, 2007; Saiz et al., 2006; Sproul et al., 2014), e, portanto, um aumento de $20\ a\ 35$ anos. Para além deste, outros valores do aumento do tempo de vida da cobertura verde são apresentados na Tabela 2.9.

Tabela 2.9 – Aumento do tempo de vida das coberturas verdes relativamente às tradicionais

Aumento do tempo de vida útil da cobertura	Referência
> 2 vezes mais	The green roof centre (2016)
20 a 35 anos	Bianchini e Hewage (2012)
20 a 50 anos	Neoturf (2016)
> 20 anos	Sproul et al. (2014)

2.2.1.10. Comportamento ao fogo

Existem indícios de que as coberturas verdes permitem retardar a propagação do fogo, especialmente quando saturadas. Pelo contrário, quando secas podem representar um risco ao incentivar a sua propagação (Kuhn e Peck, 2003). Em muitos países não vigora qualquer regulamentação relativamente à proteção contra incêndios por parte de coberturas verdes (FLL, 2008).

Nesses casos, as coberturas verdes devem ser projetadas de modo a oferecer resistência ao fogo, concretamente a faíscas e calor irradiado. Algumas medidas passam por aumentar o teor de material incombustível no substrato e reduzir o teor de matéria orgânica de modo a reduzir absorção da água presente no solo (evitando assim substratos mais secos), bem como a utilização de vegetação com elevada capacidade de retenção de água e com uma altura limitada a $0{,}9\ m$ (DCLG, 2013). De um modo geral, as coberturas intensivas, com a adequada manutenção e irrigação, são consideradas à partida como *hard roofs* (coberturas com resistência ao fogo) devido à sua elevada espessura de substrato. Contudo, para as coberturas extensivas, a FLL (2008) define critérios a respeitar como: a constituição e espessura mínima do substrato; tipo de vegetação aplicada (com baixo risco de incêndio, como por exemplo *Sedums* que têm elevada capacidade de retenção de água); e integração de barreiras corta-fogo de material não inflamável em intervalos regulares por toda a cobertura e em pontos específicos. Kuhn e Peck (2003) aconselham ainda a utilização de um sistema de irrigação por aspersão associado a um alarme de incêndio como medida de proteção.

As normas europeias indicam alguns métodos de ensaio para a exposição ao fogo em coberturas. Alguns destes ensaios foram executados pela ZinCo (2016), os quais constataram que coberturas verdes com substratos de pelo menos $5\ cm$ e com um limite máximo de matéria orgânica podem ser classificadas como BROOF (T3) em conformidade com a DIN EN 13501-5, e portanto impedem a transferência do incêndio para o interior do edifício durante pelo menos 30 minutos. Segundo Breuning (2008) o risco de incêndio é cerca de 15 a 20 vezes superior em coberturas com impermeabilizações betuminosas que em coberturas verdes e que em aproximadamente $185\ 000\ m^2$ de coberturas verdes extensivas instaladas na Alemanha não houve registo de qualquer incêndio.

Pelas razões acima mencionadas, as seguradoras alemãs oferecem um desconto entre 10 a 20% no seguro contra incêndios a edifícios que tenham instaladas coberturas verdes (Breuning, 2008).

2.2.1.11. Eficiência dos painéis-fotovoltaicos

A implementação de sistemas produtores de energia e eletricidade a partir de fontes renováveis, entre os quais constam os painéis fotovoltaicos, é um método cada vez mais utilizado para reduzir as emissões de poluentes para a atmosfera. A eficiência e durabilidade destes sistemas, frequentemente instalados nas coberturas dos edifícios de modo a cobrir parte das suas necessidades energéticas, depende da temperatura a que são expostos.

Deste modo, as coberturas verdes, ao facultarem a redução da temperatura da superfície, incrementam o desempenho da produção de energia por parte dos painéis, especialmente em dias quentes. Este benefício depende de fatores como: o tipo de vegetação, com preferência para espécies densas e rasas, de modo a aumentar a capacidade de arrefecimento do solo e simultaneamente evitar o sombreamento do painel; as condições climáticas da região; e a estação do ano, fazendo-se evidenciar mais no verão, onde as temperaturas são mais elevadas (Chemisana e Lamnatou, 2014). Na Tabela 2.10 é apresentada a capacidade das coberturas verdes de aumentar a eficiência dos painéis fotovoltaicos na produção de energia, distribuída consoante tipo de cobertura e clima da região, que são parâmetros com elevada influência nos resultados.

Tabela 2.10 – Aumento da produção energética de painéis fotovoltaicos

	Local	Clima	Estudo	Aumento da produção (%)	Referência
Extensiva	Lérida, Espanha	Mediterrâneo	Experimental; Referência – cobertura de cascalho	1,29 a 3,33 (Verão)	Chemisana e Lamnatou (2014)
Extensiva	Berlin, Alemanha	Temperado	Experimental durante 5 anos; Referência – cobertura de betume	6% (anual) [1]	Köhler et al. (2007)
Extensiva	Pittsburgh, Pensilvânia	Continental Húmido	Experimental; Referência – cobertura escura	0,5 (Julho) -2 (Dezembro) -0,5 (anual)	Nagengast et al. (2013)
Extensiva	Nova Iorque, EUA	Continental Húmido	Experimental; Referência – cobertura de cascalho	2,56 (Verão)	Perez et al. (2012)
Extensiva / Int	Hong Kong, China	Tropical Húmido	Simulação	8,3	Hui e Chan (2011)
Int	Hong Kong, China	Tropical Húmido	Experimental das 11 às 14 h;	4,3 (Verão)	Hui e Chan (2011)

[1] Resultados afetados pela reflexão de outros painéis fotovoltaicos

Fazendo uma análise comparativa, os estudos apresentam valores bastante semelhantes. O estudo de Nagengast et al. (2013) apresenta o menor aumento de produção associado ao clima, com valores negativos no Inverno devido à típica precipitação de neve. Contudo, os valores reduzidos no verão prendem-se principalmente com o tipo de vegetação (musgo), uma vez que nos restantes estudos em coberturas extensivas foram utilizados *Sedum.* O estudo de Hui e Chan (2011) apresenta valores superiores visto que, para além de se referir a uma cobertura intensiva, o seu clima tropical húmido, com temperaturas e teor de humidade elevados, é propício à evaporação e consequente redução da temperatura do solo.

Importa referir que a maioria os estudos apresentados são referentes ao período de verão, em que a melhoria do desempenho dos painéis é mais notória. Em Portugal este benefício evidencia-se, tal como no estudo realizado em Espanha, devido às altas temperaturas no Verão, características do clima Mediterrâneo. Segundo Chemisana e Lamnatou (2014) em clima Mediterrâneo, ainda que as diferenças entre estações não sejam relevantes, é esperada uma redução na melhoria durante o Inverno.

2.2.1.12. Produção agrícola

A segurança alimentar é uma preocupação atual nas cidades, visto que as regiões urbanas se abastecem essencialmente de importações. Para além disso, a distância entre o consumidor final e os produtores tem impacto tanto a nível social e ambiental como económico. A produção nos centros urbanos permitiria o consumo de produtos mais frescos, reduzindo custos de transporte e a poluição que lhe é inerente, bem como a dependência de alimentos provenientes de zonas rurais. Disponibilizaria ainda um método de abordar determinados resíduos orgânicos urbanos como compósitos e não como poluentes (Ugai, 2016; CityFarmer, 2016).

Devido à falta de espaço e aos riscos para a saúde, associados à contaminação do solo, as coberturas verdes oferecem uma solução alternativa para o desenvolvimento de produção agrícola em meio urbano. Contudo, existe a preocupação com a possibilidade de contaminação das culturas pelos elevados níveis de poluentes atmosféricos. Um investigador do Ministério do Ambiente e Energia em Ontário desvalorizou este aspeto, indicando que a maioria das toxinas absorvidas pelas plantas são provenientes do solo, sendo que só existem motivos de preocupação caso exista uma fonte industrial

próxima. No entanto é necessária especial atenção com os fertilizantes aplicados (Ugai, 2016; CityFarmer, 2016). Deste modo, o conceito de cobertura verde incentiva à produção de diversos tipos de vegetais, frutas e hortaliças como: alface, couve, espinafre, cebola, ervas culinárias, beringela, abóbora, repolho, melão, morango, tomate, feijão, feijão-verde, framboesa, amora, groselha, pepino, pimentão, entre outros produtos semelhantes. Estas culturas, ao requerem substratos mais profundos, no mínimo entre 20 a $30\ cm$, e acesso recorrente, devem ser cultivadas apenas nas coberturas verdes intensivas, tal como indicado pela ZinCo (2016). Não foram encontradas na literatura referências de quantificação deste benefício.

2.2.1.13. Sustentabilidade do ambiente construído

As coberturas verdes contribuem muitas vezes para a avaliação de construções sustentáveis, que procede à entrega de certificações de sustentabilidade, como LEED ou BREEAM, o que se traduz num bom motivo para a sua divulgação (Berardi et al., 2014).

Segundo a Vegetal i.D. (2016b), as coberturas verdes podem contribuir para a receção de créditos LEED em 5 categorias, até um total de 40 créditos, tal como indicado na Tabela 2.11.

Tabela 2.11 – Potencial das coberturas verdes para receção de créditos LEED

Categoria	Locais sustentáveis	Eficiência da água	Materiais e recursos	Energia e Atmosfera	Inovação e Processo de Design
Créditos LEED	6 de 14	4	6 de 11	até 19	5

2.2.2. Custos e benefícios Públicos

2.2.2.1. Redução e atraso do escoamento de águas pluviais

Ao devolverem parte das áreas permeáveis às cidades, as coberturas verdes permitem minimizar e atrasar o escoamento superficial das águas pluviais (VanWoert et al., 2005). É esta capacidade do substrato de absorver e reter a água, que posteriormente será evaporada, que constitui uma das características que mais distingue as coberturas verdes das restantes soluções (Hashemi et al., 2015). Deste modo, permitem ainda economizar em custos relativos aos sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais, caso o sistema seja único, e permitem regular as bacias hidrográficas urbanas (Hashemi et al., 2015; Mentens et al., 2006). Mais uma vez, existe dificuldade em determinar valores exatos, uma vez que a quantidade de água retida está limitada por fatores, como:

- Inclinação da cobertura – quanto maior, menor a capacidade de retenção;
- Espessura do substrato da cobertura verde;
- Intensidade de precipitação - caso ocorram situações de precipitação intensa e frequente, a capacidade máxima de absorção do substrato será ultrapassada e a cobertura deixa de conseguir proceder ao atraso do escoamento; para além disso, a capacidade de retenção é mais baixa no inverno que no verão (Hashemi et al., 2015; Mentens et al., 2006);
- Nível de saturação do substrato - coberturas verdes inicialmente secas possibilitam a retenção de maiores volumes de precipitação; Fioretti et al. (2010) determinou que eventos que sucederam

períodos secos inferiores a $96h$ reduziram o volume de escoamento até 20%, enquanto eventos após $12h$ de seca viram a sua capacidade de absorção esgotada.

Relativamente à inclinação da cobertura, um estudo experimental realizado por Villarreal e Bengtsson (2005), que fez variar a inclinação da cobertura verde extensiva para intensidades específicas de precipitação, obteve os seguintes resultados: para $0{,}4\ mm/min$ foram retidos 62, 43 e 39% da precipitação total para inclinações de $2,8$ e $14º$, respetivamente; para $0{,}8\ mm/min$ foram retidos 54, 30 e 21% para as mesmas inclinações; e para $1{,}3\ mm/min$ foram retidos 21 e 10% para inclinações de 2 e $14º$. VanWoert et al. (2005) reforçam que a redução da inclinação combinada com maiores profundidades da cobertura reduzem consideravelmente a quantidade de escoamento.

Os resultados dos principais estudos estão compilados na Tabela 2.12.

Tabela 2.12 – Retenção de águas pluviais por parte das coberturas verdes e consequente redução do escoamento

	Local	Clima	Estudo	Redução do escoamento	Atraso do escoamento	Referência
Extensi. e Intensiva	Sem referência		Medições e resultados experimentais; amostras de 1,8x2,4m	Média 45% (entre 19 e 98%); Até 60% - extensiva; Até cerca de 100% - intensiva;	Média 5,7h (Pico 2h)	DeNardo et al.(2003), citado por Berardi et al. (2014)
Sem referência	Ancona e Génova, Itália	Mediterrâneo	Medição, 19 eventos de precipitação 2 edifícios públicos	23 a 68% - volume; 74 a 89% - fluxo de pico;	50 e 306 min	Fioretti et al. (2010)
	Washing-ton DC, EUA	Oceânico	20% coberturas preparadas (área de 1 185 257m^2)	Média anual de 958 milhões de litros	Sem referência	Deutsch et al. (2005)
	Sem referência			20 a 100% 70 a 100% - Verão < 30% - Inverno		Vegetal i.D. (2016a)
Intensiv	Alemanha	Mediterrâneo	Baseado em medidas de 18 estudos Coberturas com 2% de inclinação	65 a 85% (média 75%); Redução média 69% sobre a tradicional;		Mentens et al. (2006)
Extensiva				27 a 81% (média 25%); Média 38% relativamente à tradicional;		
	Bruxelas, Bélgica		Simulação - 10% das coberturas	54% a nível do edifício 2,7% a nível urbano		
	Michigan, EUA	Continental húmido	3 coberturas (tradicional, extensiva com e sem vegetação) 2,44x2,44m.	Média de 48,7% para a extensiva sem vegetação; Média de 82,8% para a extensiva.		VanWoert et al. (2005)

2.2.2.2. Qualidade da água pluvial escoada

Enquanto numa cobertura tradicional a água é diretamente escoada, numa cobertura verde, ocorre a absorção e filtragem dos seus poluentes, dissipação de metais e neutralização do ácido da precipitação. Neste sentido, as coberturas verdes constituem uma forma de melhorar a qualidade das águas pluviais por elas escoadas (Berardi et al., 2014; Vijayaraghavan e Joshi, 2014). Esta possibilidade de limpeza dependente de fatores como: tipo de cobertura (espessura e composição do substrato, tipo de vegetação); e tipo de drenagem; idade e estado da cobertura; volume de precipitação;

manutenção e produtos químicos utilizados (a aplicação de fertilizantes e pesticidas para o crescimento das plantas pode ser prejudicial); fontes de poluição locais (Hashemi et al., 2015; Rowe, 2011).

Também a intensidade de precipitação, associada à época do ano, influência a sua potencialidade, tal como demonstrado no estudo de Steusloff (1998) apresentado na Tabela 2.13. Nesta tabela são indicados dois estudos que demostram essa capacidade de redução de poluentes presentes nas águas pluviais escoadas através da cobertura.

Tabela 2.13 – Redução de poluentes nas águas escoadas em coberturas verdes

	Local	Estudo	Redução de poluentes	Referência
Extensiva	Berlim, Alemanha	Amostras experimentais; Medição da retenção por percentagem de entrada na cobertura através da água pluvial;	Fosfato (PO_4) – 26% no primeiro ano até 80% no quarto ano; Média ao longo de 3 anos – 95% de Pb, 88% de Cd, 80% de NO_3 e 68% de PO_4.	Köhler et al. (2002)
Extensiva e Semi-intensiva	Karlsruhe, Alemanha	Comparação entre a capacidade de retenção de metais pesados de duas coberturas verdes em diferentes épocas do ano;	Verão – 97% de Cu, 96% de Zn, 92% de Cd e 99% de Pb; Inverno - 34% de Cu, 72% de Zn, 62% de Cd e 91% de Pb;	Steusloff (1998)

Numa fase inicial após a instalação, a capacidade de remoção dos poluentes pela cobertura verde pode ser afetada, sendo recuperada à medida que os poluentes preexistentes são expulsos através do escoamento das águas, absorvidos pela vegetação e outras atividades biológicas que decompõem a matéria orgânica nela inicialmente incorporada (Vijayaraghavan e Joshi, 2014). É possível confirmar este aspeto no estudo Köhler et al. (2002) comparando a percentagem de poluentes removidos no primeiro e no quarto ano. A confirmar também esta questão, vários estudos analisados por Rowe (2011) indicam que a concentração de nutrientes presentes na água escoada pela cobertura é superior nas primeiras descargas e vai diminuindo com o tempo.

Existe ainda a possibilidade de contaminação da água caso as coberturas libertem agentes poluentes presentes em fertilizantes utilizados. Desta forma, é importante realçar que a produção das coberturas verdes não deve estar apenas focada na seleção de vegetação com base na sua resistência à seca ou na perspetiva estética (Vijayaraghavan e Joshi, 2014). Deve também ser tida em consideração a composição do substrato e da vegetação, e processos de manutenção e adubo que evitem impactos ambientais negativos, possibilitando assim que as coberturas verdes não constituam um meio de contaminação das águas pluviais (Vijayaraghavan e Joshi, 2015).

2.2.2.3. Poluição sonora urbana

A nível acústico, para além do isolamento referido na secção 2.2.1.7, as coberturas verdes possibilitam ainda a redução do ruído no ambiente exterior. Este benefício deve-se à sua capacidade de absorção, que permite dissipar a energia da onda sonora que interage com a cobertura (Connelly e Hodgson, 2015). Alguns valores desta redução de transmissão do som propagado sobre coberturas verdes são apresentados na Tabela 2.14.

De um modo geral, todos os estudos apresentam as coberturas verdes como medida de atenuação da poluição sonora, exceto efeitos negativos pontuais, que os autores indicaram como desprezáveis.

Tabela 2.14 – Redução da transmissão da onda sonora propagada sobre a cobertura verde

	Estudo	Redução da transmissão sonora sobre a cobertura	Referência
Extensiva	Medições a 5 coberturas - espessuras de substratos de 20 a 180 mm e vegetação em vários estados de desenvolvimento; Propagação da onda sonora sobre a cobertura de 2,5 a 25 m	Medição sobre a cobertura	Van Renterghem e Botteldooren (2011)
		10 dB entre 400 a 1250 Hz (substrato de 18 cm); Nula a partir de 5 000 Hz	
		Medição em espaço protegido	
		até 10 dB entre 50 a 10 000 Hz	
	Modelação numa zona do edifício não diretamente exposta; Variação da frequência do som de 125, 250, 500 e 1000 Hz	Até 10 dB (substrato de 20 cm); Efeito negativo desprezável, <1dB	Van Renterghem e Botteldooren (2008)
Intensi.		3 dB (500 Hz) e 6dB (1000 Hz); Pouco relevante para baixas frequências;	
Extens e Semi-intens.	Medições a 6 tipos de substratos (5 a 20 cm) e 17 amostras de coberturas; Variação de compactação, teor de humidade e de matéria orgânica, etc.; Frequência de 250 a 2000 Hz;	Coeficiente de absorção do substrato entre 0,03 a 250 Hz e 0,89 a 2000Hz; Coeficiente de redução de ruído entre 0,20 e 0,63	Connelly e Hodgson (2015)
Sem referên	Modelação computacional do ruído do tráfego da rua adjacente ao edifício nas zonas protegidas (ex. pátio interior e logradouro).	até 7,5dB em coberturas inclinadas (área verde superior); até 2,4dB em coberturas planas	Van Renterghem et al. (2013)

O estudo de Connelly e Hodgson (2015), em particular, analisou os parâmetros que mais influenciam a redução de transmissão sonora. Concluiu que a capacidade de absorção do substrato, estando associada à porosidade caraterística deste material, varia positivamente com o teor de matéria orgânica e negativamente com o teor de humidade e de compactação, enquanto o coeficiente de redução de ruído das amostras de coberturas verdes aumentava com a profundidade do substrato e diminuía com a densidade e estado de desenvolvimento da vegetação. A comprovar que a redução da transmissão do som é afetada pela presença de água, Van Renterghem e Botteldooren (2014) determinou uma diferença entre valores obtidos num solo seco e saturado de aproximadamente $10\ dB$. Desta forma, como já tinha constatado anteriormente (Van Renterghem e Botteldooren, 2011), a camada de drenagem, ainda que benéfica para a redução e atraso do escoamento de águas pluviais indicado na secção 2.2.2.1, ao aumentar a retenção de água, torna-se prejudicial à absorção do som.

Este benefício pode ser especialmente vantajoso em zonas não expostas diretamente às ações sonoras. Van Renterghem e Botteldooren (2008) tomaram ainda a iniciativa de estudar a propagação do som sobre coberturas verdes, de modo a determinar a perda de transmissão para zonas protegidas e confinadas dos edifícios, como pátios interiores por exemplo. Concluíram que existe uma relação linear com a área de cobertura verde. Já a relação entre a altura dos edifícios e a largura da rua (onde se produz o ruido), tem uma influência limitada nos resultados, visto que, com o aumento da relação largura/altura apenas foi obtido um aumento máximo $1\ dB$ da perda de transmissão para a frequência máxima testada de $1\ 000\ Hz$. Van Renterghem e Botteldooren (2011; 2008) comprovaram ainda a ideia referida anteriormente de que existe um aumento da atenuação do som em função da espessura do substrato. Ao analisarem o efeito da variação da espessura do substrato, os melhores resultados foram obtidos para espessuras entre 15 e $20\ cm$. Visto que as coberturas intensivas têm espessuras superiores, a atenuação do som é pouco influenciada por esta propriedade, sendo praticamente constante para todas as frequências. Estes autores referem que para frequências mais altas podem ser aplicadas espessuras de substrato menores, visto que a vegetação é o principal interveniente na

sua absorção. Para além disso, segundo os autores a perda de transmissão é pouco percetível em edifícios isolados e, assim, este fenómeno é mais persuasivo em contexto urbano denso onde há múltiplas reflexões do som e os níveis sonoros são mais elevados. Ao nível da cidade Berardi et al. (2014) referem que a redução sonora é tanto mais eficiente quanto menor a altura dos edifícios, visto que a camada de vegetação deve ser exposta diretamente ao ruído para uma melhor absorção.

2.2.2.4. Qualidade do ar

As coberturas verdes reduzem a poluição atmosférica e melhoram a qualidade do ar, sendo utilizadas como filtros alternativos do ar, uma vez que estas substituem parcialmente a vegetação destruída durante a construção das cidades (Berardi et al., 2014). A poluição do ambiente, para além de ser diretamente absorvida durante a fotossíntese da vegetação, é também reduzida indiretamente com a limitação da emissão de poluentes associada às menores necessidades energéticas para aquecimento e arrefecimento dos edifícios, como referido na seção 2.2.1.1, e cargas de arrefecimento atenuadas pela mitigação do efeito de ilha de calor referido na secção 2.2.2.4.3. (Vijayaraghavan, 2016). Para além disso, esta diminuição da temperatura ambiente, devido à mitigação do efeito de ilha de calor urbano, diminui certas reações que formam poluentes como, por exemplo, o ozono (Rowe, 2011).

2.2.2.4.1. Absorção de poluentes e dióxido de carbono

O seu potencial de absorção de poluentes está associado a variáveis como: tipo de vegetação, em que as folhas persistentes se tornam mais vantajosas por existirem durante todo o ano; tipo de cobertura, com melhores resultados nas intensivas devido à sua maior área folear, e resultados razoáveis nas extensivas (Rowe, 2011); estação do ano, com maiores reduções na Primavera (época de maior crescimento da vegetação) e menores no Inverno; concentrações dos poluentes atmosféricos (Yang et al., 2008). Resultados relativos à absorção de poluentes são apresentados na Tabela 2.15.

Tabela 2.15 – Absorção de poluentes do ar por parte de coberturas verdes

Localização	Estudo	Redução de poluentes	Referência
Chicago, EUA	Modelação - dados de 71 coberturas extensivas (33%), intensivas e semi-intensivas (67%) -19,8 ha;	1675 kg de poluentes num ano (52% O_3, 27% NO_2, 14% PM_{10} e 7% SO_2); Maior remoção em Maio e menor em Fevereiro; (85 kg /ha por ano) 2046,89 ton caso instalação generalizada	Yang et al. (2008)
Toronto, Canada	109 ha	7,87 toneladas de poluentes (72kg/ha.ano);	Currie e Bass (2005)
Singapura, Malásia	4 coberturas verdes extensivas	6% material particulado, 37% SO_2, 21% HONO, aumento de 48% HNO_3	Tan e Sia (2005)
Washington DC, EUA	Modelação - coberturas extensivas e intensivas nas mesmas proporções	5% $S0_2$, 35% O_3, 34% PM_{10}, 13% NO_2 e 13% CO;	Deutsch et al. (2005)
	2 015 996 m^2 (80% extensivo e 20% intensivo)	13,2% $S0_2$, 35,7% O_3, 33,7% PM_{10}, 12,9% NO_2 e 4,6% CO; 16,8 toneladas por ano	
-	2 000 m^2	4 000 kg de material particulado; (2 kg/m^2)	Citado por Vijayaraghavan (2016)
Detroit, EUA	20% das coberturas industriais e comerciais substituídas por extensivas	889 toneladas por ano de NO_2	Citado por Rowe (2011)

Um dos principais componentes da atmosfera que é também consumido pelas coberturas verdes, através da fotossíntese, é o carbono. Resultados da absorção de CO_2 apresentam-se na Tabela 2.16.

Tabela 2.16 – Absorção de carbono por coberturas verdes

Localização	Estudo	Absorção de CO_2	Referência
Michigan, EUA	21 amostras de coberturas extensivas com profundidade de 6 cm; Estudo experimental durante 2 anos;	Média 0,378 kg/m^2;	Getter et al. (2009)
DuJiangyan City, China	6 amostras de coberturas verdes de 20, 30 e 35 cm de profundidade;	Média 18,28 kg/m^2; Média 6,47 kg/m^2 por ano;	Luo et al. (2015)
Sem referência	929 m^2	363 kg por ano (0,39 kg/m^2 por ano)	Vegetal i.D. (2016b)

O estudo de Luo et al. (2015) apresenta valores mais distintos relativamente aos restantes estudos. Isto pode estar relacionado não só com a maior profundidade do substrato estudado e, portanto, possibilidade de desenvolvimento de vegetação intensiva e com maior capacidade de absorção, como também com o facto de que, na China, as concentrações de poluentes são caracteristicamente mais elevadas, o que aumenta o potencial de absorção das coberturas verdes.

Desta forma, os valores de carbono absorvidos podem ser maximizados com a alteração de fatores como: tipo de vegetação, especialmente intensiva; profundidade do substrato, que disponibiliza volume para a aplicação de vegetação intensiva (Rowe, 2011).

2.2.2.4.2. Redução de emissões de poluentes na fase de exploração

A redução das necessidades energéticas devido à instalação de coberturas verdes, referida na secção 2.2.1.1, está diretamente associada à redução da poluição no ar. Também através da mitigação do efeito de ilha de calor urbano, as coberturas verdes permitem diminuir essas concentrações (Rowe, 2011). Um estudo feito por Rosenfeld et al. (1998) calculou que menores emissões das centrais de energia a carvão, devido à redução da utilização de ar condicionado na cidade de Los Angeles, tinham o potencial de mitigar a emissão de $350\ toneladas$ de NOx por dia. O potencial desta redução depende igualmente do clima, geometria da cobertura e utilização do edifício, e é apresentado na Tabela 2.17, de acordo com alguns estudos referidos na literatura, cujos valores são bastante semelhantes.

Tabela 2.17 – Redução das emissões de CO_2 associadas ao menor consumo energético em edifícios com coberturas verdes

Localização	Estudo	Redução emissão CO_2	Referência
Michigan, EUA	Instalação de coberturas verdes em 1,1 km^2 de uma universidade; Considerando redução do consumo médio de energia de 25%;	3 640 263 kg de CO_2 por ano (eletricidade e gás natural) – equivalente a 661 veículos; (3,3 kg/m^2 de CO_2 por ano)	Rowe (2011)
EUA	Simulação – redução consumo eletricidade 2% e gás natural 9 a 11%; Cobertura de 2000 m^2	2,3 a 2,6 kg/m^2 (eletricidade) e 0,24 a 0,97 kg/m^2 (gás natural) por ano	

2.2.2.4.3. Reciclagem de materiais e emissões na produção

Excluindo o substrato e a vegetação, os restantes componentes da cobertura verde são produzidos geralmente com polímeros. Nesse sentido, aplicação de coberturas verdes tem vindo a incentivar a reciclagem de materiais através da produção de certos componentes do seu sistema fabricados com polímeros, como a barreira de raízes que pode ser fabricada a partir de PEBD reciclado e as camadas de drenagem por PP reciclado. Estes materiais têm a vantagem de, não só melhorarem

o desempenho das coberturas, como reduzirem o seu custo e tornarem o sistema construtivo mais leve (Bianchini e Hewage, 2012b). Foi também analisada a utilização de pedaços de borracha na produção da camada de drenagem que, para além de economizar grandes quantidades de energia durante o processo de fabrico, em comparação com os materiais habituais, ainda constitui uma alternativa para o problema da eliminação de resíduos de pneus (Pérez et al., 2012).

Apesar de incentivar à reciclagem de materiais, a produção destas coberturas implica igualmente a libertação de gases poluentes. Uma análise revelou que, a nível da sua produção, as coberturas verdes são sustentáveis a longo prazo (Berardi et al., 2014) e que os seus benefícios ambientais levam cerca de $13\ anos$ para equilibrar os teores de poluentes envolvidos (Bianchini e Hewage, 2012b). Num outro estudo foi obtido um valor de $25\ anos$ (Berardi et al., 2014). Pelo contrário, considerando a quantidade de carbono utilizada para produzir as coberturas extensivas, Rowe (2011) determinou um valor equivalente a $6{,}448\ kg/m^2$ de carbono, logo, muito superior aos $0{,}378\ kg/m^2$ absorvidos (secção 2.2.2.4.1). Para investigar sobre este assunto, foi feita uma análise comparativa entre PEBD reciclado e não reciclado que concluiu que os primeiros emitem $2{,}8$ vezes menos poluentes para a atmosfera e, portanto, continuam a ser preferíveis. (Bianchini e Hewage, 2012b). Outras pesquisas revelaram também que coberturas verdes intensas contribuem para a uma maior emissão de poluentes que as extensivas, mas em contrapartida têm maiores taxas de renovação do ar (Berardi et al., 2014). Um estudo comparativo entre o impacto ambiental da produção e instalação de coberturas verdes (Saiz et al., 2006) indica que numa análise ao nível do ciclo de vida esta fase tem pouco impacto, representando apenas mais 2% de poluição, em termos de CO_2e que uma cobertura tradicional e que, portanto, esta fase poderia ser desprezada. Para reforçar esta informação, outro estudo desvaloriza igualmente o consumo de energia primária relacionada com a produção, transporte e a demolição, que representam respetivamente $2{,}2$ e $0{,}2\%$ do consumo total no ciclo de vida da cobertura verde (Scheuer et al., 2003).

2.2.2.5. Efeito de ilha de calor urbano

As coberturas verdes permitem mitigar o efeito de ilha de calor nas cidades com a libertação do calor latente, reduzindo assim a temperatura na superfície das coberturas e da cidade em geral, uma vez que diminuem os fluxos transmitidos para a atmosfera (Berardi et al., 2014). Sendo que grande parte do consumo energético nas cidades se deve à necessidade de refrigeração dos edifícios devido ao efeito de ilha de calor urbano, que é assim mitigado, então este benefício constitui um reforço para a redução do consumo energético dos edifícios, já referido na secção 2.2.1.1 (Fernández et al., 2015).

A eficiência das coberturas verdes na mitigação do efeito de ilha de calor urbano está associada, particularmente, ao grau de aplicação em grande escala nas cidades, em que maior quantidade implica maior redução da temperatura urbana, logo, melhores resultados na mitigação (Santamouris, 2014).

A nível urbano, encontra-se comprometida pelo sombreamento excessivo associado a cidades com altas densidade de edificado e, principalmente, ao período de inverno (Berardi et al., 2014). A nível individual, a redução da temperatura ambiente sobre a cobertura também se encontra dependente das características da mesma, como por exemplo a sua capacidade de absorção e emissividade (Berardi et al., 2014). A quantificação dos benefícios das coberturas verdes na mitigação do efeito de ilha de

calor é muito complexa, visto que a maioria dos estudos feitos são condicionados pelas características regionais consideradas, tanto a nível da cidade como ambiental (temperatura ambiente, níveis de precipitação, etc.) que, portanto, dificultam a obtenção de conclusões generalizadas (Ng et al., 2012; Santamouris, 2014). Ainda assim, valores obtidos a partir de estudos que medem o potencial de mitigação do efeito de ilha de calor com base na medição da temperatura da superfície acima da cobertura, tanto através da aplicação generalizada como individual, são apresentados na Tabela 2.18.

Tabela 2.18 – Redução da temperatura ambiente, tanto a nível urbano como do edifício

	Local	Estudo	Redução da Temperatura	Referência
Extensiva	Nova Iorque, EUA	Realizado em Agosto, a 100% das coberturas disponíveis. Temperatura medida a 2 m da cobertura	Temperatura de pico (12h00) - entre 0,37 e 0,86ºC; Temperatura média diária – entre 0,3 e 0,55ºC	Savio et al. (2006)
	Tóquio, Japão	Realizado a duas zonas empresariais, com edifícios de grande e média dimensões	Impacto insignificante ao nível do solo	Chen et al. (2009)
	Chicago, EUA	Modelação da implantação de coberturas verdes em todo o domínio urbano.	2 a 3ºC entre as 19h e as 23h; 1ºC durante a noite; 1 a 2ºC até as 19h nas margens do lago (a partir da qual a perda é negativa);	Smith e Roebber (2011)
Intensiv	Singa_ pura, Malásia	Medições no campo da cobertura verde de um edifício comercial	Máxima de 4,2ºC a 30 cm da cobertura (18h); Δ entre temperatura global e média de radiação da cobertura de 4,5ºC (19h)	Wong et al. (2003)
Sem refer.	Manches _ter, Inglaterra	Aumento 10% do verde urbano nas áreas residenciais e centros urbanos (não só coberturas verdes)	3,3ºC nas áreas residências e 3,9ºC nos centros urbanos em 2080	Gill et al. (2007)
	Taiwan, China	Medição da temperatura ambiente sobre uma cobertura verde a 2,5 m	Média de 0,26ºC; Máxima de 1,6ºC.	Sun et al. (2012) por Santamouris (2014)

Sun et al. (2012), citado por Santamouris (2014), concluiu que a influência das coberturas verdes na redução da temperatura ambiente é maior durante o dia e em regiões climáticas moderadas. Pelo contrário, Wong et al. (2003) indica o período compreendido entre o final da tarde e o início do dia.

Comparando diversos estudos, Santamouris (2014) afirma que o potencial de mitigação do efeito de ilha de calor urbano se torna quase impercetível para edifícios de média e elevada altura. A confirmar esta indicação, Wong et al. (2003) afirma que as coberturas verdes são mais eficazes para alturas inferiores a $10\ m$. Tal como Lisboa, também Chicago se encontra junto a uma zona ribeirinha. Segundo o estudo de Smith e Roebber (2011) concluiu-se que a redução e consequente redistribuição da temperatura ambiente altera as massas de ar provenientes do lago e, portanto, resulta na perda de parte do seu arrefecimento natural. Isto tornou-se evidente em Chicago em que às $21h$ a temperatura no centro urbano reduziu cerca de $3ºC$ com a instalação generalizada de coberturas verdes, enquanto aumentou nas margens do lago entre 1 e $5ºC$.

2.2.2.6. Criação de habitat e preservação de biodiversidade

A integração de espaços verdes nas coberturas dos edifícios em ambiente urbano, devolvendo às cidades parte da natureza que foi intensivamente substituída por infraestruturas, permite restaurar condições, ainda que de forma limitada, para aumentar a diversidade ecológica, proteger espécies selvagens locais ameaçadas e disponibilizar ilhas de migração para insetos e pássaros entre

ecossistemas separados pelas cidades (Green Roof Technology, 2016). Em certos locais, como por exemplo na Suíça, é exigido o uso sustentável do solo com mínima interferência com o ambiente natural e proteção das espécies ameaçadas. Deste modo, este país impõe a utilização de coberturas verdes em todos os edifícios novos com coberturas planas como estratégia de biodiversidade e conservação da natureza (Clemants et al., 2006).

Este meio de criar habitat nas cidades incentiva ao desenvolvimento da biodiversidade, tanto ao nível da flora como da fauna, como: aves – fornecendo alimento e espaço protegido de seres vivos terrestres para nidificação; invertebrados (aranhas, besouros, formigas, etc.) – especialmente quando incorporadas na cobertura pedras, pedaços de madeira e painéis fotovoltaicos que originam áreas com sombra e humidade; polinizadores (abelhas e borboletas) – caso a cobertura seja constituída por uma grande variedade de flores; vegetação regional – criando espaços protegidos das ações mais comuns ao nível do solo, como o tráfego pedonal, pesticidas, entre outros. Quando utilizada para produção agrícola, sendo uma atividade sazonal, a cobertura não dispõe vegetação parte do ano. Contudo, este facto não oferece resistência à fixação de espécies como aranhas e besouros, que apenas requerem o substrato (Green Roof Technology, 2016).

O desenvolvimento da biodiversidade é bastante variável, dependendo do tamanho da cobertura, tipo de vegetação implementada e condições climáticas como temperatura, vento e humidade (Clemants et al., 2006). Relativamente ao tipo de vegetação, as coberturas extensivas, apesar da sua profundidade reduzida, também oferecem um grande potencial. Porém, são as intensivas e semi-intensivas que promovem uma maior abundância de espécies, não só pela profundidade de substrato como também pela variedade de vegetação (Green Roof Technology, 2016). É aconselhável a utilização de solo da região para recriar, da forma mais idêntica possível, as condições dos habitats naturais, pelo que a integração de coberturas verdes para a preservação ecológica deve ser acompanhada de pesquisas acerca das características necessárias para o estabelecimento de espécies locais (Clemants et al., 2006). Este benefício é difícil de quantificar, de modo que escassas são as investigações feitas nesse sentido. Um estudo realizado a coberturas verdes em Basileia, na Suíça, contabilizou 79 espécies de besouros (13 em risco de extinção) e 40 espécies de aranhas (7 em perigo). Outro estudo, em Londres, detetou que 10% das espécies em coberturas verdes eram consideradas como raras a nível nacional, sendo que, em certas coberturas, a abundância de espécies era superior à encontrada em terrenos de zonas industriais abandonados. Estes dados reforçam a aptidão destas coberturas no sentido de preservação ecológica (Clemants et al., 2006).

2.2.2.7. Saúde pública e bem-estar

Em conjunto, os benefícios sociais já referidos que resultam da instalação generalizada de coberturas verdes possibilitam a diminuição dos riscos para a saúde pública, física e mental.

Através da atenuação de problemas como o efeito de ilha de calor urbano, existência de poluentes nocivos no ar e possibilidade de ocorrência de ondas de calor em países com climas mais extremo, a instalação generalizada de coberturas verdes acaba por melhorar a qualidade de vida dos cidadãos nas cidades, especialmente em países quentes, uma vez que estes problemas têm um sério impacto

na saúde humana, aumentando o risco de doenças respiratórias e a taxa de mortalidade (Sproul et al., 2014; Theophilou e Serghides, 2015). Relacionado com estes aspetos, refere-se um caso, citado por Miraglia e Gouveia, (2014), em que a aplicação de políticas governamentais entre 1997 e 2007, com intervenções para melhoria da qualidade do ar, permitiram diminuir anualmente 10% das mortes por doenças cardiovasculares em Brisbane e Sidney, na Austrália.

Um relatório da OCDE (The Economic Consequences of the Outdoor Air Pollution), citado pelo Jornal de Negócios (2016), prevê entre 6 a $9\ milhões$ de mortes prematuras, $36\ milhões$ de novos casos de bronquite em crianças entre 6 e $12\ anos$ e $10\ milhões$ em adultos, por ano, até 2060, devido à poluição atmosférica. Estes dados resultam em mais internamentos hospitalares e mais custos com a saúde e quebras de produtividade laboral, o que se pode traduzir em despesas de mais de 1% do PIB, correspondente a $2{,}6\ biliões\ de\ dólares$ anuais em 2016. O estudo concluiu que os cidadãos disponibilizar-se-iam, em média, a pagar cerca de $26{,}56$€ por ano para que fossem tomadas medidas que diminuíssem o seu risco de morte prematura em $0{,}001\%$ (Jornal de Negócios, 2016).

Para além disso, a cobertura verde melhora também o conforto dos utentes dos edifícios, tanto no exterior como no interior, e o bem-estar psicológico, com a tranquilidade e segurança transmitida pela paisagem natural em meio urbano, o impacto visual e redução do ruído urbano, aumentando assim a capacidade de relaxar e diminuindo os casos de violência e criminalidade (Payne et al., 2002; Sproul et al., 2014; Theophilou e Serghides, 2015). Rowe (2011) menciona que indivíduos expostos a paisagens naturais apresentam menores níveis de *stress*, pressão arterial, tensão muscular, menos doenças e maior satisfação no trabalho.

2.2.2.8. Valor comercial da propriedade

Os imóveis com coberturas verdes instaladas tendem a ser valorizados no mercado devido aos benefícios que elas facultam. Esta componente varia consoante vários fatores. Por exemplo, o isolamento acústico proporcionado pela cobertura verde, por exemplo, pode aumentar bastante o valor de um edifício junto a autoestradas e aeroportos (Vegetal i.D., 2016b).

Para além disso, podem criar também maior visibilidade nacional e regional devido à singularidade do projeto. Por outro lado, em cidades onde foram instituídos planos de gestão de águas pluviais, como o caso de cidades antigas cujos sistemas de escoamento estão subdimensionados, as coberturas verdes permitem economizar na modernização da estrutura, o que também induz ao aumento do valor da propriedade (Bianchini e Hewage, 2012b). Bianchini e Hewage (2012b), considerando que as propriedades valorizam com a proximidade a uma envolvente natural, indicaram no seu estudo que as coberturas verdes aumentam o valor das propriedades em que estão instaladas entre 2 a 5% no caso das coberturas extensivas e entre 10 a 20% no caso das intensivas. A Vegetal i.D. (2016b) indica valores percentuais de aumento do valor da propriedade entre 6 a 15%.

2.2.2.9. Valor estético da cobertura

As coberturas verdes constituem um espaço esteticamente atrativo, tanto para os ocupantes do edifício como para os vizinhos, uma vez que melhora a paisagem urbana. É comum serem incorporadas

nos edifícios por razões arquitetónicas e não propriamente associadas aos restantes benefícios ambientais e económicos. A quantificação do valor estético depende do valor que o consumidor está disposto a pagar por esse benefício, bem como da sua visibilidade e acessibilidade (Vegetal i.D., 2016b). Bianchini e Hewage (2012b), com base em estudos sobre valorização de edifícios com vista direta para paisagens naturais, assumiram que o benefício estético das coberturas verdes extensivas aumenta entre 2 a 5% o valor da propriedade, enquanto as intensivas variam entre 5 a 8%.Tomalty et al. (2010) indicaram também no seu estudo que as partes dos imóveis que beneficiam de vista direta para o espaço verde, neste caso as coberturas, aumentam o seu valor em 9%.

2.2.2.10. Espaço de lazer

Quando acessíveis, as coberturas verdes representam um espaço de lazer e, desta forma, melhoram o conforto e qualidade de vida dos ocupantes, permitindo um contato mais próximo com um ambiente natural e relaxante, para além de seguro uma vez que se encontra no espaço privado (GSA, 2011). Estas considerações são importantes em hotéis, centros comerciais e outros edifícios de acesso público. Segundo Tomalty et al. (2010), ao criar um espaço de lazer a cobertura aumenta cerca de 11% o valor da propriedade. Já Bianchini e Hewage (2012b) indicaram no seu estudo que uma cobertura verde intensiva sem restrições no acesso oferece 30 a 70% dos benefícios de um jardim público. Com base nesta informação e nas economias proporcionadas por não se construir um jardim, os autores determinaram que a criação de espaço de lazer por parte de coberturas verdes constitui um benefício de $5{,}46$ a $12{,}74\ €/m^2$. Note-se que este benefício não é válido para coberturas verdes extensivas dado que, tal como indicado na secção 2.1, não permitem o acesso e circulação de pessoas.

2.2.2.11. Emprego e níveis de produtividade

A substituição, ou instalação em edifícios novos, de coberturas verdes, gera por si só empregabilidade local. Um estudo estimou que a instalação de coberturas verdes em cerca de 6% das coberturas de Toronto, ou seja, em $6{,}5\ milhões\ m^2$, empregaria aproximadamente $1\ 350\ pessoas$ por ano, direta e indiretamente (Peck, 2003), o que corresponde anualmente a $2{,}08 \times 10^{-4}\ pessoas$ por cada m^2 de cobertura instalada. Por outro lado promove a produtividade dos trabalhadores e diminuí a percentagem de ausências, devido a questões de bem-estar. Um outro estudo refere que trabalhadores com vista do seu local de trabalho para espaços verdes são $2{,}9\%$ mais eficazes (GSA, 2011).

2.2.3. Resumo dos custos e benefícios

Considerando os valores apresentados anteriormente na quantificação dos benefícios das coberturas verdes, foram selecionados e compilados na Tabela 2.19 as estimativas dos limites de variação que os benefícios das coberturas verdes podem apresentar comparativamente a coberturas tradicionais. Estes estão distinguidos para os três tipos de coberturas verdes e, quando aplicável, foram definidos apenas para o tipo de clima Mediterrâneo, de modo a poderem ser aplicados a Portugal.

Utilizando a quantificação dos custos e benefícios que provêm da instalação das coberturas verdes é possível realizar análises económicas para averiguar a viabilidade destas soluções.

Tabela 2.19 – Valores estimados da variação de benefícios de coberturas verdes relativamente a tradicionais

			Extensiva	Intensiva	Semi-intensiva
PRIVADOS	Aumento do custo de instalação	C. Escura	75 a 132 €/m^2	126 a 272 €/m^2	126 a 140 €/m^2
		C. Clara	55 a 80 €/m^2		
	Aumento do custo de manutenção		1 €/m^2.ano		
	Vida útil do sistema de drenagem		10 a 40 anos		
	Custo de substituição		31 €/m^2		
	Custo de demolição		0,18 €/m^2	0,1 €/m^2	-
	Sobrecarga estrutural		50 – 190 kg/m^2	> 150 kg/m^2	90 – 232 kg/m^2
	Inclinação		Até 35º	0º	0º
	Redução do consumo energético		Ver Tabela 2.20		
	Melhoria do isolamento acústico		2 a 20 dB	-	-
	Aumento da vida útil da memb. Impermeab.		20 a 40 anos		
	Aumento do tempo de vida da cobertura		20 a 50 anos		
	Desconto no seguro incêndio		10 a 20%		
	Eficiência PFV		1,29 a 3,33%	-	
	Avaliação sustentável		40 créditos LEED		
PÚBLICOS	Redução do escoamento de águas pluviais		23 a 54%	69%	-
			74 a 89% pico		
	Atraso do escoamento de águas pluviais		50 a 306 min		
	Qualidade das águas pluviais		34 a 97% Cu, 72 a 96% Zn, 62 a 92% Cd, 91 a 99% Pb, 80% NO_3 e 68 a 80% PO_4		
	Aumento da absorção sonora		até 10 dB	3 a 6 dB	-
	Absorção de poluentes atmosféricos		72 a 85 kg/ha por ano		
	Absorção de CO_2		0,38 a 6,47 kg/m^2 por ano		
	Redução de emissões de CO_2		2,54 a 3,57 kg/m^2 por ano		
	Mitigação do efeito de ilha de calor		0,3 a 4,2ºC		
	Saúde pública		2,56€/pessoa por ano		
	Aumento do valor comercial da propriedade		2 a 5%	-	10 a 20%
	Aumento do valor estético		2 a 5%	5 a 8%	-
	Aumento do valor de lazer		-		11%
	Empregabilidade		2,08 x 10^{-4} empregados/m^2		
	Eficiência no trabalho		2,9%		

Tabela 2.20 – Variação do consumo energético com coberturas verdes relativamente a tradicionais em clima Mediterrâneo

		Escura (%)				Clara (%)			
		Isolada		Não isolada		Isolada		Não isolada	
		Habitação	*Serviços*	*Habitação*	*Serviços*	*Habitação*	*Serviços*	*Habitação*	*Serviços*
Exten_ siva	Aquec.	-8 a 15	8 a 53	2 a 16	45 a 48	20 a 36	35 a 73	1 a 39	71
	Arref.	-5 a 53	-26 a 0	4 a 54	7 a 45	-84 a -193	-14 a -297	-500 a 2,2	-315
	Total	1,2 a 32	-7 a 2	0,8 a 12	31 a 44	-14 a 13	-7 a -41	-1 a 21	-6
Semi-Intensi.	Aquec.	Sem referência	11 a 34	Sem referência	42	Sem referência	31 a 61	Sem referência	68
	Arref.		5 a 48		67		-6 a 64		-48
	Total		5 a 44		59		-3 a 25		45
Inten_ siva	Aquec.	Sem referência	-3 a 36	Sem referência	48	Sem referência	26 a 62	Sem referência	71
	Arref.		8 a 71		84		-5 a 7		29
	Total		8 a 60		72		-1 a 46		63

Até aos dias de hoje foram feitas diversas análises incidentes em benefícios específicos e distintos. Ignorar determinados componentes do ciclo de vida destas coberturas equivale a desprezar componentes económicas importantes que poderão fazer diferença no resultado obtido para a sua viabilidade. Considerando que cada um desses custos e benefícios contribui de uma forma distinta para a análise global, foi feito um levantamento de algumas das avaliações económicas realizadas e de diversos parâmetros a elas associados, fazendo uma análise comparativa entre os diversos resultados obtidos, conforme descrito em pormenor no capítulo 3.

3. ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO DE COBERTURAS VERDES

3.1. ANÁLISE ECONÓMICA DA INSTALAÇÃO DE COBERTURAS VERDES

O valor disponibilizado para a realização de um projeto, como as coberturas verdes, é condicionado pela expectativa de retorno sobre o investimento. As restrições económicas implicam, em muitos casos, que se opte pela solução com menor custo inicial, desprezando o custo do ciclo de vida na sua totalidade (Arroyo et al., 2015).

Para efetuar análises custo benefício ao longo do ciclo de vida de uma cobertura verde, é necessário considerar na avaliação económica desse investimento não só os custos inicias, como todos os custos e benefícios económicos, ambientais e sociais que provêm da sua aplicação, e que muitas vezes são negligenciados nas avaliações económicas (Refahi e Talkhabi, 2015).

Esta análise económica permite apoiar o investidor na escolha do projeto globalmente mais vantajoso (Arroyo et al., 2015; Nurmi et al., 2013). Atualizando as economias futuras ao instante temporal do investimento através da aplicação da taxa de atualização, é possível determinar o valor atual líquido (VAL) e compará-lo com soluções alternativas. Esta atualização é necessária visto que a maioria dos benefícios, e alguns custos, só se evidenciam no futuro (Nurmi et al., 2013). Com base nesta ferramenta têm sido realizadas diversas avaliações da aplicação de coberturas verdes analisando benefícios específicos, algumas das quais encontram-se descritas na Tabela 3.1 e Tabela 3.2.

Através da análise desta tabela é possível confirmar que estudos como o de Ascione et al., (2013) e de Sproul et al., (2014) indiciam a inviabilidade da instalação de coberturas verdes comparativamente à instalação de coberturas tradicionais. Pelo contrário, estudos com o de Bianchini e Hewage, (2012), afirmam que, quando corretamente selecionadas e aplicadas, estas podem-se revelar economicamente viáveis. Muitos dos estudos indicam a viabilidade a nível social mas não a nível privado.

Relativamente às características do próprio edifício, o estudo de Blackhurst et al. (2010) indica a inviabilidade dos edifícios unifamiliares e, portanto, estes autores afirmam que a utilização das coberturas verdes para criar áreas urbanas ambientalmente sustentáveis pode ser alcançado recorrendo apenas a edifícios comerciais e multifamiliares. A consolidar estas conclusões, no estudo realizado por Carter e Keeler (2008) a maioria das economias de gestão de águas pluviais surge de edifícios comerciais, públicos e multifamiliares, e não tanto de edifícios residências unifamiliares. Contudo, aí as economias relativas à gestão de águas pluviais não eram significantes para se proceder ao redimensionamento do sistema de escoamento e, portanto, não foi considerado nenhum benefício económico. A principal causa relaciona-se com o facto de as coberturas verdes extensivas serem bastante eficientes na retenção de águas pluviais para precipitações de baixa intensidade, mas não tanto para alta intensidade, situação para a qual os sistemas de água pluviais são dimensionados. Apesar desta análise, Carter e Keeler (2008) realçaram novamente que as condições locais afetam a avaliação e, assim sendo, não devem ser desprezadas. Ou seja, o facto das condições específicas do local em estudo não valorizaram o benefício da instalação de coberturas verdes relativamente à gestão de águas pluviais, não implica que o mesmo suceda noutras regiões com condições diferentes.

Tabela 3.1 – Resumo de análises económicas feitas à instalação de coberturas verdes – critérios base (inputs)

Referência	Objeto de estudo	Caracterização				Parâmetros da análise	
		Edifício	Localização	Clima	Tipo de Cobertura	Período	Taxa de Atualização
Blackhurst et al. (2010)	Urbano - 600 mil m² (substituição anual de 3% das coberturas durante 10 anos)	Comerciais, uni e multifamiliares	-	-	-	30 anos	5%
Carter e Keeler (2008)	**Urbano**: 176 234 m² -bacia hidrográfica; **Edifício**: 929 m²; Dados experimentais de retenção de águas pluviais e consumo de energia obtidos numa cobertura verde (42,64 m²); Modelação energética 1º, 3º e 8º andar	Zonas comerciais, edifícios públicos e áreas residenciais (multi e unifamiliares).	Tanyard Branch, Atenas - EUA	Subtropical húmido	Extensiva - Sedum	40 anos	4%
Nurmi et al. (2013)	**Urbano**: 1700 ha; Análise de cenário otimista e pessimista	-	Helsínquia, Finlândia	Continental temperado	Extensiva não acessível	40 anos	3%
Niu et al. (2010)	Áreas de cobertura de 55, 125 e 270 m² para residências e 1795 m² para edifícios comerciais. Simulação do consumo energético	Residências e comércio	Washington DC, EUA	Temperado	Extensiva	40 anos	2,8%
Ascione et al. (2013)	Simulação - necessidades energéticas; Dados – custo de instalação, precipitação e radiação solar (característicos do país considerado)	Escritórios 986 m² C/ isolamento	Tenerife, Espanha	Semiárido	Todas	-	0%
			Sevilha, Espanha	Mediterrâneo			
			Roma, Itália				
			Amesterdão, Holanda	Oceânico			
			Londres, Inglaterra				
			Oslo, Noruega	Cont. húmido			
Bianchini e Hewage (2012)	Simulação com base em estudos anteriores	-	-	-	Extensiva	40 a 50 anos	2 a 8%
					Intensiva		
Sproul et al. (2014)	Cálculo baseado em estudos anteriores	22 coberturas (455 a 9290 m²) claras e escuras	EUA	Contin, Oceânic, Mediterrâneo e Desértico	-	50 anos	3%

Tabela 3.2 – Resumo de análises económicas feitas à instalação de coberturas verdes – principais conclusões

Ref	Perímetro da Análise	Resultados		Observações	
	SOCIO-AMBIENTAL	Edifício	Urbano	Edifício	Urbano
Blackhurst et al. (2010)	Impactos ambientais na produção, construção e utilização; custos e benefícios energéticos (direto e associado à mitigação da ilha de calor urbano), emissão de gases com efeito de estufa (GEE) e escoamento de águas pluviais	Não é rentável (contabiliza maior parte dos custos)	Edifícios comerciais e multifamiliares rentáveis	Inclui todos os custos e benefícios da redução do consumo energético do edifício	Inclui benefícios da redução do consumo de energia (mitigação da ilha de calor urbano), do caudal pluvial escoado e de GEE
		Não é a estratégia mais eficiente na redução dos custos associados ao consumo de energia. Rentáveis na redução de GEE e gestão de águas pluviais			

Tabela 3.2 - Resumo de análises económicas feitas à instalação de coberturas verdes – principais conclusões (Continuação)

Ref	Perímetro da Análise	Resultados			Observações	
Carter e Keeler (2008)	**FINANCEIRA / SOCIO-AMBIENTAL**	**Edifício**	**Urbano**		**Edifício**	**Urbano**
	Construção e manutenção, gestão de águas pluviais, consumo de energia e qualidade do ar; Não considerados benefícios estéticos, habitat, mitigação do efeito de ilha de calor	VAL 18,87% superior ao das coberturas tradicionais; Não rentável	VAL 12,14% superior ao das coberturas tradicionais; Não rentável		Vigora um sistema de créditos para a gestão de águas pluviais	Sistema de tratamento de águas separativo, não inclui economias na infraestrutura. Benefícios do consumo energético iguais em todos os edifícios (irrealista)
		Mais caras para o proprietário, quando comparado com os benefícios sociais				
Nurmi et al. (2013)	**FINANCEIRA / SOCIO-AMBIENTAL**	**Edifício**	**Urbano**		**Edifício**	**Urbano**
	Custos de instalação e benefícios de aumento da vida útil da membrana da cobertura, isolamento acústico, qualidade do ar, gestão de águas pluviais economias de energia (arrefecimento e aquecimento)	Os benefícios privados não cobrem os custos privados. Solução não viável. Rácio custo-benefício privado entre 0,5 e 1,1	Considerando também os benefícios públicos, bons investimentos para a sociedade. Rácio privado de 0,7 a 1,8 e público de 0,9 a 2,2		Não previstas alterações estruturais. Considerados requisitos mínimos de manutenção; mas não a valorização estética	Assumiu-se que os custos de instalação reduziam 30 a 50% na com a instalação generalizada (50% das coberturas). Não considerada a criação de biodiversidade/habitat
Niu et al. (2010)	**FINANCEIRA / SOCIO-AMBIENTAL**	**Edifício**	**Urbano**		**Edifício e urbano**	
	Benefícios: gestão de águas pluviais (economias na infraestrutura e redução de taxas), energia (redução do consumo, da emissão de poluentes, do tamanho de aparelhos de ar condicionado e taxas de eletricidade), saúde (absorção de NOx)	O VAL 25% inferior. Benefícios importantes - aumento da vida útil, economias na energia e da gestão de águas pluviais. PR de 7 anos	VAL aumenta e é aproximadamente 5-15% inferior ao das coberturas tradicionais. PR < 7 anos		Considera existência de taxa de águas pluviais cobrada a superfícies impermeáveis. Consumo energético não inclui variações térmicas devido à humidade presente na cobertura. Não considera benefícios da redução de poluente a nível privado, visto não ser uma vantagem direta do proprietário	
Ascione et al. (2013)	**FINANCEIRA**	Economia Anual Op. e Manut.		PR	**Edifício**	
	Instalação, operação (consumo energético) e manutenção (irrigação) — **Edifício**	Tenerife	-3 a -7%	Negativo	Pouco viável, mesmo em locais com pluviosidade (minimiza rega); Não viável nas zonas mais secas; Não considera sistemas de retenção pluvial para irrigação; Coberturas brancas preferíveis	
		Sevilha	-6 a 0%	Neg a >500 anos		
		Roma e Londres	-3 a 1%	Neg a >500 anos		
		Amesterdão	-5 a 2%	Neg a 489 anos		
		Oslo	3 a 5%	237 a 140 anos		
Bianchini e Hewage, (2012)	**FINANCEIRA/ ECONÓMICA/ SOCIO-AMBIENTAL**	**Edifício (extensiva/intensiva)**			**Edifício**	
		Benefícios	VAL (€/m^2)	PR	Resultados – valores mais prováveis. Investimentos de retorno a curto prazo e baixo risco. Não efetua comparação com cobertura tradicional	
	Fabricação, construção, operação e desativação.	Pessoal	255/536	4,6/6		
		Social	18/54	-		
		Ambos	351/610	4,2/12,8		
Sproul et al. (2014)	**FINANCEIRA/ ECONÓMICA/ SOCIO-AMBIENTAL**	Benefícios	VAL (€/m^2) – Claras/Escuras		Apesar da inviabilidade, o custo anual é pequeno. Qualidade do ar apenas inclui emissões evitadas. Não foram considerados benefícios ambientais como mitigação do efeito de calor, aumento do valor da propriedade, saúde pública e consumo de CO_2, que poderiam alterar os resultados	
		Energia	19 / 39			
	Instalação, manutenção, operação e substituição	Qualidade ar	- 1 /1,4			
		Água Pluvial	91			
		Inst., mant.e sub.	-193			
		Total	-84/-62			

O estudo de Bianchini e Hewage (2012b) indica ainda maiores retornos por parte das coberturas verdes intensivas que das extensivas, ainda que com tempos de recuperação de capital superiores.

É, portanto, possível afirmar que a avaliação económica da instalação de coberturas verdes está associada a várias incertezas e resultados divergentes, não existindo uma conclusão única e irrefutável. Uma possível explicação prende-se com o facto da mesma estar depende das características do local, bem como as características do edifício e da cobertura verde a instalar são fatores essenciais que podem influenciar a avaliação. Por exemplo, a abundância de precipitação no norte da Europa favorece o desempenho satisfatório das coberturas verdes, enquanto no Sul, pelo contrário, a escassez torna-se uma barreira (Berardi et al., 2014). Assim, não é possível tirar conclusões globais sobre o desempenho económico das coberturas verdes, sendo necessário conhecer com maior detalhe os pressupostos e condicionantes específicos de cada caso

3.1.1. Componentes da análise económica

A análise ciclo de vida das coberturas incide na fase de instalação, passando pela manutenção e operação, até à sua substituição ou demolição (DG PRCE, 2003).

A avaliação económica de qualquer projeto compreende três componentes: a financeira, a económica e a socio-ambiental, distintas entre si pelo perímetro de análise considerada. A componente financeira avalia viabilidade da perspetiva do promotor do projeto, ou seja, centra-se na dimensão microeconómica e inclui os custos e ganhos monetários diretos. Por sua vez, enquanto a componente económica está associada a questões de eficiência económica, a componente socio-ambiental analisa a criação de valor para a sociedade e meio ambiente. Ambas se complementam na dimensão económica-socio-ambiental (DG PRCE, 2003).

3.1.1.1. Componente financeira

A componente financeira analisa os fluxos monetários (gastos e receitas) diretamente associados aos promotores do projeto e avalia, portanto, a rentabilidade prevista do sector privado (DG PRCE, 2003). Nesta componente são integrados custos de instalação, manutenção, substituição e demolição. Particularmente na fase de exploração, podem ser destacadas economias a nível do consumo energético, tanto para aquecimento e arrefecimento como na redução das dimensões de equipamentos de ar condicionado; redução de impostos; redução do custo de substituição devido ao aumento da vida útil; (Bianchini e Hewage, 2012b; Sproul et al., 2014); custo de instalação, manutenção e demolição; desconto sobre seguro de incêndio; aumento da eficiência de painéis fotovoltaicos e produção agrícola.

3.1.1.2. Componente económica

A componente económica, por sua vez, evidência os contributos do projeto quer para a economia local quer para a nacional (DG PRCE, 2003).

Nesta componente são integrados a valorização do imóvel; criação de espaços de lazer; aumento do valor estético dos edifícios e benefícios associados ao aumento do isolamento acústico (Bianchini e Hewage, 2012b; Sproul et al., 2014).

3.1.1.3. Componente socio-ambiental

A componente socio-ambiental considera aspetos como a equidade social e a proteção do

ambiente. Com a instalação de coberturas verdes, a sociedade beneficia de uma forma geral em questões de saúde e bem-estar público (DG PRCE, 2003).

As questões ambientais assumiram maior importância após a Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, em 1992, e, atualmente, certos agentes financiadores advertem para a integração dos custos e benefícios ambientais nas avaliações económicas dos projetos (Landmann et al., 2007) para garantir a seleção e financiamento de projetos globalmente sustentáveis. Nesta componente são integrados benefícios devido à mitigação do efeito de ilha de calor urbano e aquecimento global; redução do nível de poluição urbana; melhoria da qualidade do ar, devido à remoção da poluição e ao consumo de carbono; criação de habitat protegido nas cidades; gestão da água pluvial, com reduções na taxa da água escoada e tratada, e consequente redução da dimensão dos equipamentos escoamento e tratamento de águas residuais e pluviais (como cisternas), e respetivos custos de manutenção; diminuição do risco de inundação (Bianchini e Hewage, 2012b; Sproul et al., 2014).

3.2. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Devido à grande variabilidade de resultados, torna-se imperativo, analisar as todas condicionantes dentro do contexto da aplicação destas coberturas, ao longo do seu ciclo de vida, e decidir se a sua eficácia inviabiliza ou não a instalação. Com o objetivo de quantificar a influência da variação dos custos e benefícios na avaliação económica, é possível efetuar uma análise de sensibilidade, fazendo variar esses diversos parâmetros e ver quais os que provocam maiores alterações nos resultados. De seguida são apresentados resultados de estudos que efetuaram análises de sensibilidade sobre parâmetros específicos, sendo que, para os quais existe essa informação, foram aplicadas variações entre 5 e 8%.

Por exemplo, Blackhurst et al. (2010) realizaram uma análise de sensibilidade sobre os parâmetros influentes nos impactos ambientais, onde os parâmetros mais sensíveis foram: o número de pisos do edifício; número de coberturas tradicionais substituídas, ou seja, a escala; o preço da eletricidade; e os impactos resultantes da mitigação do efeito de ilha de calor. A análise demonstrou-se menos sensível à variação dos custos de materiais e de construção; e aos impactos na hidrologia regional. Já a variação dos valores comerciais dos GEE e gestão de águas pluviais em nada influenciaram a avaliação económica.

Segundo a análise dos impactos ambientais feita por Kosareo e Ries (2007), a redução no consumo energético e aumento da vida útil da membrana impermeável da cobertura, especialmente o primeiro, são os parâmetros que facultam maiores vantagens. Salientam que, embora a redução do consumo global de energia do edifício não seja elevada, é essencial para reduzir os impactos ambientais ao longo do seu ciclo de vida. Estes autores ainda realçaram o facto de os resultados estarem limitados ao tipo de construção do edifício, local e clima.

Carter e Keeler (2008) concluíram, igualmente com uma análise de sensibilidade, que a viabilidade do projeto de instalação de coberturas verdes está inteiramente associada aos valores e condições de mercado. Para Nurmi et al. (2013), os benefícios dependem de fatores como: número de andares; tipo de utilização; tipo de cobertura verde; localização na cidade (maiores vantagens de isolamento sonoro com a proximidade do centro); temperatura exterior (mais eficientes sobre o consumo de energia para o arrefecimento que para aquecimento) e nível de precipitação e frequência de chuvas extremas

(vantajosas para altos níveis de precipitação e grandes áreas impermeáveis). Desta forma, afirmam que com o desenvolvimento das mudanças climáticas, prevê-se que os benefícios sejam mais evidentes.

A análise de sensibilidade permite também estudar cenários futuros, impossíveis de se preverem mas prováveis de ocorrerem, que poderão influenciar de igual forma a avaliação económica. A análise de sensibilidade realizada por Carter e Keeler (2008) demonstrou que, fazendo variar parâmetros de uma forma realista, como a diminuição do custo de construção ou o aumento do preço da energia, o VAL das coberturas verdes torna-se maior que o das tradicionais, o que significa que, caso essas variações se verifiquem, a instalação das coberturas verdes passa a ser viável.

Por exemplo, de acordo com Carter e Keeler (2008) é pouco provável que o preço da eletricidade se mantenha constante nos próximos anos, tendo sim tendência para aumentar. Esta tendência está associada às crescentes preocupações ambientais da sociedade, que irão gerar políticas limitadoras da poluição do ar e de alterações climáticas, e, consequentemente, aumentar o preço. Esta evolução pode ser suficiente para tornar as coberturas verdes mais vantajosas que as tradicionais, sendo que, para a mesma redução de consumo de energia, resultam em economias consideravelmente superiores.

Da mesma forma, Blackhurst et al. (2010) afirmam que a padronização das coberturas verdes poderia beneficiar bastante a sua avaliação económica visto que, atualmente, por ser um conceito ainda pouco solicitado, as coberturas verdes não disponibilizam desenhos detalhados e especificações de preços e materiais concretos.

Neste contexto, Carter e Keeler (2008) declaram que o benefício económico mais importante das coberturas verdes é o aumento da vida útil da membrana de impermeabilização, que aumenta o ciclo de vida e, portanto, os períodos de tempo entre substituições. Apesar de reduzirem os custos em 85% relativamente às coberturas tradicionais, as empresas de impermeabilização ainda só fornecem garantia das membranas de 25 anos, cerca de metade da vida útil considerada para as coberturas verdes. Este fator provoca algumas hesitações por parte do investidor. Ao analisarem os resultados obtidos, que indicavam que o VAL das coberturas verdes era entre 10 e 14% superior ao das coberturas tradicionais, Carter e Keeler (2008) concluíram que uma redução de 20% no custo de construção destas coberturas seria suficiente para que se tornassem mais rentáveis que as tradicionais. Afirmam, ainda, que este custo é o mais favorável de sofrer reduções, uma vez que, caso as coberturas verdes se tornem uma prática corrente, como referido anteriormente de ser plausível o desenvolvimento desta indústria, a especialização e produção mais eficiente leva a reduções nos preços.

Desta forma, independentemente do resultado positivo ou negativo do VAL, o mesmo não é robusto face a alterações dos seus parâmetros, os quais estão associados a uma grande incerteza e risco.

3.3. INCENTIVOS E POLÍTICAS DE APOIO À INSTALAÇÃO DE COBERTURAS VERDES

Segundo Nurmi et al. (2013), caso se iniciasse a produção em escala, os custos associados à produção de coberturas verdes reduziriam entre 33 e 50%, tal como acontece atualmente na Alemanha e Suíça. Desta forma, um dos principais problemas da aplicação de coberturas verdes consiste em que a maioria dos benefícios só se tornam percetíveis quando esta solução é adotada em larga escala, e portanto, a sua instalação só se torna economicamente vantajosa quando generalizada (Refahi e

Talkhabi, 2015). Assim, a responsabilidade pela baixa aderência a este conceito de coberturas verdes na maioria dos países ainda se atribui à falta de aplicação intensiva e falta de especialização no tema (Berardi et al., 2014).

Segundo Nurmi et al. (2013), os benefícios privados não justificam o investimento feito pelos promotores, uma vez que são estes que suportam todos os custos. Muitos investigadores concordam que, desta forma, os promotores não serão incentivados a escolher as soluções de coberturas socialmente e ambientalmente mais vantajosas, optando pelas soluções com menores custos de instalação e manutenção, ou seja, poderão escolher dinheiro em detrimento da vida humana (Sproul et al., 2014). Desta forma, não se desenvolve a indústria e, como tal, mantêm-se os preços elevados de produção e manutenção. Como solução, Nurmi et al. (2013) afirmam que uma consciencialização e sensibilização junto de decisores públicos e privados sobre os benefícios destas coberturas podem ser medidas eficazes de promoção. Para que isto aconteça, é importante que surjam políticas de apoio que proporcionem incentivos aos promotores destes projetos. Exemplo disso é a criação de políticas para eliminação de coberturas ambientalmente prejudiciais, principalmente em climas quentes, à semelhança do que, aliás, começa a ocorrer em diversos países (Sproul et al., 2014).

Estas iniciativas são importantes, considerando que transferem parte dos benefícios públicos para os promotores dos projetos de coberturas verdes, para que os benefícios privados se tornem superiores aos custos, viabilizando assim o investimento. Carter e Keeler (2008) partilham desta opinião e acrescentam que, sendo a redução do escoamento das águas pluviais um benefício público, deveriam ser disponibilizados também fundos públicos como incentivo aos proprietários. Devido à sensibilidade a parâmetros estritamente dependentes da região, como as taxas de trabalho e valores referentes à hidrologia local, e à sua capacidade de inviabilizar a instalação de coberturas verdes, Blackhurst et al. (2010) referem juntamente a importância de existirem políticas locais relativas a coberturas verdes que considerem estas características locais.

Segundo estes autores, existem outras medidas, na sua opinião menos favoráveis, que tornam obrigatória a instalação de coberturas verdes em edifícios específicos, tal como acontece em Copenhaga, em que a maioria dos novos planos locais as incluem necessariamente.

3.4. INCERTEZA DA ANÁLISE

O problema relativo à avaliação económica de coberturas verdes está associado à sua complexidade, e daí provirem conclusões tão distintas. Carter e Keeler (2008) relacionam esta complexidade à extensão de parâmetros existentes e à incerteza a eles associada. Por exemplo, a análise dos benefícios económicos provenientes da redução de consumo pode ser examinada de duas formas distintas, pelo menos. A primeira considera o custo de instalação de uma camada de isolamento nas coberturas tradicionais que origina valores de isolamento semelhantes aos da cobertura verde e, portanto, não são consideradas as economias do consumo energético, uma vez que não há variação de consumo entre as duas situações. A segunda análise, mais comum, considera apenas que a cobertura verde é instalada e proporciona isolamento adicional, criando economias de consumo de energia para o proprietário do edifício. Assim, os custos e benefícios considerados na avaliação económica e o modo como esta é feita podem levar a resultados bastante diferentes.

Por exemplo, as economias a nível energético, apesar de não serem apontadas por Carter e Keeler (2008) como o principal benefício das coberturas verdes, poderão compensar anualmente o investidor privado face aos custos de investimento inicial. Contudo, caso o edifício sirva para alugar, o beneficiado será o utilizador do mesmo e o proprietário somente aproveita este benefício como utensílio de publicidade. Nurmi et al. (2013) realçam ainda o facto de que, devido à escassez de informação e estudos sobre as vantagens económicas das coberturas verdes e quantificação dos diversos benefícios, a avaliação realizada é apenas uma estimativa. Contudo, afirmam que os resultados poderão ser facilmente atualizados conforme os resultados de novos estudos sobre o desempenho destas coberturas. Apontam, também, que os estudos devem ser feitos tendo em conta, principalmente, o clima e o ambiente urbano onde será instalada a cobertura, para providenciarem resultados mais consistentes.

Estas são as principais dificuldades com que se depara a avaliação económica da instalação de coberturas verdes em edifícios. Apesar disso, de uma forma geral, os investigadores concordam que quer coberturas verdes quer coberturas energeticamente eficientes (coberturas frias/claras) são, a nível social, preferíveis às coberturas tradicionais com uma fraca contribuição para a sustentabilidade ambiental, aumento de custos de energia, do efeito de ilha de calor e do aquecimento global (Sproul et al., 2014).

De igual forma, apesar das conclusões divergentes no âmbito da instalação de coberturas verdes em edifícios novos, a reabilitação de edifícios existentes garante com maior frequência o êxito a nível económico, devido ao seu deficiente isolamento habitual. No entanto, existem fatores associados à reabilitação que podem inviabilizar o projeto, tais como a aplicação de cargas adicionais permanentes caso comprometam a segurança estrutural (Berardi et al., 2014). Se for necessário efetuar ajustes na estrutura, é importante ponderar os custos acrescidos que daí provêm.

Em forma de conclusão, a ambiguidade presente nos resultados reforça a ideia de que é necessário proceder a uma análise económica que tome em consideração todos os parâmetros em conjunto associados às coberturas verdes, a curto e longo prazo, e que avalie a contribuição de cada parâmetro para o desempenho destas, isto é, que seja verificada por uma análise de sensibilidade.

4. CARACTERIZAÇÃO DO CASO DE ESTUDO

Uma vez que se pretende estudar um cenário de substituição de coberturas tradicionais por coberturas verdes em edifícios existentes em Lisboa, é necessário identificar os edifícios aptos para esta permuta.

Tal como discutido na secção 2.2.1.5, a possibilidade de implementação de coberturas verdes em edifícios existentes prende-se com a capacidade estrutural dos mesmos e, por conseguinte, com os materiais que integram na sua estrutura e o método construtivo aplicado. A inclinação da cobertura pode igualmente inviabilizar a instalação de determinadas tipologias de coberturas verdes. Coberturas verdes intensivas e semi-intensivas estão associadas a coberturas planas, enquanto coberturas verdes extensivas podem ser associadas a coberturas planas ou com inclinações até $20º$, para evitar custos acrescidos de fixação, ou até $35º$, caso exista disponibilidade de suportar esses custos.

Deste modo, as duas principais características que interferem com a oportunidade de conversão de coberturas existentes em coberturas verdes são: estrutura da construção e tipo de cobertura. Note-se que na situação de construção nova esta questão não se colocaria.

Identificados os edifícios possíveis, existem ainda outros atributos do imóvel e da cobertura original que devem ser contabilizados na realização de uma avaliação económica, na medida em que afetam a eficácia de benefícios conferidos pelas coberturas verdes e determinados custos a elas associados, face à situação de manter as características existentes. Entre eles enumeram-se: existência ou não de isolamento - relativamente aos benefícios de consumo energético e isolamento sonoro e aos custos de instalação e demolição; e utilização do edifício (habitação ou prestação de serviços), relativamente aos benefícios do consumo energético e valorização do imóvel, associados a distintas necessidades de conforto térmico e valor comercial, respetivamente. Nesse sentido foi necessário proceder à caracterização e tipificação do parque edificado à escala de Lisboa, onde foram analisadas as características acima identificadas, com base em dados recolhidos nos últimos Censos, referentes a 2011 e disponibilizados na página da *internet* do Instituto Nacional de Estatística (INE, 2016), e a partir de plantas introduzidas no programa QGis.

4.1. EVOLUÇÃO DAS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS EM LISBOA

Da necessidade de caracterizar o edificado para o caso estudo ao qual será efetuada a avaliação económica, surgiu a necessidade de analisar a evolução das técnicas construtivas na região. Na cidade de Lisboa ainda prevalecem alguns exemplares da época anterior ao terramoto de 1755, durante a qual ocorreu o terramoto que dizimou a maioria dos edifícios existentes, designados por Pré-Pombalinos e caracterizados especialmente pelas paredes resistentes de alvenaria de pedra argamassada e pavimentos de madeira. O posterior processo de reconstrução de Lisboa, que incidiu especialmente na segurança estrutural baseada no regulamento anti-sísmico, integrou na cidade edifícios tipicamente designados por Pombalinos (1755-1880). Entre o período de 1880 e 1940, sucedeu-se uma expansão urbana de Lisboa para Norte, a partir do Plano de Frederico Ressano Garcia, onde foram aplicadas, devido à grande liberdade construtiva, significativas simplificações estruturais nos projetos e empregada mão-de-obra e materiais de qualidade inferior, que resultaram na construção Gaioleira, tipicamente caracterizada por

paredes exteriores em alvenaria de pedra e paredes interiores em alvenaria com estrutura frontal em madeira que vai dando lugar a alvenaria de tijolo simples ou tabiques. Em resultado das débeis características deste tipo de construção, a partir de 1940 surgiu o tipo de construção mista, com paredes resistentes de alvenaria e lajes finas de betão armado, que nos anos 60 deu lugar às estruturas porticadas e lajes maciças de betão armado (Branco et al., 2016; LNEC, 2016). Esta evolução das características dos edifícios em Lisboa encontra-se apresentada em maior detalhe no Anexo I, Figura I. 1.

4.2. CARACTERIZAÇÃO DO PARQUE EDIFICADO EM LISBOA

Com o intuito de caracterizar adequadamente o parque edificado de Lisboa foram analisadas as características relevantes para a avaliação económica da instalação de coberturas verdes, fortemente associadas às características construtivas típicas de determinadas épocas. Estas características estão especificados segundo o ano de construção do edifício para possibilitar a comparação com a informação apresentada na secção 4.1 e Anexo I, Figura I. 1.

Para uma análise dos dados mais simplificada, estes foram agregados de acordo com as suas características ao nível da cobertura e estrutura em função da época de construção, em conformidade com o referido na secção anterior. Assim sendo, os dados são distinguidos nas seguintes épocas:

- até 1945 – paredes de alvenaria de pedra e coberturas inclinadas com estrutura de madeira;
- de 1945 a 1960 – paredes de alvenaria e coberturas inclinadas (algumas em terraço);
- de 1961 a 2006 – estrutura de betão e coberturas sem isolamento, inclinadas (possibilidade de menores inclinações) e em terraço;
- a partir de 2006 - estrutura de betão e coberturas com isolamento, inclinadas (possibilidade de menores inclinações) e em terraço.

Note-se que foi considerado como limite o ano de 1945 ao invés de 1940 (época em que surgem as estruturas mistas), porque os Censos de 2011 fazem a distinção desta forma. As estruturas de betão armado, época a partir de 1960, foram ainda subdivididas em dois níveis, cuja fronteira do ano de 2006 serve para simbolizar a introdução de isolamento nas coberturas, tal como indicado no manual de 10 soluções de eficiência energética, publicado pela ADENE.

Para possibilitar uma análise mais específica de Lisboa, são apresentados alguns dos resultados ao nível da freguesia. Importa referir que os dados dos Censos de 2011 são apresentados segundo a antiga disposição das freguesias, as quais, com a entrada em vigor da Lei nº 56/2012 a 8 de Novembro de 2012, sofreram uma redefinição dos seus limites territoriais em que as 53 freguesias foram agrupadas em 24. Os dados recolhidos foram assim distribuídos segundo a nova ordenação de freguesias, de acordo com a associação apresentada no Anexo I, Tabela I. 1. Uma vez que a freguesia do Parque das Nações resultou da fusão de parte da área de Moscavide, Sacavém e Santa Maria dos Olivais, e a freguesia dos Olivais corresponde à restante área da antiga freguesia de Santa Maria dos Olivais, tornou-se difícil a segregação dos dados de ambas. Deste modo, os dados foram apresentados para estas duas novas freguesias em simultâneo, associados à antiga freguesia de Santa Maria dos Olivais, sendo desprezadas as áreas provenientes do concelho de Loures, que representam apenas uma pequena fração do Parque das Nações.

4.2.1. Época de construção

A época de construção é um dado fundamental que possibilita uma perceção mais clara das características da construção que mais influenciam a possibilidade da instalação de coberturas verdes e as particularidades do processo. A Figura 4.1, baseada nos dados do Anexo I, Tabela I. 5, apresentada as frações de edificado em Lisboa correspondentes aos sucessivos anos de construção.

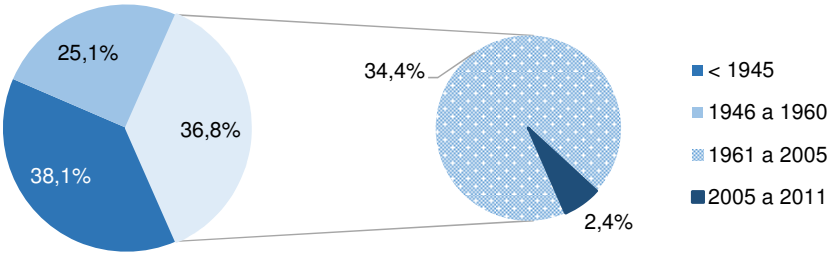


Figura 4.1 – Época de construção dos edifícios de Lisboa (fonte: INE, 2016)

Apesar da maior percentagem de edifícios existentes em Lisboa ter sido construído até 1960, os edifícios com estrutura em betão armado ainda constituem uma parcela considerável do edificado. Para uma melhor noção da distribuição desta componente, é apresentada a Figura 4.2, que expõe o período de construção com maior expressão em cada freguesia.

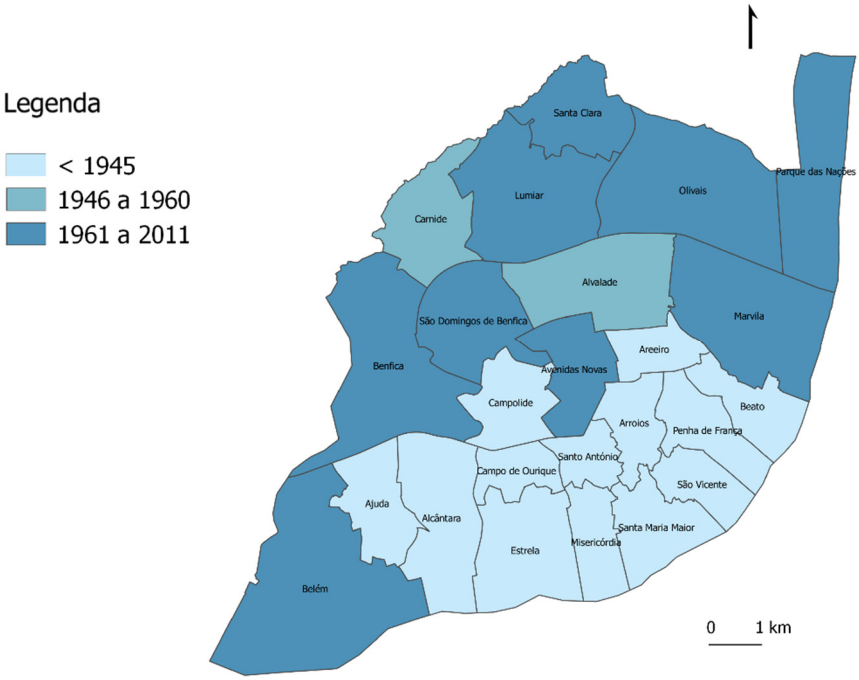


Figura 4.2 – Época de construção predominante em cada freguesia (fonte: INE, 2016)

Analisando a figura é possível concluir que a zona ribeirinha detém um parque edificado mais antigo, enquanto as zonas periféricas são mais recentes. Realça-se o facto de o mapa apresentar apenas a época de construção com maior expressividade, o que não significa que as restantes épocas não sejam representativas. Por exemplo, o edificado da freguesia da Ajuda, apesar de ser maioritariamente construído até 1945 (41,3%), apresenta também uma componente considerável respetiva à época entre 1946 e 1960 (37,9%). Por uma questão de espaço estes dados não foram apresentados em anexo, mas podem ser consultados na página da *internet* do INE.

4.2.2. Estrutura do edificado

A partir da informação fornecida pelos Censos 2011, é possível distinguir os edifícios nos diferentes tipos de estrutura, apresentados na Figura 4.3 para a cidade de Lisboa, baseada nos dados do Anexo I, Tabela I. 5. De acordo com a informação exposta na secção 4.1 até 1945 os edifícios com paredes de alvenaria e pisos de madeira são o tipo de estrutura predominante, correspondentes à construção Pombalina e Gaioleiros. Entre 1945 e 1960 nota-se, na figura, a fase transitória das estruturas mistas (paredes de alvenaria com placa) e o aparecimento das estruturas em betão armado, nitidamente predominantes a partir de 1960. Os edifícios com estrutura em betão armado são de facto os mais frequentes na cidade de Lisboa, correspondendo a 42% do edificado total. Este aspeto é favorável à instalação de coberturas verdes generalizada, uma vez que este é o tipo de estrutura mais adequado para tal.

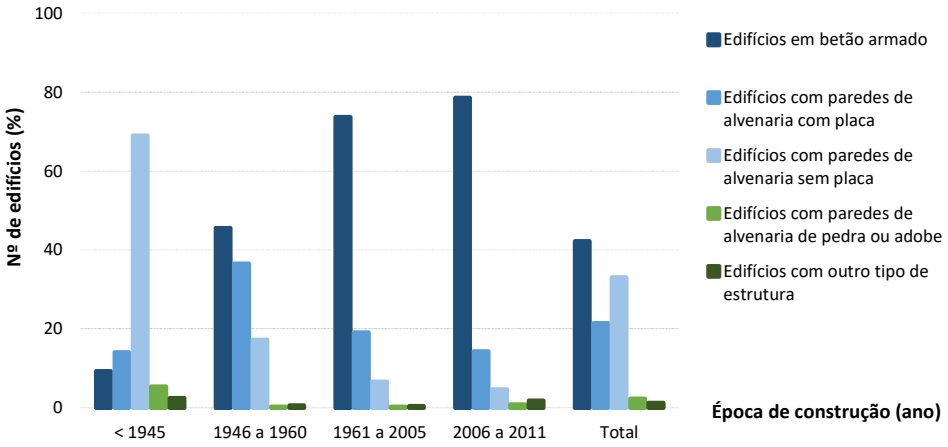


Figura 4.3 – Tipos de estrutura de construção dos edifícios de Lisboa segundo o ano de construção (fonte: INE, 2016)

4.2.3. Tipo de cobertura do edifício

O tipo de cobertura existente é um dos fatores que mais interfere com o tipo de cobertura verde selecionado. A partir da informação fornecida pelos Censos 2011, disponível no Anexo I, Tabela I. 5, é possível distinguir os edifícios nos tipos de coberturas que são apresentados na Figura 4.4 para a cidade de Lisboa.

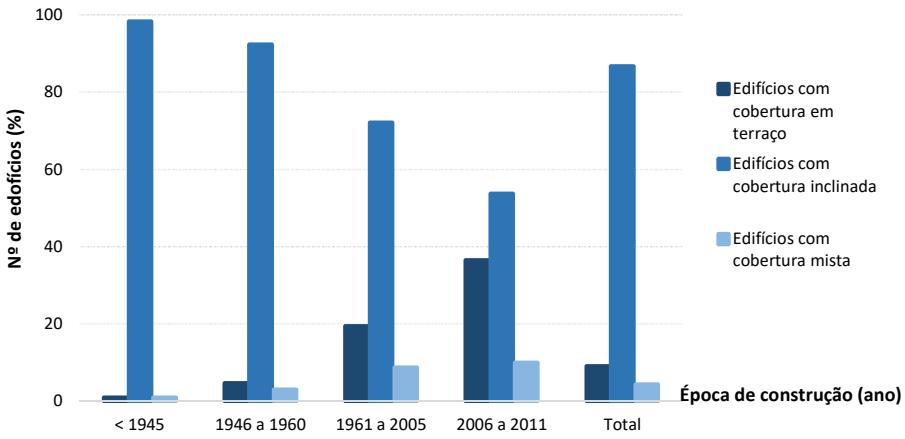


Figura 4.4 – Tipos de coberturas dos edifícios de Lisboa segundo o ano de construção (fonte: INE, 2016)

A maioria das coberturas existentes em Lisboa apresenta inclinação. Com uma representatividade de 87% do parque edificado lisboeta, tiveram uma aplicação pronunciada até ao ano de 1980, tal como demonstrado no do Anexo I, Tabela I. 5, a partir do qual perderam um pouco do seu peso em detrimento da tipologia em terraço. É visível o aumento de percentagem de coberturas em terraços nos edifícios mais recentes.

4.2.4. Necessidades de reparações

Foram ainda identificadas as necessidades de reparação ao nível da estrutura e da cobertura dos edifícios, com o intuito de não limitar a avaliação económica efetuada apenas aos edifícios de betão armado. Isto é, as restantes categorias de estruturas não se manifestam aptas para receber coberturas verdes e, deste modo, seriam logo à partida excluídas da análise em questão. Contudo, aproveitando eventuais necessidades de reparação previamente existentes, e portanto, a oportunidade de reforçar a estrutura de modo a adquirir capacidade de carga suficiente para suportar a cobertura verde, é possível incluir estes edifícios no estudo. Para além disso, seria ainda possível desprezar o acréscimo de despesas associadas a essa operação, uma vez que esta já se encontrava imposta de qualquer forma, quer a solução de cobertura substituída fosse a original quer fosse a verde.

As necessidades de reparações a nível da estrutura e da cobertura, tal como se pode observar na Figura 4.5 baseada nos dados do Anexo I, Tabela I. 6 e Tabela I. 7, apresentam percentagens muito semelhantes, pelo que podem ser consideradas como referentes aos mesmos edifícios.

A figura sugere um grande nível de degradação, tanto na estrutura como na cobertura, nos edifícios mais antigos. A carência de reparações consideráveis deixa de ser tão notória a partir de 1960, época em que surgem os edifícios em betão armado. Nesse sentido, não é despropositado associar o mau estado de conservação dos edifícios aos restantes tipos de estruturas da construção (alvenaria de pedra ou adobe, alvenaria com e sem placa e outros tipos).

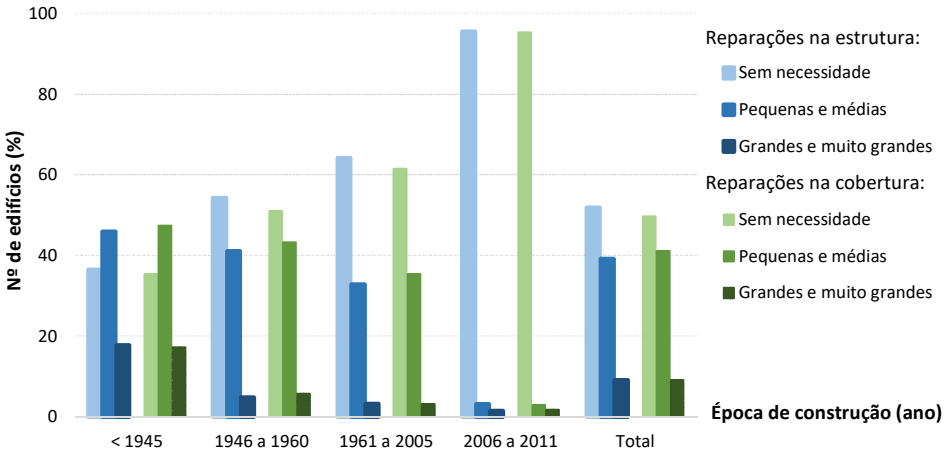


Figura 4.5 – Necessidades de reparação na estrutura e cobertura de edifícios em Lisboa (fonte: INE, 2016)

Ainda que o número de edifícios com necessidades de reparação grandes ou muito grandes seja pouco relevante ao nível do edificado (9%), será essa categoria a considerar na simulação de instalação de coberturas verdes após reabilitação da estrutura e cobertura do edifício, visto que reparações menores não implicariam, provavelmente, reforços estruturais suficientes.

4.2.5. Utilização do edifício

A função atribuída ao edifício é outro parâmetro que influência a análise económica a efetuar. Desta forma, segundo os resultados dos Censos de 2011, apresentados no Anexo I, Tabela I. 2, é possível identificar os seguintes tipos de edifícios: exclusivamente residenciais, principalmente residenciais e principalmente não residenciais, os quais incluem alojamentos para habitação nas proporções, respetivamente, de 100%; 50 a 99%; e até 49%. As duas primeiras categorias representam edifícios habitacionais e a última foi associada como referente a edifícios não habitacionais, considerando que, ainda que possua as duas tipologias, o último piso (o mais afetado pelo efeito da cobertura e, portanto, o que interessa para a presente análise) é predestinado à prestação serviços.

Na Figura 4.6 são indicadas as percentagens correspondentes a cada tipo de utilização do edificado em Lisboa.

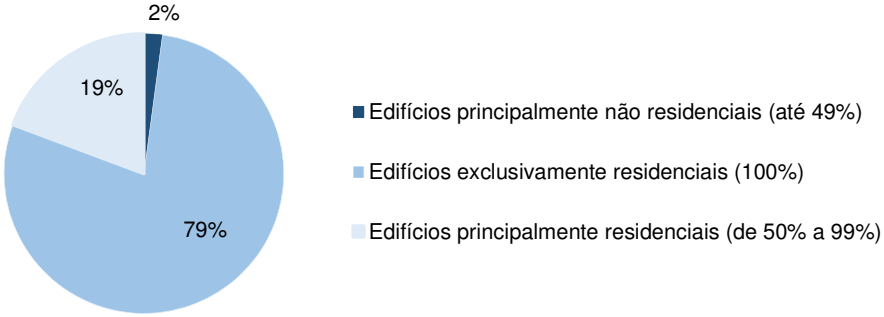


Figura 4.6 – Tipo de utilização dos edifícios (fonte: INE, 2016)

É necessário referir que os edifícios abrangidos pelos Censos são sempre de caracter habitacional, ainda que em pouca percentagem. Desta forma, esta fonte não disponibiliza qualquer tipo de informação acerca de edifícios exclusivamente não residenciais, e o pressuposto anterior é irreal.

Sendo Lisboa uma área urbana especialmente dedicada a atividades económicas, os edifícios de serviços são bastante comuns. Devido à privação de informação acerca das características desses edifícios, a nível estrutural e da cobertura, entre outras, os mesmos não foram incluídos na análise. Contudo, de modo a comentar as divergências entre o parque edificado realmente existente nesta cidade e o indicado nos censos, e identificar a lacuna no estudo na análise económica efetuada, recorreu-se ao programa *QGis* e às plantas disponibilizadas sob a forma de *shapefiles,* facultadas pela CML (Geodados, 2016; Geogis, 2016). A análise dos censos compreende um total de $52\,496$ edifícios correspondentes a uma área de implantação total de $7\,842\,507\ m^2$. Esta área foi estimada com base no número de edifícios, alojamentos $(323\,981)$, número médio de pisos por edifício $(3{,}73)$ e superfície média útil dos alojamentos familiares clássicos de residência habitual $(90\ m^2)$, cujo cálculo se apresenta no Anexo I, Tabela I. 3 e Tabela I.6.

A análise das *shapefiles* no programa compreende $60\,418\ edifícios$ correspondentes a uma área de implantação total de $17\,034\,428\ m^2$. Analisando as mesmas *shapefiles*, considerando apenas as áreas indicadas no PDM de Lisboa (Plano Diretor Municipal) como espaço central e urbano, ou seja zonas residenciais e de serviços, são identificados $58\,044$ edifícios correspondentes a uma área de $9\,295\,095\ m^2$, dados idênticos aos referidos nos censos. A divergência entre os dois primeiros cenários

prende-se sobretudo com as grandes superfícies de serviços que, contribuem reduzidamente para o número de edifícios mas numa grande percentagem para a área total de edificado.

Outro motivo pelo qual os edifícios de serviços identificados no programa *QGis* não foram incluídos no estudo, para além da falta de informação acerca das suas características construtivas, resulta da inclusão indestinta de edifícios de características especiais nas plantas utilizadas, tais como, por exemplo, os estádios de futebol, que não seriam adequados para a instalação de coberturas verdes.

4.3. DEFINIÇÃO DOS EDIFÍCIOS TIPO

Não foram incluídos na avaliação económica edifícios cuja construção se prevê ter ocorrido até ao ano 1946 (Pré-pombalinos, Pombalinos e Gaioleiros), por se considerar a sua estrutura construtiva tipicamente inadequada à instalação de coberturas verdes e, portanto, a maior parte do edificado da zona ribeirinha. Nesta categoria, existe uma pequena percentagem de edifícios mistos e de betão armado, como é possível ver pela Figura 4.3. Estes foram igualmente excluídos por se assumir que possuem coberturas com inclinações elevadas, típicas da época, e, portanto, inadequadas. Todos os restantes períodos foram considerados em termos de edifícios de betão armado e mistos, com certas restrições. Os demais tipos de construção não foram integrados pelas razões anteriormente indicadas.

Nesse sentido, e não esquecendo as características típicas de cada época, foram definidos os edifícios tipo, apresentados na Tabela 4.1, nos quais a avaliação irá incidir.

Em âmbito de reabilitação presumiu-se que a inclinação da cobertura seria mantida para que fossem mínimos os custos envolvidos na alteração da estrutura. Tendo isto em consideração, foram rejeitadas coberturas com inclinações demasiado elevadas, para minimizar que igual modo os custos associados à instalação das coberturas verdes implícitos no reforço de fixação.

Tabela 4.1 – Edifícios tipo incluídos na avaliação económica e respetivas considerações

Edifício Tipo			Considerações na análise
I	Estrutura:	Mista	**1946 a 2005** Apenas os edifícios com necessidades grandes e muito grandes de reparação na estrutura e cobertura
	Cobertura:	Inclinada não isolada	
II	Estrutura:	Betão armado	**1946 a 2005** Apenas os edifícios com inclinações ligeiras (até 20º)
	Cobertura:	Inclinada e não isolada	
III	Estrutura:	Betão armado	**1946 a 2005** Sem especificações
	Cobertura:	Terraço não isolado	
IV	Estrutura:	Mista	**2005 a 2011** Apenas os edifícios com necessidades grandes e muito grandes de reparação na estrutura e cobertura
	Cobertura:	Inclinada e isolada	
V	Estrutura:	Betão armado	**2005 a 2011** Sem especificações
	Cobertura:	Inclinada e isolada	
VI	Estrutura:	Betão armado	
	Cobertura:	Terraço isolado	

Os edifícios em betão armado apresentam, por norma, capacidade de carga suficiente para suportar a aplicação da cobertura verde, sendo a tipologia mais adequada (secção 2.2.1.5). Deste modo, é apenas necessário ter em atenção o critério da inclinação. Foi assumido que a partir de 2005 as técnicas construtivas evoluíram de forma a possibilitar a construção de coberturas de fraca pendente e, portanto, não revelam contraindicações. Contudo, no período anterior as coberturas, excluindo terraços, tinham tipicamente inclinações consideráveis. Para não as incluir no parque edificado

avaliado, foi considerado que apenas 35% dessas coberturas de betão inclinadas apresentavam pendente adequada. Para discriminar o tipo de cobertura nos diversos tipos de edifícios, uma vez que essa informação não é indicada nos censos, considerou-se que:

- todas as coberturas em terraço correspondem a edifícios de betão armado;
- os restantes edifícios de betão armado possuem coberturas inclinadas.

Relativamente às construções mistas, foram consideradas apenas aquelas com necessidades elevadas de reparação, com o intuito de integrar na avaliação estruturas potencialmente fortalecidas. Assumiu-se então, com base nos seguintes aspetos, que estas constituíam cerca de 25% das estruturas com grandes e muito grandes necessidades de reparação:

- nas sucessivas épocas após o ano de 1946, as estruturas mistas são aproximadamente duas vezes mais numerosas que o conjunto dos edifícios antigos (Pré-pombalinos, Pombalinos e Gaioleiros); ainda que em menor número, este conjunto de edifícios por serem mais antigos compõem a maior parte nas necessidades de reparação elevadas;
- as estruturas de betão armado, por serem mais recentes, não se encontram retratadas nas estruturas com grandes e muito grandes necessidades de reparação.

Concluindo, o parque edificado considerado ao nível de Lisboa é determinado a partir dos dados dos Censos pelas Expressões 4. 1, 4. *2* e 4. *3*, onde i representa a época construtiva considerada.

$$Estrutura\ Betão\ terraço_i = Cobertura\ terraço_i \qquad (4.1)$$

$$Estrutura\ Betão\ inclinada_i = Estrutura\ Betão_i - Estrutura\ Betão\ terraço_i \qquad (4.2)$$

$$Estrutura\ mista_i = Estrutura\ com\ grandes\ e\ muito\ grandes\ necessidades\ de\ reparação \times_i 0{,}25 \qquad (4.3)$$

Com base nestas expressões foram definidos os edifícios sobre os quais incide a avaliação e a área média de implantação (com base na área média de implantação de um edifício em Lisboa, indicada no Anexo II, Tabela I. 4), nos quais se considerou a substituição de coberturas tradicionais por coberturas verdes em Lisboa, e que são indicados na Tabela 4.2, segundo os cenários que serão estabelecidos adiante, apresentados na secção 6.2.

Tabela 4.2 – Número de edifícios e área de implantação considerada na avaliação económica em Lisboa

Edifício tipo	Edifícios	Área (m²)	Ano
I e II	113	16 782	Cenário 1
	5505	822 333	Cenário 2
IV e V	4	570	Cenário 3
	187	27 919	Cenário 4
50% III	41	6 127	Cenário 5
	2009	300 203	Cenário 6
50% VI	5	687	Cenário 7
	225	33 673	Cenário 8
50% III	41	6 127	Cenário 9
	2009	300 203	Cenário 10
50% VI	5	687	Cenário 11
	225	33 673	Cenário 12
	10 375	**1 549 947**	**Total**

A avaliação económica considerou ainda a distinção entre edifícios destinados a habitação, correspondentes a 98% dos edifícios tipo da categoria, e destinados a serviços, correspondentes a apenas 2% dos edifícios tipo, assumindo e generalizando as percentagens indicadas na Figura 4.6.

5. PRESSUPOSTOS DO MODELO DE AVALIAÇÃO ECONÓMICA

5.1. PROPOSTA METODOLÓGICA

No início da presente dissertação foram identificados e quantificados os custos e benefícios provenientes da instalação de coberturas verdes. Como o objetivo é efetuar uma análise comparativa de modo a fornecer bases para decidir entre a instalação de coberturas verdes e de coberturas tradicionais, a maioria desses custos e benefícios corresponde à diferença entre os valores relativos a ambas as coberturas. Considerando a variabilidade desses atributos, e tendo por base os valores da literatura, os mesmos foram traduzidos para condições o mais semelhante possível à cidade de Lisboa, o caso de estudo. Muitos dos dados foram fornecidos pela página da *internet* da CML (2016). Com base nesses valores estimados, foi efetuada a avaliação económica da instalação de coberturas verdes, considerando um cenário em que estas substituem as tradicionais. Esta avaliação é um processo incremental de 3 níveis, descrito, em conjunto com as variáveis que envolve, na Figura 5.1.

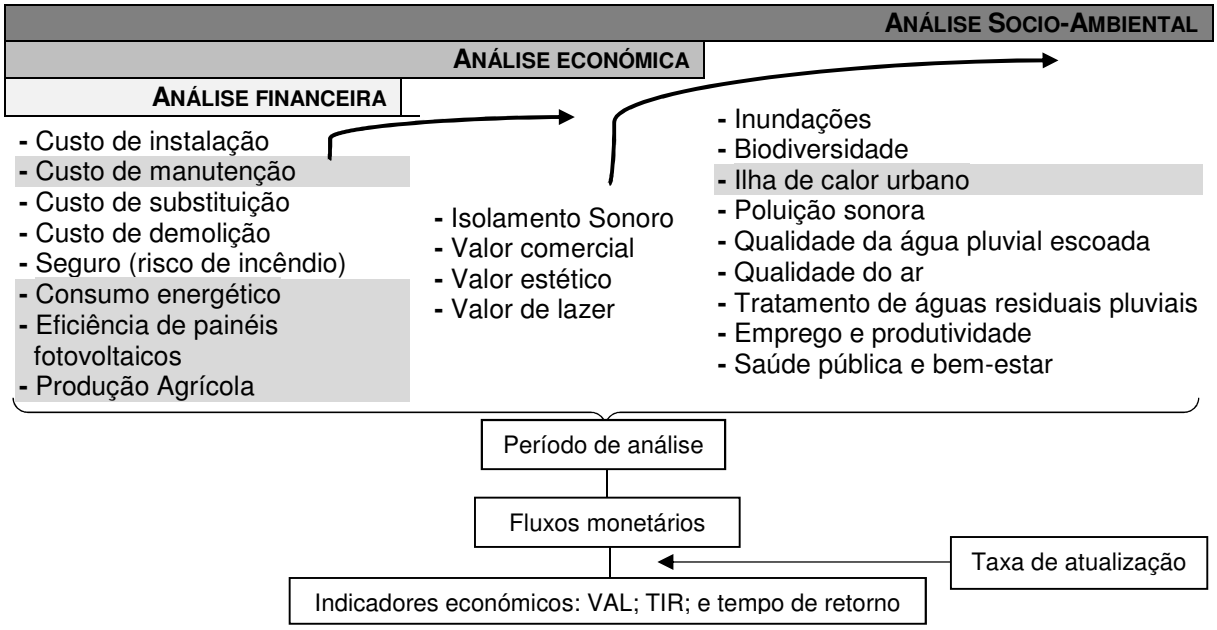


Figura 5.1 – Proposta de metodologia

Os ganhos ou custos sublinhados na Figura 5.1. indicam as variáveis afetadas pela taxa de inflação aplicada aos preços nos consumidores. A avaliação contabiliza todos os custos e benefícios diretamente associados à instalação da cobertura verde durante o seu ciclo de vida, incluindo instalação, operação e desativação. Não integra, porém, benefícios ou custos indiretamente associados, de forma a impor um limite na análise e evitar entrar em matérias que não pertençam ao objetivo direto desta dissertação. Por exemplo, para a redução do consumo energético, foram consideradas apenas as economias no consumo de eletricidade ou gás natural. Este benefício reduz também, ainda que indiretamente, as emissões de poluentes atmosféricos associados à produção de energia, no entanto estas não foram incluídas.

Incidindo sobre determinados cenários que fizeram variar as características da cobertura existente e da estrutura do edifício, bem como da cobertura a instalar, foi determinada a viabilidade do investimento, quer de forma individual quer de forma generalizada à escala de Lisboa. Para esta última

análise foram tidas em conta as limitações do parque edificado existente, definindo-se quais os edifícios aptos para receberem coberturas verdes. A viabilidade do investimento incidiu sobre três indicadores económicos: o valor atual líquido (VAL), o tempo de retorno do investimento (*payback*) e a taxa interna de rendibilidade (TIR). A técnica mais utilizada para a avaliação económica é através do indicador VAL, que é considerada viável e apoia a decisão de implementação do projeto caso este indicador seja positivo. O VAL corresponde à diferença entre os valores dos benefícios e dos custos totais previstos ao longo de um determinado período de tempo, sendo que estes valores terão que ser atualizados de acordo com uma taxa de atualização. O VAL é determinado recorrendo à Expressão 5. *1*, onde B_t e C_t representam, respetivamente, os benefícios e custos referentes ao ano t (€), e T_A a taxa de atualização.

$$VAL = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1 + T_A)^t} \qquad (5.1)$$

O período de retorno, ou período de recuperação do investimento, representa o número de anos necessários para que se consiga recuperar o investimento inicial. Este indicador pode ser determinado pela Expressão 5. *2*, em que I_0 corresponde ao investimento inicial (€).

$$PRI = tempo\ para\ que \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1 + T_A)^t} = I_0 \qquad (5.2)$$

A TIR corresponde à percentagem de retorno por cada unidade monetária do investimento de modo a que o projeto escolhido tenha rendibilidade. Este corresponde ao valor percentual para o qual o VAL é nulo e pode ser calculado através da Expressão 5. *3*.

$$VAL = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1 + TIR)^t} = 0 \qquad (5.3)$$

Por último, foi realizada uma análise de sensibilidade com o objetivo de avaliar a contribuição de diversos parâmetros associados ao custo do ciclo de vida, fazendo-os variar individualmente e medindo o seu impacto na viabilidade do investimento. Para proceder à avaliação económica da instalação de coberturas verdes em Lisboa, foi necessário determinar os custos associados ao ciclo de vida comparativo entre a substituição de coberturas verdes e a reposição de coberturas tradicionais. Este processo será descrito de seguida e foi baseado com a informação recolhida na literatura (secção 2.2) de forma a traduzir para as especificações e características do concelho de Lisboa. Os gastos e ganhos financeiros são distinguidos para o nível do edifício e para o urbano, sendo que estes últimos apenas se fazem notar caso a instalação de coberturas verdes se dê de forma generalizada e intensiva.

5.2. ESCALA DO EDIFÍCIO

5.2.1. Custo de instalação

O custo de instalação de coberturas verdes praticado em Portugal foi consultado a partir da página da *internet* Gerador de Preços (2016). Foram retirados os valores de acordo com o tipo de cobertura e espessura de substrato, extensiva com $10\ cm$, semi-intensiva com $15\ cm$ e intensiva com $27\ cm$, sendo que a primeira foi distinguida consoante a disponibilização, ou não, de acesso e a espessura de isolamento – nulo, de 4 ou $8\ cm$ de poliestireno extrudido (XPS). Dentro das coberturas verdes não acessíveis, os preços foram ainda segregados de acordo com a sua pendente, consoante a inclinação de 5, 20 e $35º$. Para

determinar a variação de preço entre as coberturas verdes e as coberturas tradicionais, foram retirados da mesma página da *internet* valores referentes a coberturas tradicionais com travamento em madeira, com muretes sobres uma laje de betão e com pendente de laje de betão. As coberturas verdes planas foram comparadas com coberturas tradicionais em terraço. Note-se que foi sempre tido o cuidado de fazer corresponder características comuns como a inclinação e espessura e tipo de isolamento, para que essa não fosse a razão da diferença entre os preços. Apenas para as coberturas tradicionais com muretes sobre laje de betão não se encontrava disponibilizado o tipo de isolamento XPS, pelo que foi considerado poliestireno expandido, sem grandes diferenças esperadas. Estes custos de instalação encontram-se no Anexo II, Tabela II. 1. Na Tabela 5.1 são apresentadas as variações de valores, consoante a cobertura, acessibilidade, inclinação e isolamento, tendo sido determinado um valor único para a opção isolada, através da média entre as espessuras de 4 e $8\ cm$.

Tabela 5.1 – Aumento do preço de instalação

				Cobertura Tradicional (€/m²)			
				Não isolada	Isolada		
Cob. verde	Extensiva	Acessível (0º)		-	21,01	Média	
		Não acessível	5º	40,42	28,27	41,49	29,34
			20º	42,56	30,40		
			35º	175,03	158,89		
	Semi-Intensiva	Acessível (0º)		-	23,90		
	Intensiva	Acessível (0º)		-	95,01		

Tal como esperado, quanto maior a espessura de substrato, maior o aumento do preço. A instalação de coberturas extensivas com pendentes elevadas revela-se bastante dispendiosa devido às maiores exigências de fixação, tal como referido na secção 2.2.1.5. Quando comparados com os valores indicados na literatura, estes sugerem ser bastantes inferiores em Portugal. Para as coberturas planas não isoladas, visto não terem sido encontrados valores para a instalação, foram considerados os valores referentes à solução isolada, o que não corresponde totalmente à realidade. Este aumento de custo ocorre no ano 0 e repete-se no ano 40 (acrescido da redução do custo de demolição) como parte integrante do aumento do custo de substituição. O valor de 40 anos refere-se ao final da vida útil estimada para a cobertura verde (de acordo com o indicado na Tabela 2.19) e, consequentemente, ao período de análise considerado para a avaliação económica e referido adiante na secção 6.1.1. Assumiu-se ainda que, caso a cobertura existente não contivesse isolamento, a cobertura verde aplicada também não teria. O mesmo aconteceria no caso de ter.

5.2.2. Custo de substituição

Foi considerada uma vida uma vida útil para a camada de vegetação de 8 anos e para o sistema de drenagem de 24 para que a sua substituição coincida com a substituição da vegetação e seja realizada em conjunto, aproveitando deste modo a remoção dessa camada. A partir página da *internet* Gerador de Preços (2016), foram determinados os custos de demolição e instalação de cada camada e estimado o valor conjunto apresentado na Tabela 5.2, correspondente ao processo de substituição. Note-se que este custo se encontra sobrestimado, uma vez que, na presença de uma manutenção adequada, as necessidades de substituição da vegetação são facilmente suprimidas.

Tabela 5.2 – Custo de substituição da camada de vegetação e sistema de drenagem de coberturas verdes

	Extensiva	Intensiva
Vegetação – demolição + instalação (€/m²)	1,34 + 9,46	1,99 + 9,46
Substituição da camada de vegetação (€/m²)	10,80	11,45
Drenagem – demolição + instalação (€/m²)	0,78 + 15,25	
Substituição do sistema de drenagem (€/m²)	16,03	

5.2.3. Custo de manutenção

O custo manutenção para Portugal foi também retirado da página da *internet* Gerador de Preços (2016), pelo que todo o processo de recolha de dados e análise comparativa foi muito idêntico ao efetuado para o custo de instalação, apresentado na secção 5.2.1. O acréscimo de preço valor é apresentado na Tabela 5.3 e os valores recolhidos encontram-se no Anexo II, Tabela II. 2. Os valores indicados referem-se a custos de manutenção decenais, cuja anualidade está em conformidade com os valores indicados na literatura, secção 2.2.1.2.

Tabela 5.3 – Aumento do preço de manutenção decenal

				Cobertura Tradicional (€/m²)			
				Não isolada	Isolada		
Cob. verde	Extensiva	Acessível (0º)		-	5,31	Média	
		Não acessível	5º	11,75	7,69	12,09	8,03
			20º	12,42	8,36		
			35º	54,13	48,76		
	Semi-Intensiva	Acessível (0º)		-	76,31		
	Intensiva	Acessível (0º)		-	103,03		

5.2.4. Custo de demolição

Também o custo de demolição de coberturas verdes e tradicionais em Portugal foi consultado na página da *internet* Gerador de Preços (2016). Para as coberturas verdes inclinadas não havia indicação de preços para demolição, pelo que se considera que o decréscimo de valor é semelhante ao das coberturas em terraço analisadas, uma vez que os mesmos não incluem a parte da estrutura.

Com o intuito de fazer corresponder o máximo possível as características solicitadas no preço de instalação e manutenção, foram recolhidos dados de coberturas verdes com a mesma espessura de substrato e de coberturas com tipo e espessura de isolamento iguais. A diminuição do custo de demolição inerente às coberturas verdes, face às tradicionais, é indicado na Tabela 5.4. Os dados recolhidos, discriminados para coberturas verdes e tradicionais em terraço, nos quais se baseia esta estimativa, encontram-se no Anexo II, Tabela II. 4.

Tabela 5.4 – Redução do custo de demolição

	Cobertura Tradicional (€/m²)	
Cobertura verde acessível (0º)	Não isolada	Isolada
Extensiva e Semi-Intensiva	5,12	5,11
Intensiva	4,46	4,47

Este valor ocorre no ano 20 (referido em 5.2.1) e no ano 40, visto que representa o fim de vida útil da cobertura, coincidente com a segunda substituição da cobertura tradicional e, portanto, um custo evitado com a substituição da cobertura verde. Mais uma vez estes valores estão de acordo com a vida útil da cobertura e período de análise considerado, que serão referidos na secção 6.1.1.

5.2.5. Vida útil da cobertura

Ao considerar que a instalação da cobertura verde aumenta a vida útil da cobertura para o dobro (ver secção 6.1.1), deve ser contabilizado o custo inexistente de substituição da cobertura verde na altura da substituição da cobertura tradicional, correspondente ao ano 20. Este custo é traduzido, por ser uma análise comparativa, pelo somatório do aumento do custo de instalação com a redução do custo de demolição, representando contudo um ganho e não uma despesa proveniente do benefício da longevidade da cobertura verde, referido na secção 2.2.1.9.

5.2.6. Seguro de incêndio

Em Portugal, onde o seguro contra incêndio é obrigatório por lei, o capital seguro do imóvel deve corresponder ao custo de reconstrução do mesmo. Para tal, as seguradoras baseiam-se nos valores do preço do m^2 para construção da habitação estabelecidos pelo Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia através da Portaria 353/2013. Utilizando o simulador da OkTeleseguros (2016), para um imóvel de habitação principal na cidade de Lisboa, foi feito um levantamento dos diversos valores propostos para seguro da habitação, apresentados no Anexo II, Tabela II. 3.

Para imóveis que não se destinem à habitação, especificamente escritórios, é indicado que o valor do seguro corresponde a 60% do presente na Portaria. Um vez que a página da *internet* apenas se refere a habitação, teve-se este aspeto em consideração para estimar o valor de seguro para imóveis de serviços. O fator com maior influência é o ano de construção do imóvel e é conforme o mesmo que os valores médios anuais a pagar em seguros em edifícios é apresentado na Tabela 5.5.

Tabela 5.5 – Desconto mínimo e máximo no seguro do imóvel devido ao menor risco de incêndio

		Ano de Construção					
Seguro (€/m².ano)		1900-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	A partir de 2012
Apartamento	Valor Médio	0,73	0,70	0,67	0,64	0,62	0,59
	Desconto Médio	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09
Moradia	Valor Médio	0,60	0,57	0,55	0,53	0,51	0,49
	Desconto Médio	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07
Habitação	**Desconto médio**	0,09				0,08	
Serviços	Valor Médio	0,44	0,42	0,40	0,39	0,37	0,35
	Desconto Médio	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07
	Desconto médio	0,06				0,05	

Considerando que as coberturas verdes têm o potencial de reduzir o valor do seguro em 10 ou 20%, tal como indicado na secção 2.2.1.10, é esse o valor determinado e indicado como o lucro obtido da diminuição do risco de incêndio, também indicado na tabela.

5.2.7. Consumo energético

Os consumos anuais a nível do concelho de Lisboa são disponibilizados na página da *internet* da Lisboa E-Nova a partir da Matriz Energética de 2005, para o sector doméstico e de serviços. Em Lisboa, as principais fontes de energia no sector doméstico para aquecimento ambiente são $33{,}3\%$ de gás natural e gases de petróleo liquefeito (GPL – butano e propano) e $66{,}7\%$ de eletricidade, enquanto a eletricidade constitui a única fonte para arrefecimento. Como o consumo referente a gás e GPL se encontra agregado, assumiu-se o primeiro como fonte principal. Assumiu-se ainda as mesmas percentagens para o sector de serviços dado que estas não se encontravam discriminadas.

Para determinar o preço da energia utilizada, foram consultados os valores de venda ao consumidor final regulados pela ERSE (ERSE, 2016) para os tarifários mais utilizados pelos consumidores domésticos. Devido à grande variabilidade associada ao sector de serviços, assumiu-se o mesmo valor. No ano de 2016, o gás natural fornecido em baixa pressão pela LisboaGás para o escalão 2 tem um custo de $0{,}06\ €/kWh$ e a eletricidade em baixa tensão normal (BTN $< 20{,}7$ e $> 2{,}3\ kVA$), correspondente ao sistema fornecido a $99{,}8\%$ dos clientes, para a tarifa simples com potência de $3{,}45\ kVA$, assume um custo de $0{,}16\ €/kWh$. Relativamente à redução de consumo

energético proporcionada pelas coberturas verdes, são considerados os valores referidos na secção 2.2.3. É necessário considerar que esses valores estão distinguidos consoante a cobertura existente, escura ou clara, e que as coberturas de Lisboa são tipicamente revestidas a telha. Um estudo realizado por Sato et al. (2012) indica as seguintes refletâncias das cores, equivalentes a: $1 - absortância$: $0{,}65$ para o branco, $0{,}25$ para o preto e $0{,}35$ para a terracota (tipicamente a cor da telha). As coberturas em terraço na sua maioria são revestidas a azulejos, que se consideraram da mesma cor que a telha.

Desta forma, a redução do consumo das coberturas verdes relativamente às coberturas tradicionais lisboetas, são traduzidos pela Expressão 5. *4*.

$$Redução\ cob.tradicional = Redução\ cob.clara \times 0{,}25 + Redução\ cob.escura\ \times 0{,}75 \quad (5.4)$$

5.2.7.1. Consumo doméstico

Na Matriz Energética de 2005 é apresentado o consumo anual total de $1.660\ GWh$, distinguido por tipo de utilização e fonte de energia. A energia consumida para aquecimento ambiente e para arrefecimento representa, respetivamente, $14{,}82$ e $12{,}11\%$ do consumo total. A partir destes dados e da área total de alojamentos estimada no Anexo I, Tabela I. 3 ($21\ 421\ 257\ m^2$), foram determinadas as despesas médias totais por ano e por área construída apresentadas na Tabela 5.6.

Tabela 5.6 – Despesa anual do consumo de energia para aquecimento e arrefecimento ambiente

	Consumo anual (GWh)	Despesa anual (€)	Despesa anual (€/m²)
Energia para Aquecimento	246	31.902.100,00	1,49
Eletricidade	164	26.797.600,00	-
Gás Natural	82	5.104.500,00	
Energia para Arrefecimento	201	32.843.400,00	1,53
Eletricidade	201	32.843.400,00	-

Segundo a redução do consumo energético doméstico indicado na secção 2.2.3 e afetado pela Expressão 5. *4*, a instalação de coberturas verdes permite reduzir o consumo energético doméstico nas percentagens indicadas na Tabela 5.7. Os ganhos anuais, ou despesas, que resultam deste benefício são também apresentados.

Tabela 5.7 – Redução do consumo de energia no sector doméstico e respetivo lucro

		Extensivas		**Intensivas**	
		Aquecimento	Arrefecimento	Aquecimento	Arrefecimento
Consumo (€/m²)		1,49	1,53	1,49	1,53
Redução do consumo (%)	Cobertura isolada	4,00	-17,00	23,00	30,00
	Cobertura não isolada	12,00	-40,00	27,00	35,00
Lucro (€/m²)	Cobertura isolada	0,06	-0,25	0,35	0,46
	Cobertura não isolada	0,17	-0,62	0,40	0,54

Note-se que por não haver indicação na literatura (secção 2.2.3) da redução do consumo de energia relativamente a coberturas intensivas, foi assumido o valor relativo ao sector de serviços, contudo, devido à variabilidade dos valores, esta aproximação pode estar afastada da realidade.

5.2.7.2. Consumo dos serviços

Na Matriz Energética de 2005 é apresentado o consumo anual total de $2\ 582\ GWh$ para os edifícios de serviços. Estes edifícios têm necessidades energéticas e horários de funcionamento diferentes dos edifícios de habitação, logo não é possível associar as mesmas percentagens. Foram então consideradas as percentagens de $21{,}5$ e $8{,}5\%$ para aquecimento e arrefecimento, com base num

edifício de escritórios e num hotel, indicados por Oliveira (2015), e em conformidade com as restantes tipologias de edifícios por ele apresentados, referidos na Tabela 5.8.

Tabela 5.8 – Consumo de energia para conforto térmica nos edifícios de serviços (adaptado de Oliveira, 2015)

	Aquecimento (%)	**Arrefecimento (%)**	**Total (%)**
Escritórios (Lisboa)	12,0	11,0	23,0
Hotel (Faro)	31,0	6,0	37,0
Média	**21,5**	**8,5**	**30,0**
Hotéis	Sem referência		32,5
Escritórios/Bancos/Seguradoras	Sem referência		22,5
Hospitais	Sem referência		27,5
Centros Comerciais/híper e supermercados	Sem referência		37,5

Para determinar a área construída de edifícios de serviços de $34\,285\,865\ m^2$, foi descontada à área de implantação edificada total, retirada do programa QGis, a área de implantação edificada total, retirada dos Censos 2011, $(17\,034\,428 - 7\,842\,507 = 9\,191\,921\ m^2)$, a qual foi multiplicada pelo número médio de pisos dos edifícios de $3{,}73$. Note-se que este foi consultado na página da *internet* do INE e, portanto, exclui edifícios totalmente de serviços. Ainda que esta associação não seja verdadeira, tomou-se como aproximada, considerando que os edifícios para habitação são representativos do parque edificado de Lisboa. A partir da área total de alojamentos de serviços e das percentagens anteriores, foram determinadas as despesas médias totais por ano e por área construída (Tabela 5.9).

Tabela 5.9 – Despesa anual do consumo de energia para aquecimento e arrefecimento ambiente

	Consumo anual (GWh)	Despesa anual (€)	Despesa anual (€/m2)
Energia para Aquecimento	555,13	71.991.108,83	2,10
Eletricidade	370,09	60.472.161,33	-
Gás Natural	185,04	11.518.947,50	
Energia para Arrefecimento	219,47	35.861.398,00	1,05
Eletricidade	219,47	35.861.398,00	-

Do mesmo modo que se procedeu para o consumo doméstico, no sector de serviços resultam a redução do consumo e os ganhos ou despesas anuais apresentados na Tabela 5.10.

Tabela 5.10 – Redução do consumo de energia no sector de serviços e respetivo lucro

		Extensivas		**Intensivas**	
		Aquecimento	Arrefecimento	Aquecimento	Arrefecimento
Consumo (€/m²)		2,10	1,05	2,10	1,05
Redução do consumo (%)	Cobertura isolada	36,00	-49,00	23,00	30,00
	Cobertura não isolada	44,00	-20,00	27,00	35,00
Lucro (€/m²)	Cobertura isolada	0,76	-0,51	0,49	0,31
	Cobertura não isolada	0,96	-0,21	0,56	0,37

5.2.8. Isolamento sonoro

Um estudo citado por Claus e Rousseau (2012) a redução do ruído no interior do edifício afeta positivamente o valor do imóvel, sendo que, em média, esse valor diminui $0{,}6\%$ a cada aumento de $1\ dB$ do ruído transmitido para o interior. Na secção 2.2.1.7 são indicados aumentos da redução sonora por parte de coberturas verdes extensivas face a tradicionais na ordem dos 2 a $20\ dB$. Ainda que não referenciado na literatura, para os substratos mais espessos das coberturas intensivas seriam esperadas aumentos superiores. Contudo, o valor considerado foi o mesmo, uma vez que este tipo de coberturas necessita de um suporte resistente, como a estrutura de betão, a qual, segundo as referências, reduz em contrapartida esse valor. Assim sendo, o valor do imóvel pode variar entre $1{,}2$ e 12%. Foi considerado o valor médio 6,6% para coberturas verdes extensivas e de 12% para intensivas.

O preço proposto de venda de um imóvel não é fixo e depende de vários fatores como, entre outros, a localização, os atributos do imóvel e do próprio método de determinação desse valor.

Foi realizado um estudo do mercado imobiliário em Lisboa de modo a estimar o valor médio por metro quadro da zona em questão, a partir dos valores oferecidos e apresentados pelas imobiliárias como a Remax, Era, BPI Imobiliário, para uma pequena amostra disponibilizada no Idealista (2016). Esta página da *internet* efetua uma análise automática, eliminando os imóveis que apresentem preços díspares e indicando, por freguesias, o número de imóveis incluídos e o preço por área. Para estipular o preço médio a nível de Lisboa, foram analisados para as diversas freguesias, fazendo distinção entre imóveis para habitação e serviços (escritórios e lojas e armazéns). Importa referir que, principalmente para os imóveis destinados a atividades de serviços, a amostra disponibilizada é pequena, mas, uma vez que, analisando de uma forma geral, esses valores não se distanciam dos restantes, foram contabilizados mesmo assim. O preço para Lisboa foi determinado proporcionalmente ao número de edifícios e respetivo preço médio de cada freguesia, e é apresentado na Tabela 5.11, consoante a função e tipologia, com base nos dados do Anexo II, Tabela II. 7. Na tabela é ainda apresentado o acréscimo médio de valor associado à valorização com a redução sonora. Este benefício é apenas contabilizado no momento da instalação e para o cenário em que a cobertura tradicional a substituir não incorpora isolamento, ou seja, na reabilitação de edifícios antigos.

Tabela 5.11 – Aumento médio do valor do imóvel devido ao aumento de isolamento sonoro, ao nível de Lisboa

		Valor médio imóvel (€/m²)	Acréscimo do valor (€/m²)
Extensivas	Habitação	3.318,00	199,08
	Serviços	2.103,22	126,19
Intensivas	Habitação	3.318,00	398,16
	Serviços	2.103,22	252,39

5.2.9. Eficiência de painéis fotovoltaicos

Portugal, por ser um país com níveis de exposição solar consideráveis, tem vindo a demonstrar cada vez mais interesse nas tecnologias de energia renovável, entre elas o potencial da energia solar. Segundo indicação da FCUL (2016), um metro quadrado de painel fotovoltaico localizado em Lisboa, orientado a Sul e com uma inclinação de $34º$, apresenta um valor médio anual de produção de eletricidade de $0{,}7\ kWh/m^2/dia$. Através da análise da carta de potencial solar do Concelho de Lisboa, disponibilizada pela Lisboa E-Nova (2016), verificou-se que a maioria dos edifícios apresentam potencial elevado, com uma radiação incidente superior a $1\,400\ kWh/(m^2.ano)$ correspondente à produção solar fotovoltaica de 140 a $210\ kWh/(m^2.ano)$. Dividindo estes valores por 365 dias, obtém-se uma produção de eletricidade média anual de $0{,}38$ a $0{,}58\ kWh/(m^2.dia)$, semelhante à indicada anteriormente. Este foi o intervalo de valores utilizado.

Uma vez que estes valores são relativos à área do painel e que o mesmo não ocupa a totalidade da área de cobertura, foi necessário fazer a correspondência entre ambas as áreas. Assumindo que os painéis ocupariam 30% da superfície da cobertura, a produção elétrica por unidade de cobertura varia então entre $0{,}12$ e $0{,}17\ kWh/(m^2.dia)$. Uma vez que este incremento de produção é mais evidente nas estações quentes, tal como indicado na secção 2.2.1.11, desprezou-se este benefício para os restantes dias do ano. No Despacho (extrato) nº15793-I/2013 de 3 de Dezembro de 2013 é indicada a duração da estação de arrefecimento para Portugal, de $2928\ horas$, correspondente a $122\ dias$ do ano. Tendo em conta este valor, a produção anual média de eletricidade do painel equivale ao intervalo de $14{,}04$ a

$21{,}05\ kWh/(m^2.ano)$. Tendo em conta o potencial de aumento de $1{,}29$ a $3{,}33\%$ da produção dos painéis fotovoltaicos quando instalados sobre uma cobertura verde, este benefício corresponde a, no mínimo $0{,}18$ e no máximo $0{,}70\ kWh/m^2$ mais eletricidade por ano que numa cobertura tradicional.

A energia produzida pode ter duas finalidades: consumo próprio, de modo a suprir as necessidades do edifício; ou venda à entidade fornecedora segundo as suas tarifas de venda a clientes estabelecidas pela Entidade Reguladora de Serviços Energéticos (ERSE, 2016). Independentemente do destino estabelecido pelo produtor, o proveito depende do custo da eletricidade de $0{,}16\ €/kWh$, já referido na secção 5.2.7, e resulta numa economia anual por área de cobertura entre $0{,}03$ e $0{,}11\ €/(m^2.ano)$. Importa referir que a mesma só foi considerada para coberturas extensivas, uma vez que as restantes poderão sombrear o painel fotovoltaico, como referido na secção 2.2.1.11, invalidando este benefício.

5.2.10. Produção agrícola

Em 2008 a produção hortícola no Concelho de Lisboa restringia-se a $129{,}4\ hectares$, correspondente a $1{,}6\%$ da sua área (CML, 2016). Desta forma, Lisboa constitui uma das diversas zonas urbanas insustentáveis ao nível alimentar. Nos últimos anos, foram sendo cultivados alguns produtos agrícolas nas coberturas da cidade e, ainda que não solucione o problema, cria alguns benefícios para os seus produtores. Isto é, os produtos produzidos poderão ser consumidos pelos moradores do edifício e, em caso de excesso, vendidos no mercado. Em qualquer dos cenários a economia possível de obter é representativa do valor de venda ao consumidor uma vez que, no caso de uso próprio, é um custo evitado nas despesas de alimentação e em caso de venda corresponde a um lucro.

A partir da produtividade física mínima de referência ao ar livre de alguns dos alimentos referidos na secção 2.2.1.12, estabelecida pelo Programa de Desenvolvimento Rural (ProDeR, 2016), e os respetivos preços de venda no mercado em zona urbana, consultados no sítio do Continente (Continente, 2016) por ser um hipermercado bastante requisitado pela população, foi determinada a despesa poupada com a compra evitada ou a receita com a venda dos produtos potencialmente produzidos. A economia anual estimada é indicada no Anexo II, Tabela II. 6, consoante o produto considerado. Consultando a tabela conclui-se que a receita anual máxima possível de obter com o aproveitamento de coberturas verdes para produção agrícola é de $8{,}79\ €/m^2$ (com o cultivo de amoras) e o mínimo de $0{,}16\ €/m^2$ (com feijão). Note-se que os produtos biológicos apresentam tendencialmente um preço de venda superior, o que poderia maximizar estes valores, ainda que não considerado. Este benefício foi apenas considerado para coberturas verdes intensivas, visto serem as que reúnem condições necessárias para o sucesso deste tipo de atividade, tal como referido na secção 2.2.1.12.

5.2.11. Valor comercial do imóvel, estético e de lazer

A valorização dos imóveis foi determinada com base na média das percentagens indicadas pela literatura (secção 2.2.3) e a partir do preço médio dos imóveis em Lisboa, cujo cálculo foi previamente detalhado na secção 0 (ver Anexo II, Tabela II. 7). As valorizações determinadas ao nível do valor comercial, estético e de lazer, sendo que este último poderá ser apenas aplicável às coberturas verdes intensivas, é apresentado na Tabela 5.12. Note-se que este valor varia bastante ao nível das freguesias.

Tabela 5.12 – Aumento do valor de lazer, estético e comercial dos imóveis com coberturas verdes (€/m²)

		Preço	Valor Lazer	Valor Estético	Valor Comercial
Extensiva	Habitação	3.318,00	0,00	464,52	464,52
	Serviços	2.103,22	0,00	294,45	294,45
Intensiva	Habitação	3.318,00	1.459,92	862,68	1.990,80
	Serviços	2.103,00	1.682,58	546,84	1.261,93

Importa realçar que o valor do imóvel é referente à área de implantação. Ao contrário do benefício de isolamento sonoro, apenas afetado aos alojamentos em contacto com a cobertura, ou seja, os que se localizam no último piso, estes benefícios valorizam o edifício na totalidade. Sendo assim, o lucro em função da área de cobertura foi multiplicado por 4 para representar o número médio de pisos por edifício de $3{,}73$. O benefício de lazer para edifícios de serviços foi ainda aumentado ligeiramente (de 11 para 20%) para ter em consideração de que estes edifícios são utilizados por mais pessoas.

5.3. ESCALA URBANA

5.3.1. Drenagem e tratamento da água residual pluvial

A maior parte da rede de drenagem de Lisboa é unitária e, portanto, a água pluvial drenada é sujeita a tratamento de cariz residual, o que envolve custos sociais. Ao analisar os dados económico-financeiros das entidades gestoras dos serviços de drenagem e tratamento de águas residuais, conclui-se que os proveitos advêm essencialmente do volume de negócios resultantes de aplicação de tarifas de serviço de saneamento a clientes finais e outras entidades gestoras. A estrutura tarifária em questão é fixa, com o valor de $0{,}49\ €/m^3$, e é aplicada em conformidade com o consumo de água abastecida, razão pela qual não foi considerada a interferência das águas residuais pluviais nesta componente. Os gastos operacionais, por sua vez, integram custos de exploração e gestão associados ao processo de drenagem e tratamento do caudal afluente de águas residuais, o qual inclui a fração de precipitação drenada. Desta forma, foi considerado que a retenção de água pluvial, e consequente redução do escoamento, constitui uma despesa evitada na drenagem e tratamento de águas residuais, contribuindo positivamente para a economia da região.

A SIMTEJO é a empresa multimunicipal responsável pelo tratamento de águas residuais urbanas de Lisboa. Com base nos seus gastos e no volume de águas residuais tratado anualmente, que são apresentados nos relatórios de contas referentes aos anos de 2009 a 2014 (disponíveis em AdLVT, 2016), apresentados na Tabela 5.13, foi estimado o custo do processo por unidade de volume, ao qual $0{,}109 \times 0{,}111 = 1{,}2\%$ foi atribuído a águas drenadas com origem na precipitação.

Tabela 5.13 – Despesa de drenagem e tratamento de água pluvial residual no Concelho de Lisboa

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Caudal afluente tratado (10^3 m^3)	95.804	109.660	118.067	111.763	122.891	135.133
Gastos de operação (10^3 €)	32.935	35.706	37.380	36.979	40.619	40.834
Gastos de operação (€/m^3)	0,34	0,33	0,32	0,33	0,33	0,30
Gastos médios de operação (€/m^3)	0,32					
Gastos Op. Águas Residuais Pluviais (€/m^3)	0,32x0,111 = **0,04**					
Gastos Op. Precipitação (€/m^3)	0,32x0,111x0,109 = **0,004**					

As percentagens de $10{,}9$ e $11{,}1$ surgem da análise da Matriz da Água de Lisboa 2014, disponibilizada em CML (2016), cujo esquema dos fluxos para o ano 2014 é apresentado na Figura 5.2

Figura 5.2 – Matriz da Água de Lisboa em 2014, valores em milhões de m³ (adaptado de CML, 2016)

Da análise da figura, é possível concluir que dos $93{,}4\ milhões\ de\ m^3$ de águas residuais tratadas, $60{,}6 + 22{,}4 = 83\ \ milhões\ de\ \ m^3$ derivavam de águas domésticas e municipais e os restantes $10{,}4\ milhões\ de\ m^3$ de águas pluviais. Estas últimas correspondem a $11{,}1\%$ da água residual total tratada e $10{,}9\%$ da precipitação total desse ano. Estas percentagens foram aplicadas á despesa com operações de águas residuais para estimar o custo de drenagem e tratamento associado não ao volume de águas pluviais residuais mas ao volume de água precipitada. Ou seja, foi estimado o custo gasto neste processo por cada m^3 de água precipitada, contabilizando previamente a água que não é conduzida para as estações de tratamento. Neste cálculo, assumiu-se que o custo de drenagem e tratamento de águas residuais pluviais era o mesmo que o das residuais domésticas e municipais, uma vez que a maioria do sistema de drenagem de Lisboa é unitário e, portanto, os escoamentos confluem. Por falta de informação, assumiu-se ainda que a percentagem de precipitação drenada para as ETAR'S era constante ao longo dos anos, o que não corresponde à realidade visto que essa fração depende da intensidade de precipitação e capacidade das condutas. A partir dos valores de precipitação total em 2006 a 2015, disponibilizados em PORDATA (2016), com base na informação de meteorologia de Lisboa fornecidos pelo IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera), foi determinada a precipitação média total anual dos últimos anos, apresentada na Tabela 5.14.

Tabela 5.14 – Precipitação média total anual dos últimos anos (Adaptado de PORTDATA)

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Precipitação (mm)	448,2	963,6	529,0	821,0	987,3	1 598,0	1 045,4	862,4	805,8	1 161,9
Precipitação (m^3/m^2)	0,448	0,964	0,529	0,821	0,987	1,598	1,045	0,862	0,806	1,162
Média (m^3/m^2)	**0,922**									

Com base neste valor e na capacidade de retenção do escoamento das coberturas verdes extensivas e intensivas, apresentada na secção 2.2.3, bem como no valor economizado com a não drenagem e tratamento da água retida de $0{,}004\ €/m^3$ acima referido, foi determinada a economia média anual proveniente deste benefício, apresentada na Tabela 5.15.

Tabela 5.15 – Despesas médias anuais evitadas na drenagem e tratamento de águas residuais pluviais não drenadas

	Cobertura		
	Extensiva (mínimo)	Extensiva (máximo)	Intensiva
Precipitação total média (m^3/m^2)	0,922		
Retenção de precipitação (%)	23	54	69
Precipitação total retida (m^3/m^2)	0,212	0,498	0,636
Gasto com operação (€/m^3)	0,004		
Economia média anual (€/m^2)	**0,001**	**0,002**	**0,003**

5.3.2. Emprego e produtividade

Foi consultado em PORDATA (2016) o valor do produto interno bruto (PIB) e o número de pessoas empregadas em Portugal em 2015, respetivamente $179.378.875\ mil$ € e $4\ 548\ 700\ pessoas$. Com base nestes dados é possível determinar o PIB por trabalhador, ou seja, o valor de riqueza que cada trabalhador cria para o país. O valor determinado é de $39.435{,}20\ €/trabalhador.ano$. Em termos de criação de trabalho, foi considerado o valor indicado na literatura, seção 2.2.2.11, de $2{,}08 \times 10^{-4}\ pessoas$ empregadas anualmente por m² de cobertura verde construída. Desta forma, a criação de emprego com a instalação de coberturas verdes gera um lucro de $8{,}19\ €/(m^2.ano)$ ao país.

Em termos de aumento de produtividade, teria sido considerado igualmente o valor referido na literatura de $2{,}9\%$. Desta forma, um trabalhador com vista para uma cobertura verde representaria um acréscimo do PIB em $1.143{,}62$ €. Os censos de 2011 (INE, 2016) indicam que, nesse ano, $343\ 981$ pessoas estavam empregadas em Lisboa. Contudo, uma vez que nem todos os trabalhadores têm vista no seu local de trabalho e que, adicionalmente, nem todas as vistas de janelas dão para coberturas, esta componente foi desprezada, por ser de difícil quantificação.

5.3.3. Saúde pública e bem-estar

Um relatório da Agência Europeia do Meio Ambiente relatou que, em 2012, 6190 pessoas morreram em Portugal devido à poluição atmosférica e que Lisboa é uma das regiões nacionais mais exposta (Sapo, 2016). Nesse sentido, a instalação de coberturas verdes apresenta benefícios sociais evidentes no que toca à saúde da população por melhoria da qualidade do ar.

Dado à dificuldade de quantificação deste benefício, e respetiva tradução para valores referentes a Lisboa, assumiu-se que a instalação generalizada de coberturas verdes em Lisboa reduzia o risco de morte prematura dos indivíduos em $0{,}001\%$, indicado na secção 2.2.2.6, devido à redução dos níveis de poluição atmosférica, e que, portanto, cada habitante da cidade estaria disposto a despender $26{,}56\ €/ano$ para obter esse benefício. A partir da densidade populacional de $5\ 042\ pessoas/km^2$ em Lisboa, indicada no INE (2016), foi determinado o número de pessoas por superfície construída através da aplicação do quociente pela área de superfície total pela de edificado ($85\ 870\ 430{,}58/17\ 034\ 428\ m^2$, valores retirados a partir do programa QGis), e portanto, uma densidade de $25\ 416$ pessoas por m^2 de cobertura. Com base neste valor, o potencial de redução de mortalidade das coberturas verdes renderia anualmente a Lisboa cerca de $0{,}68\ €/m^2$. Constatando ainda que este potencial é superior para as coberturas intensivas, este valor foi vinculado às mesmas, reduzido para metade nas coberturas extensivas e em ¼ para as semi-intensivas, ou seja, $0{,}68$, $0{,}33$ e $0{,}51\ €/(m^2.ano)$ respetivamente.

5.3.4. Risco de inundação

As inundações constituem uma despesa para a população e seguradoras afetadas. Nesse sentido, após as grandes inundações que afetaram a cidade de Lisboa em 2014, a CML decidiu proceder à revisão do Plano Geral de Drenagem de Lisboa (PGDL). Desta atualização foi estabelecida uma proposta de intervenção como meio de resposta aos principais problemas de drenagem da região, com foco na prevenção e proteção contra riscos de cheias e inundações (CML, 2016). As ações indicadas, a levar a cabo até 2030, envolvem medidas de desvios de caudais, os quais representam caudais de ponta pluviais, estimados com base nos valores máximos de precipitação medidos durante os principais eventos pluviosos que ocorreram em Lisboa desde 2008. Como foi indicado na secção 2.2.2.1, as coberturas verdes retêm entre 74 e 89% do escoamento pluvial no pico (média 82%). Este benefício, por si só, constitui uma medida competitiva de desvio de caudais. Por acréscimo, visto que as coberturas verdes atrasam o escoamento de pico em algumas horas, e atendendo a que os fenómenos de inundação ocorrem devido a períodos de precipitação intensa, o fato de o escoamento da água pluvial proveniente das coberturas se encontrar desfasado do pico do escoamento ao nível das infraestruturas urbanas, constituí igualmente uma medida de mitigação do risco de inundação. Contudo, a instalação generalizada de coberturas verdes não tem a capacidade de concorrer diretamente com a proposta do PGDL e igualar os objetivos da mesma, uma vez que o caudal de ponta desviado referente à proposta contém toda a água precipitada sobre as bacias de drenagem do concelho de Lisboa, enquanto nas coberturas verdes, o caudal de ponta desviado, ou retido, só considera a água precipitada sobre a cobertura. Fazendo equivaler a instalação de coberturas verdes à proposta do PGDL, e tendo por base este critério, foi determinada a parte do investimento da proposta correspondente ao benefício de redução do risco de inundação provido pelas coberturas verde com essa associação de benefícios.

Para determinar a área correspondente ao caudal considerado na proposta, foi determinada a área impermeável de Lisboa de $65\,640\,523{,}43\,m^2$, com base na informação das *shapefiles* inseridas no programa QGis, em que á área total do concelho ($85\,870\,430{,}58\,m^2$) foi retirada a área de espaços verdes, e portanto permeáveis ($20\,229\,907{,}15\,m^2$). O fluxo de capitais do projeto em questão envolve, para além de um valor de manutenção de $1\,043\,000\,€/ano$, o plano de investimento que é descrito na Tabela 5.16. A área servida pela proposta integra toda a cidade de Lisboa, correspondente a 82% da área total, e parte da superfície de Loures, Oeiras e Amadora. Com base nestes valores, foi estimado a partir da Expressão 5. *5* o investimento da proposta, relativo ao concelho de Lisboa, por área de superfície impermeável (nas quais se incluem as coberturas), também apresentado na tabela.

$$\frac{fluxo\ de\ investimento\ € \times 0{,}82}{65\,640\,523{,}43\,m^2} \qquad (5.5)$$

Tabela 5.16 – Fluxo de investimentos da proposta do PGDL por área de cobertura em Lisboa

	2016	2017	2018	2019	2020	2021 a 2030
Investimento (€)	12.800	24.753	24.779	23.383	11.638	71.771
Investimento (€/m²)	0,0002	0,0003	0,0003	0,0003	0,0001	0,0009
Manutenção (€/m².ano)	0,01					

Uma vez que as coberturas verdes não reduzem todo o caudal de ponta, mas aproximadamente 84%, a aplicação desta percentagem ao fluxo de investimentos apresentado na tabela anterior estima o custo evitado em intervenções ao nível rede de coletores do sistema de drenagem para redução do

risco de inundações, apresentado na Tabela 5.17. Foi assumido que o planeamento dos fluxos de investimentos, ou seja, dos lucros na análise, seria mantido, e que o investimento efetuado de 2021 a 2030 foi igualmente distribuído pelos 10 anos respetivos, correspondente a um valor anual de $0{,}0001\ €/m^2$ que foi diretamente adicionado ao valor da manutenção.

Tabela 5.17 – Lucro associado à mitigação do risco de inundação por área de cobertura verde em Lisboa

	2016	2017	2018	2019	2020	2021 a 2030
Investimento (€/m²)	0,0001	0,0003	0,0003	0,0002	0,0001	0,0008
Manutenção (€/m².ano)	0,01					
Economia (€/m².ano)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

5.3.5. Criação de habitat e preservação de biodiversidade

Em 2010 foi estabelecido um Protocolo de Cooperação entre a Câmara Municipal de Lisboa (CML), a Lisboa E-Nova e o Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas com o objetivo de aumentar em 20% a potencialidade de Lisboa em termos de biodiversidade até 2020. No seu seguimento, foi elaborado e publicado na CML (2016) a "Biodiversidade na cidade de Lisboa – Uma estratégia para 2020". Neste documento está disponibilizada a informação sobre o orçamento para gestão da biodiversidade, com o valor de $46.319.898\ €$, que compreende o orçamento do Departamento de Ambiente e Espaço Público da CML para o ano de 2010, responsável pela maior parte dessa gestão no Concelho, e exclui outras entidades envolvidas de menor importância (CML, 2016).

Considerando que a Câmara manteve as despesas relacionadas com a promoção de biodiversidade nos anos consecutivos, foi determinado o gasto desta atividade por superfície de cobertura ($17\ 034\ 428\ m^2$ como indicado no programa QGis). Obteve-se, assim, a despesa anual de $2{,}72\ €/m^2$ que seria evitada com a instalação de coberturas verdes.

Tal como indicado na secção 2.2.2.9, as coberturas verdes não promovem a biodiversidade da mesma forma que as potenciais intervenções levadas a cabo pela CML ao nível do solo. Atendendo a este facto, foi assumido que instalar coberturas verdes extensivas equivale a 20% dessas ações, as semi-intensivas a 40% e as intensivas a 60%, uma vez que o aumento da profundidade do substrato e diversidade de vegetação é favorável. Isto resulta em economias anuais de, respetivamente, $0{,}54$, $1{,}09$ e $1{,}63\ €/m^2$. Note-se que, à semelhança do que ocorreu com os benefícios para a saúde, indicado na secção 5.3.3, a quantificação deste benefício é complexa e, portanto, estes valores foram assumidos, o que não significa, de forma alguma, que se aproximem da realidade.

5.3.6. Qualidade da água pluvial escoada

Os principais poluentes das águas pluviais são os metais pesados provenientes da acidez da precipitação como o chumbo, cadmio, cobre e zinco (Pb, Cd, Cu e Zn) e os fertilizantes e nutrientes como o fosfato e nitrato (PO_4 e NO_3). As coberturas verdes reduzem quase a 100% estes poluentes das águas nelas filtradas, tal como indicado na secção 2.2.3. Foi considerado, então, que estas águas, quase "livres" de poluentes, representavam uma fração de águas residuais sem necessidades de limpeza. Ainda que a drenagem seja realizada juntamente com as restantes águas residuais, estas águas potenciam a redução do teor de poluentes no volume total e, portanto, com economias a nível do seu tratamento. O valor anteriormente indicado de $0{,}004\ €/m^3$, na secção 5.3.1, compila tanto o valor destinado ao tratamento como drenagem de águas residuais. De modo a isolar o valor

correspondente apenas ao tratamento, uma vez que essas águas necessitam de ser drenadas à mesma, considerou-se que representava metade da despesa, ou seja, $0{,}002\ €/m^3$ de precipitação total. Note-se que, uma vez que este valor já integra em si a fração de precipitação designada a tratamento em ETAR's como explicado anteriormente, isto significa que os benefícios relativos à parte de precipitação diretamente escoada no estuário do Tejo não foram contabilizados. Os benefícios em questão estariam associados a menores níveis de poluição nas descargas, porém, face os elevados caudais afluentes neste rio e os níveis de poluição neles contidos, este é plausível de ser desprezado.

A Tabela 5.18 expõe a economia associada ao não tratamento de águas residuais pluviais com reduzidos teores de poluentes, estimada a partir dos dados já expostos na secção 5.3.1. Ao contrário do indicado na Tabela 5.15, a percentagem de precipitação aqui contabilizada é a não retida e potencialmente drenável. Uma vez mais, refere-se que o cálculo foi efetuado em relação à precipitação total e não à precipitação drenada, tal como já devidamente justificado.

Tabela 5.18 – Economia média anual com despesas evitadas no tratamento de águas residuais pluviais drenadas

	Cobertura		
	Extensiva (mínimo)	Extensiva (máximo)	Intensiva
Precipitação total média (m^3/m^2)	0,922		
Precipitação não retida (%)	77	46	31
Precipitação total não retida (m^3/m^2)	0,710	0,424	0,286
Gasto da operação tratamento ($€/m^3$)	0,002		
Economia média anual ($€/m^2$)	**0,001**	**0,001**	**0,001**

5.3.7. Qualidade do ar

Em 1997 foi criado no Japão o Protocolo de Quioto, cujo objetivo foi estipular limites de emissões de gases com o efeito de estufa em países desenvolvidos. Para tal, foi adotado um sistema de comércio de emissões, onde é realizada a compra e venda de créditos de carbono, correspondentes a uma tonelada de CO_2 reduzida ou removida. Deste modo, um país que não consegue cumprir as metas de emissões a que se propôs pode adquirir excedentes de outros. Assim sendo, a redução de poluentes e absorção de CO_2 possibilitada pela instalação de coberturas verdes constitui uma vantagem económica para o país. O valor dos créditos de carbono varia diariamente consoante diversos fatores externos e, portanto, estes são considerados *commodities* (mercadorias negociadas com preços estabelecidos pelo mercado internacional). Através de consulta, foi considerado como preço de $1\ tonelada$ de CO_2 o valor de mercado a 8 de Agosto de 2016, de $4{,}95€$ (Investing, 2016). O crédito de carbono também se aplica a outros gases de efeito de estufa através da conversão para tonelada de dióxido de carbono equivalente (CO_2e). Uma tonelada de CO_2e é determinada multiplicando a quantidade do gás poluente pelo seu potencial de aquecimento global (*GWP* em inglês). O único poluente a que foi possível determinar o GWP foi o NO_2, fornecido pela página da *internet* GHG Protocol (2016), cuja emissão de um kg equivale a $298\ kg$ de CO_2. O impacto dos gases de efeito de estufa consiste na soma das emissões que resultam da absorção direta e indireta da aplicação da cobertura verde. Considerando então os valores apresentados na secção 2.2.2.4 e o preço do crédito de carbono, foram estimados os seguintes valores de economia regional, quer sejam gastos evitados na compra de créditos ou lucros com a sua venda. O processo de cálculo é apresentado na Tabela 5.19. Os valores apresentados, em conjunto, traduzem-se numa economia de $15{,}89$ e $33{,}71\ €/(m^2.ano)$ para, respetivamente, coberturas extensivas e intensivas.

Tabela 5.19 – Economia devido à redução de gases com efeito de estufa

	kg/(m².ano)	CO_2e (kg/m₂.ano)	Crédito Carbono (€/ton)	Economia (€/m².ano)
Absorção de poluente (NO_2) - Extensivas	10,76	3206,48	4,95	15,87
Absorção de poluente (NO_2) - Intensivas	22,84	6806,32		33,69
Absorção de CO_2	0,39			0,002
Redução da emissão CO_2 - Mínimo	2,54			0,01
Redução da emissão CO_2 - Máximo	3,57			0,02

5.3.8. Poluição sonora urbana

Lisboa, sendo uma cidade altamente urbanizada, com diversas atividades sociais e económicas e grande movimentação, apresenta uma sensibilidade ao ruído ambiente relevante. Para solucionar esta questão, a CML apresenta o Plano de Ação do Ruído (PAR), com o intuito de promover a qualidade de vida dos habitantes, através da redução de população exposta ao ruído. O plano em questão propõe um investimento de $9\ milhões$ €, repartidos em 3 fases de 5 em 5 anos, que iria reduzir entre 5 a $10\ dB$ a exposição a níveis de ruído acima do regulamentado, beneficiando cerca de $33\ mil$ pessoas.

A instalação generalizada de coberturas verdes permite a redução do ruído ao nível da rua entre $2{,}4$ a $10\ dB$, tal como referido na secção 2.2.2.3, e, portanto, gera benefícios idênticos ao PAR. Ao contrário do PGDL (secção 5.3.4) que abrange toda a cidade, no PAR são apenas 29 as zonas a intervencionar. Deste modo, para determinar os custos associados às medidas de redução da propagação sonora em meio urbano por área de edifício, foi determinada a área intervencionada, com aproximadamente $1{,}3\ km^2$ de coberturas de edifícios, baseada na densidade de $25\ 416$ pessoas por m^2 de superfície construída, já referida na secção 5.3.3. Com base nestes dados, é indicado na Tabela 5.20 o plano de investimento do PAR por superfície de território, considerado como custo de potenciais medidas de redução da poluição sonora que será evitado com as coberturas verdes.

Tabela 5.20 – Fluxo de investimentos da proposta do PAR

	Ano 1	Ano 6	Ano 11
Investimento (€)	2.997.735,00	3.198.600,00	3.057.052,00
Investimento (€/m²)	2,31	2,46	2,35

Os valores da tabela foram ajustados na totalidade às coberturas verdes intensivas e cerca de 80% às extensivas, para considerar o aumento da eficácia com a profundidade do substrato (secção 2.2.2.3). Note-se que assumir este valor para toda a superfície de território não é um cenário realista, uma vez que nas zonas com menor exposição ao ruído as medidas implicariam menores investimentos. Contudo, uma discriminação dos dados iria além do âmbito do presente estudo.

5.3.9. Efeito de ilha de calor urbano

Um estudo indica que, por cada aumento de $0{,}6ºC$ da temperatura do ar, o consumo de energia para arrefecimento aumenta entre $1{,}5$ a 2% (Akbary, 2005), ou seja, um aumento médio de $2{,}9\%/ºC$. Considerando que a instalação generalizada de coberturas verdes permite reduzir a temperatura em média $2{,}25ºC$, como indicado na secção 2.2.3, o consumo de energia para arrefecimento pode aumentar cerca de $6{,}6\%$. Considerando as despesas com consumo de energia para arrefecimento de $1{,}49$ e $2{,}10\ €/m^2$ para o sector doméstico e de serviços, respetivamente, indicado na secção 5.2.7, a mitigação do efeito de ilha de calor urbano tem o potencial de gerar lucros médios nestes sectores de $0{,}10$ e $0{,}13\ €/m^2$.

6. AVALIAÇÃO ECONÓMICA

A avaliação económica comparativa da substituição de coberturas tradicionais existentes por coberturas verdes é feita com base nos pressupostos calculados para a cidade de Lisboa, apresentados no capítulo 5, distribuídos pelas seguintes análises:

- Análise financeira: custo de instalação, de manutenção, de substituição, benefícios de demolição, seguro de incêndio, consumo energético, eficiência de painéis fotovoltaicos e produção agrícola;
- Análise económica: todos os referidos na análise financeira e ainda benefícios de isolamento sonoro, valor comercial, estético e de lazer;
- Análise socio-ambiental: todos os referidos na análise económica e ainda benefícios de drenagem e tratamento de águas residuais pluviais, empregabilidade, saúde pública, risco de inundação, criação de habitat e preservação de biodiversidade, qualidade da água pluvial escoada, qualidade da atmosfera, poluição sonora urbana e efeito de ilha de calor urbano.

Como se pode concluir a avaliação económica é uma análise incremental, tal como esquematizado na secção 5.1. A análise financeira integra fluxos monetários associados ao proprietário do edifício. A análise económica, por sua vez, integra adicionalmente os fluxos associados ao impacto que o investimento tem na economia da região. Desta forma, os valores do VAL para estas análises é apresentado em $€/m^2$, uma vez que se refere diretamente ao edifício. A análise socio-ambiental, por aludir aos custos e benefícios para a sociedade e ambiente, considera a instalação generalizada de coberturas ao nível de Lisboa. O seu VAL é igualmente apresentado em $€/m^2$ de modo a possibilitar a comparação entre valores, ainda que na realidade os custos e benefícios sociais e ambientais apenas se manifestem com a instalação generalizada de coberturas verdes. Os resultados das sucessivas análises são apresentados distintamente para edifícios de serviços e de habitação, com a intenção de facilitar a sua leitura. Por fim, a avaliação é estendida à escala de Lisboa, que pressupõe a instalação de coberturas em todos os edifícios qualificados para tal (segundo o referido na secção 4.3). É sobre esta conjetura urbana que se realiza uma análise de sensibilidade, com a finalidade de identificar quais os parâmetros que exercem maior influência na viabilidade da situação avaliada.

6.1. PARÂMETROS FINANCEIROS DO MODELO DE AVALIAÇÃO

A avaliação económica de um investimento, para além dos fluxos financeiros, contabiliza outros fatores que foram necessários estabelecer como: período de análise e taxas de atualização e inflação.

6.1.1. Período de análise

Nas coberturas tradicionais, a membrana impermeável é substituída, por norma, após 20 anos enquanto a vida útil de uma cobertura verde corresponde entre 40 a 55 anos, como referido na secção 2.2.1.9. Assim, a avaliação económica comparativa deve incidir num ciclo de vida com essa duração, de forma a incluir os benefícios do aumento da vida útil e os custos de substituição. A avaliação incidiu sobre um período de 40 anos (vida útil considerada para a cobertura verde), considerando um aumento médio da vida útil da cobertura de 20 anos, na qual são consideradas todas as variações de custos e

ganhos monetários diretos da instalação da cobertura verde em vez da tradicional.

6.1.2. Taxa de atualização

Para proceder ao cálculo do VAL é necessário definir a taxa de atualização que depende de fatores como a taxa de inflação, o prémio de risco associado ao investimento e rendimento real. Esta taxa corresponde à taxa mínima de rendibilidade do empreendimento e o seu cálculo pode ser feito recorrendo à Expressão 6. *1*.

$$T_A = \left(1 + T_{inflação}\right) * (1 + T_{risco}) * (1 + T_{rendimento}) - 1 \qquad (6.1)$$

A $T_{inflação}$ corresponde à taxa de inflação e foi determinada a partir dos dados da taxa de variação do índice de preços no consumidor, disponibilizados na página da *internet* PORDATA, para a categoria "Habitação, água, eletricidade, gás e outros combustíveis", uma vez que se trata de um investimento imobiliário. Recorreu-se à média de valores dos últimos 10 anos de forma a ter uma estimativa razoável, os quais se encontram compilados na Tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Variação da taxa de inflação ao longo dos últimos 10 anos

Ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Taxa de inflação (%)	4,4	3,9	3,8	4	2,1	4,4	6,7	8,7	2,2	2,2	0,2
Média	3,9										

A T_{risco}, por sua vez, corresponde ao prémio de risco, sendo que se considerou um investimento de baixo risco, ou seja, uma taxa com o valor de 1% (e-konomista, 2016). Já a $T_{rendimento}$ indica a taxa correspondente ao rendimento real, a qual se assumiu tomar o valor de 3%. Como resultado, foi obtida uma taxa de atualização de 8%, que está em conformidade com a taxa mínima de investimentos privados em imobiliário.

6.1.3. Taxa de inflação

Para considerar o aumento geral do preço, praticado no mercado, de bens e serviços como a energia, consumo de bens agrícolas, e manutenção de coberturas verdes, foi necessário determinar a taxa de inflação de cada uma dessas categorias. Para tal, foram consultados o índice de preços no consumidor, disponibilizados na página da *internet* do INE, com base nos quais foi determinada a taxa de variação dos preços ao longo dos últimos 10 anos. Com base nos dados apresentados no Anexo II, Tabela II. 5, foram aplicadas as seguintes taxas de inflação aos respetivos parâmetros da avaliação:

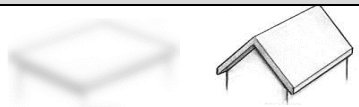
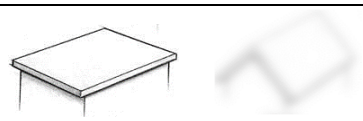
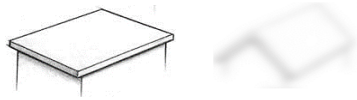
- Taxa de inflação da energia de 4,9%: aplicada ao consumo de energia para aquecimento e arrefecimento, redução do consumo de energia associada à mitigação do efeito de ilha de calor urbano e aumento da produção energética dos painéis fotovoltaicos;
- Taxa de inflação de produtos agrícolas de 1,4%: aplicada ao benefício de produção agrícola;
- Taxa de inflação da manutenção da habitação de 2,0%: aplicada ao custo de manutenção, que por exibir um valor decenal (secção 5.2.3), a taxa é alterada para 20%.

6.2. CENÁRIOS AVALIADOS

Tendo por base os edifícios tipo identificados na secção 4.3, foram definidas as combinações possíveis de avaliar, apresentadas na Tabela 6.2. As análises financeira e económica foram realizadas

consoante os cenários, de uma forma distinta para edifícios de serviços e habitação. Optou-se por restringir a análise apenas a coberturas verdes extensivas e intensivas uma vez que todos os custos e benefícios associados às semi-intensivas são uma conjugação entre estas duas tipologias.

Tabela 6.2 – Cenários avaliados

Cenário	Edifício existente			Cobertura a instalar
	Edifício tipo	Utilização	Cobertura existente	
1	I e II	Serviços		
2		Habitação		
3	IV e V	Serviços		
4		Habitação		
5	III	Serviços		
6		Habitação		
7	VI	Serviços		
8		Habitação		
9	III	Serviços		
10		Habitação		
11	VI	Serviços		
12		Habitação		

Legenda

Em terraço não isolada | Em terraço isolada | Inclinada não isolada | Inclinada isolada | Verde Extensiva | Verde intensiva

6.3. ANÁLISE FINANCEIRA

6.3.1. Análise financeira dos edifícios de serviços

Na Figura 6.1 e Figura 6.2 são apresentados, respetivamente, os fluxos financeiros atualizados não acumulados e acumulados, para os diversos cenários (1, 3, 5, 7, 9 e 11) anteriormente definidos para os edifícios de serviços. Através da análise das figuras é possível concluir que a substituição de coberturas tradicionais por coberturas verdes se revela inviável para o promotor do investimento. Associadas aos menores custos de instalação, manutenção e substituição, as coberturas em terraço, representadas pelos cenários 5, 6, 7 e 8, são as soluções menos dispendiosas. No entanto, a tipologia da cobertura verde é o fator que mais interfere no retorno final. Nesse sentido, as coberturas verdes intensivas, por envolverem custos muito elevados comparativamente a benefícios menos significativos, como a redução do consumo energético, melhoria da eficiência energética e produção agrícola, são a solução mais dispendiosa. Este aspeto é facilmente comprovado na Figura 6.1. Ainda assim, este último benefício de produção agrícola, não existente nas coberturas verdes extensivas, tendo alguma relevância permite recuperações de capital periódicas um pouco mais rápidas.

Para além disso, as coberturas verdes intensivas proporcionam claras economias a nível do consumo energético (Tabela 2.20) e, portanto, a instalação em contexto de reabilitação de edifícios

mais antigos torna-se mais vantajosa, na medida em que proporciona maiores benefícios de isolamento térmico. No entanto, este benefício não é tão evidente para as coberturas verdes extensivas. De uma forma geral, o consumo energético diminui para edifícios de serviços, sendo mais significativo para coberturas não isoladas (cenário 1 e 5), pelo que é igualmente vantajoso numa situação de reabilitação. Isto não é visível na Figura 6.2 para o cenário 1, visto que este constitui uma cobertura inclinada e, por falta de dados (referido na secção 5.2.1 e 5.2.2), o seu custo de instalação e manutenção foi assumido como sendo o mesmo que para uma cobertura em terraço. Desta forma, esses custos, mais elevados do que deveriam, acabam por desvalorizar as economias de consumo de energia. Ainda assim, ambos os cenários 1 e 5 apresentam uma ligeira tendência para recuperação de capital, ao contrário dos restantes. Note-se ainda que o benefício de isolamento térmico (secção 2.2.1.6), e as consequentes reduções do consumo energético, constitui um dos benefícios com maior variabilidade e incerteza. Neste sentido, são necessárias pesquisas adicionais, especialmente para condições específicas de clima Mediterrâneo, para conferirem uma maior confiança nas conclusões apresentadas.

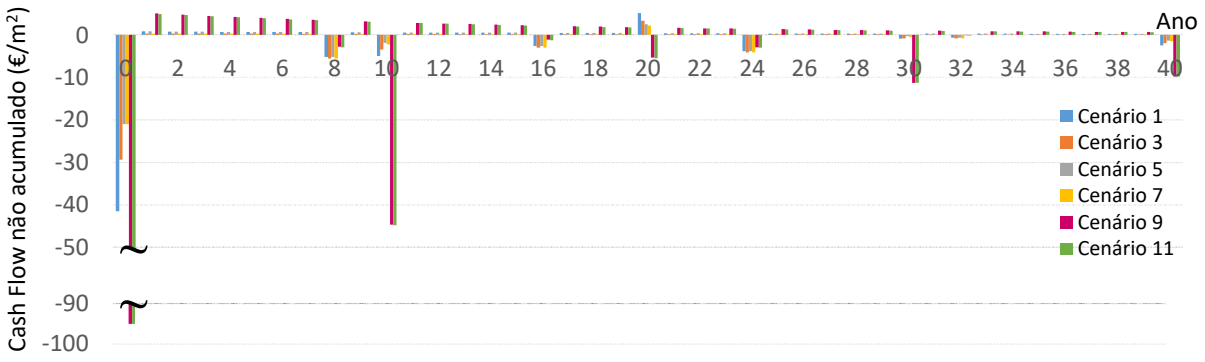


Figura 6.1 – Fluxos monetários atualizados não acumulados da análise financeira de edifícios de serviços [1]

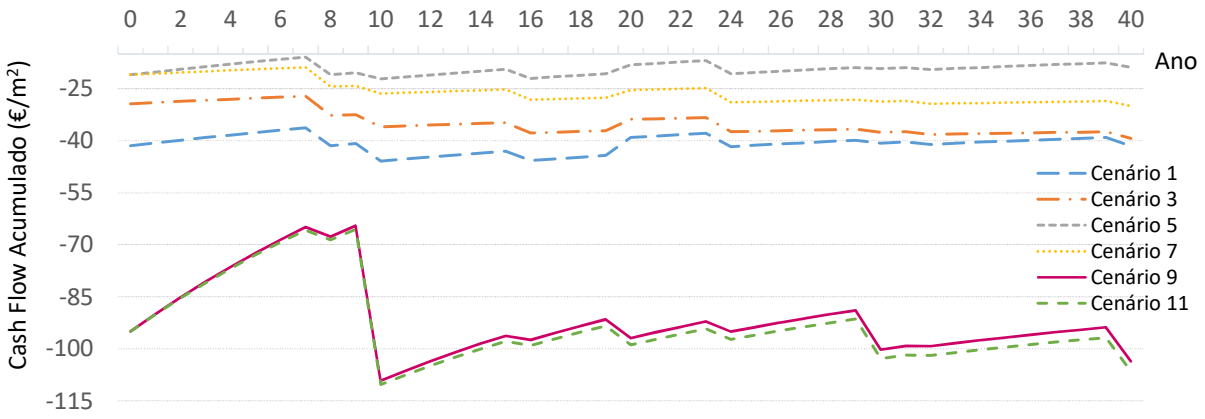


Figura 6.2 – Fluxos monetários atualizados acumulados da análise financeira de edifícios de serviços [1]

Os maiores fluxos de capital são os negativos, ou seja os custos (Figura 6.1), mas esporádicos, enquanto os fluxos positivos, ou seja os ganhos, são menos significativos mas constantes. Isto resulta em longos períodos de recuperação de investimento, que rapidamente são anulados por perdas instantâneas. Para as coberturas verdes intensivas, o maior VAL obtido é de aproximadamente um prejuízo de $65\ €/m^2$ correspondente ao ano 9, antes de ser contabilizado o custo de manutenção. Este

[1] Cenário 1: Ed. serviços cob. extensiva inclinada não isolada; Cenário 3: Ed. serviços cob. extensiva inclinada isolada; Cenário 5: Ed. serviços cob. extensiva plana não isolada; Cenário 7: Ed. serviços cob. extensiva plana isolada; Cenário 9: Ed. serviços cob. intensiva plana não isolada; Cenário 11: Ed. serviços cob. intensiva plana isolada;

não traduz a realidade devido ao facto de este valor ser decenal. Uma vez que a manutenção é um processo contínuo, os fluxos financeiros anuais iriam ser contabilizados com os benefícios também anuais e resultariam num VAL inferior. O VAL mais baixo obtido é previsto precisamente para o ano 10, com um prejuízo de aproximadamente $110\ €/m^2$. Para as coberturas extensivas, o maior VAL varia entre prejuízos de 18 e $36\ €/m^2$ para o ano 7, antes de serem contabilizados os custos de substituição de vegetação, e o menor VAL entre 22 e $46\ €/m^2$, para o ano 10, em que é contabilizado o custo de manutenção decenal nos cenários 1 e 5, e para o ano 40 nos restantes, no final do período de análise, uma vez que os fluxos financeiros acumulados são tendencialmente negativos. Ainda que os gastos da manutenção, representados no ano 20, sejam parcialmente amortizados pelos gastos evitados com a substituição da cobertura tradicional, é notória a discrepância entre os custos e os ganhos ao longo do período de análise. Concluindo, a instalação de coberturas verdes em edifícios de serviço produz prejuízos consideráveis para o investidor, pelo que não é financeiramente viável. Uma vez que os ganhos são praticamente irrelevantes, é necessário um investimento de capital periódico neste tipo de projetos e, portanto, a sua recuperação não é expectável sequer a longo prazo. De todos os cenários equacionados, a instalação de coberturas verdes extensivas é menos dispendiosa caso o edifício intervencionado seja antigo, especialmente numa cobertura em terraço. Já instalação de coberturas verdes intensivas, por oposição, é a que envolve maiores gastos. O tipo de cobertura é o fator com maior influência no ciclo de vida da cobertura verde, seguido da pendente da cobertura, em que coberturas em terraço oferecem menos prejuízo para o proprietário que as coberturas inclinadas, associadas a um custo de instalação superior.

Os dados apresentados têm por base a folha de cálculo apresentada no Anexo III, Tabelas III.1, III.3, III.5, III.7, III.9 e III.11. O VAL das análises em questão é apresentado de seguida, na Tabela 6.3, para comparação com os edifícios de habitação.

6.3.2. Análise financeira dos edifícios de habitação

Tal como para os edifícios de serviços, na Figura 6.3 e Figura 6.4 são apresentados os fluxos financeiros atualizados não acumulados e acumulados para os diversos cenários (2, 4, 6, 8, 10 e 12), anteriormente definidos para os edifícios de habitação. Mais uma vez, como seria expectável, a substituição de coberturas tradicionais por coberturas verdes não é viável para o investidor, especialmente quando a cobertura instalada é intensiva. Contudo, relativamente aos edifícios de serviços, as coberturas verdes para edifícios de habitação manifestam-se tendencialmente mais dispendiosas ao longo do período de análise, sendo mais notória esta diferença para as coberturas verdes extensivas que para as intensivas. Este aspeto está relacionado com o aumento do consumo de energia para fins de conforto térmico do edifício na habitação, enquanto nos edifícios de serviços, pelo contrário, esta componente representa um benefício. Nesse sentido, a instalação de coberturas verdes em edifícios de habitação é mais vantajosa quando a cobertura contém previamente uma camada de isolamento, uma vez que o benefício de consumo energético deixa de ser tão negativo.

Novamente, os benefícios são impercetíveis, quando comparados com os restantes custos. Por análise da figura conclui-se que este aspeto é mais evidente para coberturas verdes extensivas que para intensivas, uma vez que as primeiras têm poucos períodos de recuperação de capital, ao contrário das segundas. A única justificação plausível para tal relaciona-se com o benefício que advém da

produção de produtos agrícolas, o qual não é incluído na análise de coberturas extensivas, sendo o parâmetro, nestas últimas, que mais se evidência enquanto benefício o aumento da vida útil da cobertura. Tal como nos edifícios de serviços, para as coberturas verdes intensivas, o maior VAL obtido é de aproximadamente um prejuízo de $65\ €/m^2$ correspondente ao ano 9, antes de ser contabilizado o custo de manutenção. O VAL mais baixo obtido é previsto para o ano 10, com um prejuízo de aproximadamente $110\ €/m^2$. Para as coberturas extensivas o maior VAL varia entre prejuízos de 21 e $41\ €/m^2$ para o início do período analisado e o menor VAL varia entre prejuízos de 39 e $68\ €/m^2$ para o final do período analisado, uma vez que os fluxos são cada vez mais negativos.

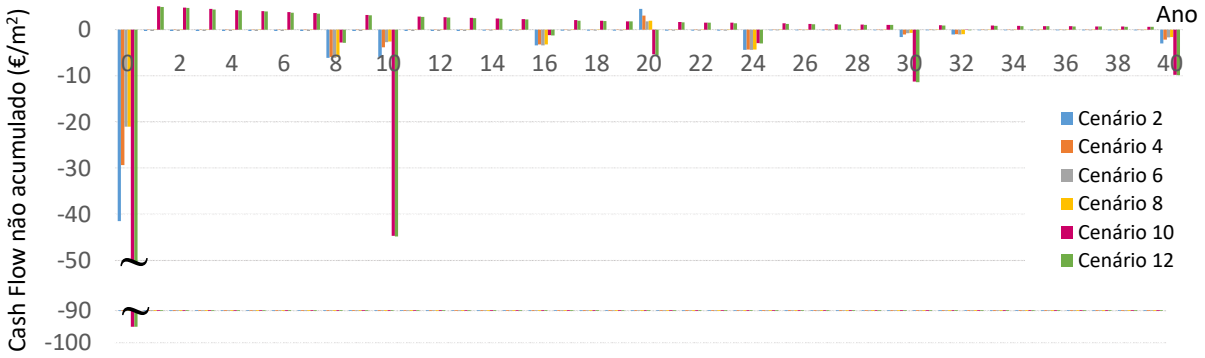


Figura 6.3 - Fluxos monetários atualizados não acumulados da análise financeira de edifícios de habitação [1]

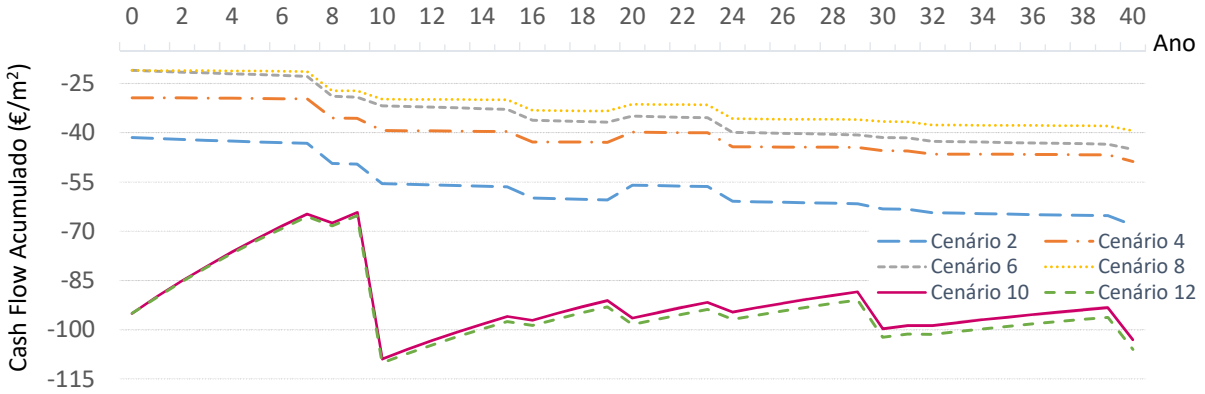


Figura 6.4 - Fluxos monetários atualizados acumulados da análise financeira de edifícios de habitação [1]

Uma vez que o consumo energético resulta em gastos e não em ganhos, em oposição aos edifícios de serviço, nos de habitação não é mais vantajoso aplicar coberturas verdes em contexto de reabilitação, mas sim em coberturas previamente isoladas e, portanto, mais recentes, uma vez que desta forma o prejuízo que resulta do aumento de consumo de energia é atenuado. Por outro lado, e em concordância com o tipo de edifícios anterior, é nas coberturas em terraço que o investimento necessário é menor. É possível concluir que, de facto, a instalação de coberturas verdes não é um investimento financeiramente viável., resultante dos menores custos de instalação e manutenção, de modo que a solução aplicada numa cobertura em terraço que contenha isolamento chega mesmo a ser menos cara que uma inclinada que não o contenha. Os dados apresentados têm por base a folha de cálculo apresentada no Anexo III, Tabelas III.2, III.4, III.6, III.8, III.10 e III.12. O VAL das análises em

[1] Cenário 2: Ed. habitação cob. extensiva inclinada não isolada; Cenário 4: Ed. habitação cob. extensiva inclinada isolada
Cenário 6: Ed. habitação cob. extensiva plana não isolada; Cenário 8: Ed. habitação cob. extensiva plana isolada;
Cenário 10: Ed. habitação cob. intensiva plana não isolada; Cenário 12: Ed. habitação cob. intensiva plana isolada;

questão é apresentado, como valor positivo, na Tabela 6.3, em conjunto com os valores referentes às análises realizadas para os edifícios de serviços.

Tabela 6.3 – Valor atual líquido da análise financeira para edifícios de serviços e de habitação [1]

	Edifícios de serviços						Edifícios de habitação					
Cenário	1	3	5	7	9	11	2	4	6	8	10	12
VAL (- €/m²)	41,55	39,38	18,81	30,02	103,59	106,60	68,18	48,79	45,08	39,43	103,01	106,02

As coberturas verdes extensivas são entre $9{,}41$ e $26{,}63\ €/m^2$ mais dispendiosas quando aplicadas em edifícios de habitação. Tal como referido anteriormente, ainda que mais onerosas, as coberturas verdes intensivas apresentam menores variações de VAL, comparando ao nível dos dois tipos de edifícios, e são mais económicas quando instaladas nos edifícios de habitação cerca de $0{,}58\ €/m^2$. De uma forma geral (exceto para o cenário 1 e 3), a intervenção em edifícios antigos é mais vantajosa em edifícios de serviços e que em edifícios de habitação.

6.4. ANÁLISE ECONÓMICA

6.4.1. Análise económica dos edifícios de serviços

Na Figura 6.5 e Figura 6.6 são apresentados os fluxos financeiros atualizados não acumulados e acumulados para os edifícios de serviços (cenários 1, 3, 5, 7, 9 e 11), em termos da análise económica.

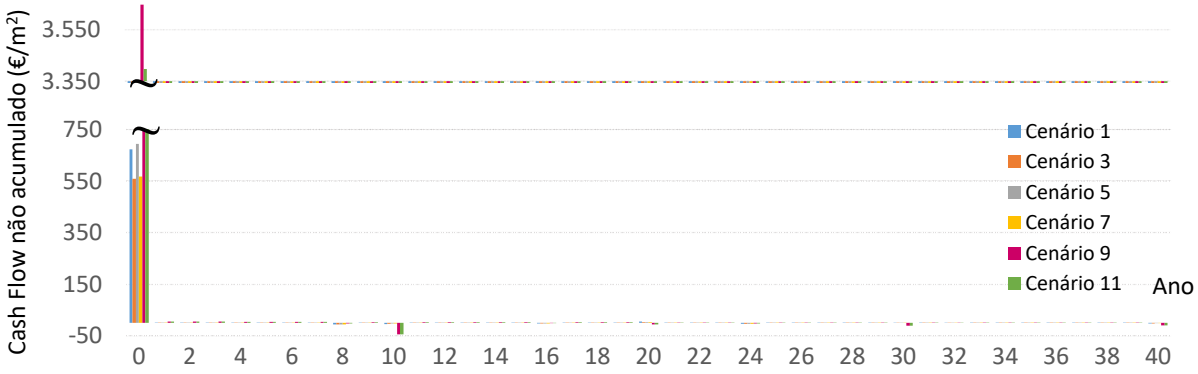


Figura 6.5 – Fluxos monetários atualizados não acumulados da análise económica de edifícios de serviços [1]

Através da análise das figuras é possível concluir que a substituição de coberturas tradicionais por coberturas verdes, embora que não viável para o investidor, o mesmo não acontece relativamente aos benefícios económicos para a região. A principal causa deve-se aos custos elevados da análise financeira (instalação, manutenção, entre outros), uma vez a única diferença para a análise económica, e, principal componente lucrativa, é a valorização do imóvel. Da mesma forma que as coberturas verdes intensivas são mais dispendiosas financeiramente, são também as que traduzem vantagens mais significativas. As coberturas verdes extensivas são igualmente viáveis, ainda que com um desempenho inferior. Os maiores ganhos resultam, mais uma vez, da aplicação de coberturas nos edifícios sem isolamento, e a avaliação económica varia pouco relativamente á pendente da cobertura, pelo que os

[1] Cenário 1: Ed. serviços cob. extensiva inclinada não isolada; Cenário 2: Ed. habita. cob. extensiva inclinada não isolada;
Cenário 3: Ed. serviços cob. extensiva inclinada isolada; Cenário 4: Ed. habitação cob. extensiva inclinada isolada;
Cenário 5: Ed. serviços cob. extensiva plana não isolada; Cenário 6: Ed. habitação cob. extensiva plana não isolada;
Cenário 7: Ed. serviços cob. extensiva plana isolada; Cenário 8: Ed. habitação cob. extensiva plana isolada;
Cenário 9: Ed. serviços cob. intensiva plana não isolada; Cenário 10: Ed. habitaç. cob. intensiva plana não isolada;
Cenário 11: Ed. serviços cob. intensiva plana isolada; Cenário 12: Ed. habitação cob. intensiva plana isolada;

resultados para uma cobertura inclinada ou em terraço são bastante semelhantes. No entanto, apesar de economicamente viável, tal como se verificou para a análise financeira, o potencial de recuperação de capital apresenta uma ligeira tendência para diminuir a longo prazo, quase impercetível, relacionado com o fato do benefício de valorização do imóvel apenas ser contabilizado no momento da instalação.

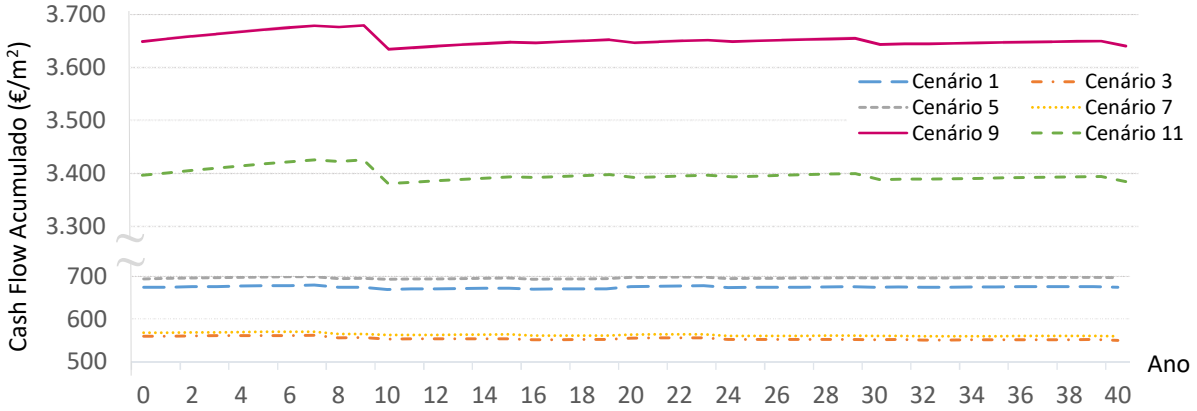


Figura 6.6 – Fluxos monetários atualizados acumulados da análise económica de edifícios de serviços [1]

Para as coberturas verdes intensivas, o maior VAL obtido varia entre 3.426 e $3.679\ €/m^2$ correspondentes ao ano 9, antes de ser contabilizado o custo de manutenção. O menor VAL varia entre 3.381 e $3.634\ €/m^2$ e é previsto para o ano 10, associado ao custo de manutenção. Para as coberturas extensivas, o maior VAL varia entre 562 e $699\ €/m^2$ para o ano 7, antes de serem contabilizados os custos de substituição de vegetação, e o menor VAL entre 549 e $692\ €/m^2$ também para o ano 10 à semelhança do que acontece nas coberturas intensivas. Os dados apresentados têm por base a folha de cálculo apresentada no Anexo III, Tabelas III.1, III.3, III.5, III.7, III.9 e III.11. O VAL das análises em questão é apresentado de seguida, na Tabela 6.4, para comparação com os edifícios de habitação.

6.4.2. Análise económica dos edifícios de habitação

Na Figura 6.7 e Figura 6.8 são apresentados os fluxos financeiros atualizados não acumulados e acumulados para os edifícios de habitação (cenários 2, 4, 6, 8, 10 e 12) em termos da análise económica. Também para os edifícios de habitação a instalação de coberturas verdes é economicamente viável, particularmente no caso das coberturas verdes intensivas, que apresentam ganhos consideravelmente superiores devido, principalmente, à valorização do imóvel, a qual envolve o critério de lazer não considerado no caso das extensivas. Tal como se verificou na análise financeira, as coberturas verdes extensivas apresentam uma tendência ligeiramente superior para desvalorizarem ao longo do tempo, ao contrário das intensivas, associado à inexistência de produção agrícola. Para além disso a variável do ano de construção do edifício exerce maior influência ao nível das coberturas intensivas que das extensivas, pelo que as curvas da Figura 6.8 para esse tipo de coberturas são bastante próximas. Para as coberturas verdes intensivas, o maior VAL obtido varia entre 4.248 e $4.647\ €/m^2$ correspondentes ao ano 9, antes de ser contabilizado o custo de manutenção. Isto resulta de um período de ganhos após os notáveis benefícios iniciais de valorização do imóvel, que não recuperam da mesma forma após a contabilização do custo de manutenção. Esta menor capacidade

[1] Cenário 1: Ed. serviços cob. extensiva inclinada não isolada; Cenário 3: Ed. serviços cob. extensiva inclinada isolada; Cenário 5: Ed. serviços cob. extensiva plana não isolada; Cenário 7: Ed. serviços cob. extensiva plana isolada; Cenário 9: Ed. serviços cob. intensiva plana não isolada; Cenário 11: Ed. serviços cob. intensiva plana isolada;

de recuperação de capital ao longo do tempo está relacionado com a atualização de capitais afetados com a taxa própria para o efeito. O menor VAL varia entre 4.203 e $4.603\ €/m^2$ e é previsto para o ano 10 com a manutenção. Para as coberturas extensivas o maior VAL varia entre 899 e $1.107\ €/m^2$ para o primeiro ano analisado, correspondentes aos benefícios de valorização do imóvel contabilizados no ano 0, enquanto o menor VAL entre 880 e $1.083\ €/m^2$ no final da análise, visto que uma vez mais, os fluxos financeiros atualizados têm tendência a diminuir.

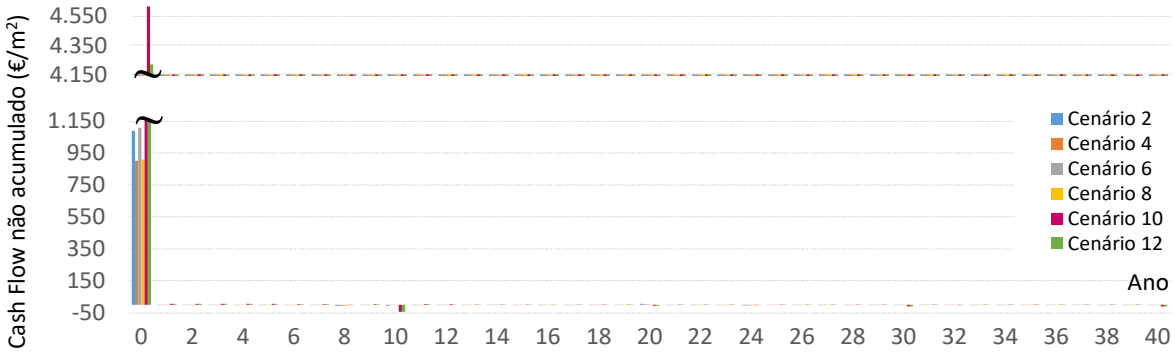


Figura 6.7 - Fluxos monetários atualizados não acumulados da análise económica de edifícios de habitação [1]

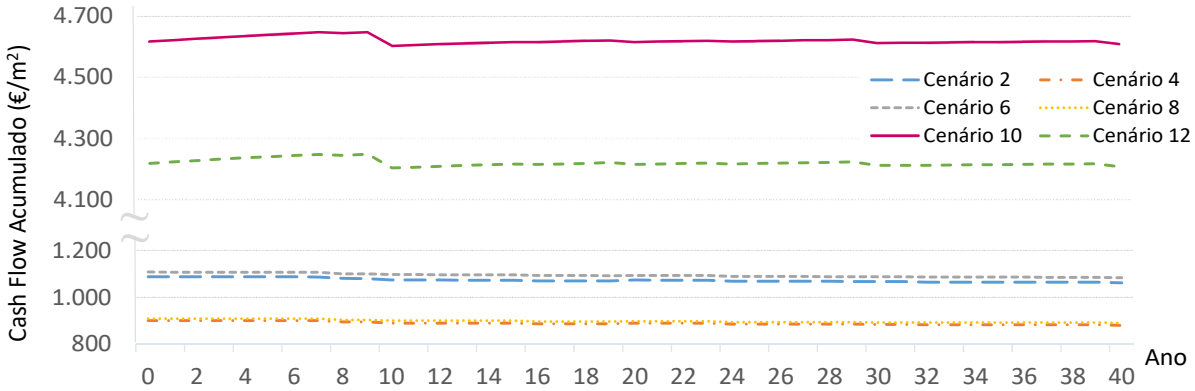


Figura 6.8 - Fluxos monetários atualizados acumulados da análise económica de edifícios de habitação [1]

Os dados apresentados têm por base a folha de cálculo apresentada no Anexo III, Tabelas III.2, III.4, III.6, III.8, III.10 e III.12. O VAL das análises em questão é apresentado na Tabela 6.4, em conjunto com os valores referentes às análises realizadas para os edifícios de serviços.

Tabela 6.4 – Valor atual líquido da análise económica para edifícios de serviços e de habitação [1]

	Edifícios de serviços					
Cenário	1	3	5	7	9	11
VAL (€/m²)	673,54	549,52	696,28	558,88	3.640,15	3.384,75
	Edifícios de habitação					
Cenário	2	4	6	8	10	12
VAL (€/m²)	1.060,82	880,25	1.083,04	889,61	4.608,55	4.207,38

Apesar de dispendiosas para o proprietário, a nível regional a aplicação de coberturas verdes em edifícios de habitação é mais vantajosa na medida em que o preço destes imóveis é tipicamente elevado em Lisboa que os de serviços e, portanto, a sua valorização é mais significativa. A instalação

[1] Cenário 1: Ed. serviços cob. extensiva inclinada não isolada; Cenário 2: Ed. habita. cob. extensiva inclinada não isolada; Cenário 3: Ed. serviços cob. extensiva inclinada isolada; Cenário 4: Ed. habitação cob. extensiva inclinada isolada; Cenário 5: Ed. serviços cob. extensiva plana não isolada; Cenário 6: Ed. habitação cob. extensiva plana não isolada; Cenário 7: Ed. serviços cob. extensiva plana isolada; Cenário 8: Ed. habitação cob. extensiva plana isolada; Cenário 9: Ed. serviços cob. intensiva plana não isolada; Cenário 10: Ed. habitaç. cob. intensiva plana não isolada; Cenário 11: Ed. serviços cob. intensiva plana isolada; Cenário 12: Ed. habitação cob. intensiva plana isolada;

de coberturas verdes extensivas são entre 331 e 387 €$/m^2$ mais proveitosas em edifícios de habitação, enquanto esta diferença pode atingir 970 €$/m^2$ com coberturas intensivas.

6.5. ANÁLISE SOCIO-AMBIENTAL

6.5.1. Análise socio-ambiental dos edifícios de serviços

Na Figura 6.9 e Figura 6.10 apresentam-se os fluxos financeiros atualizados não acumulados e acumulados para edifícios de serviços (cenários 1, 3, 5, 7, 9 e 11), em termos da análise socio-ambiental.

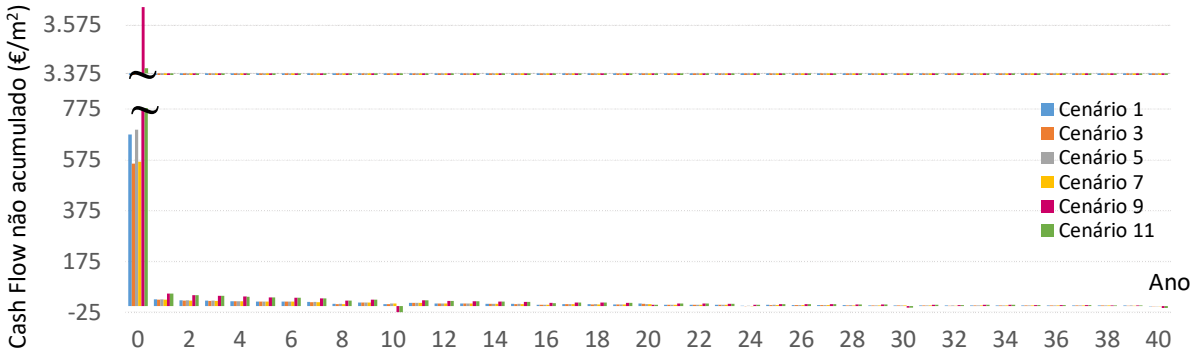


Figura 6.9 - Fluxos monetários atualizados não acumulados da análise socio-ambiental de edifícios de serviços [1]

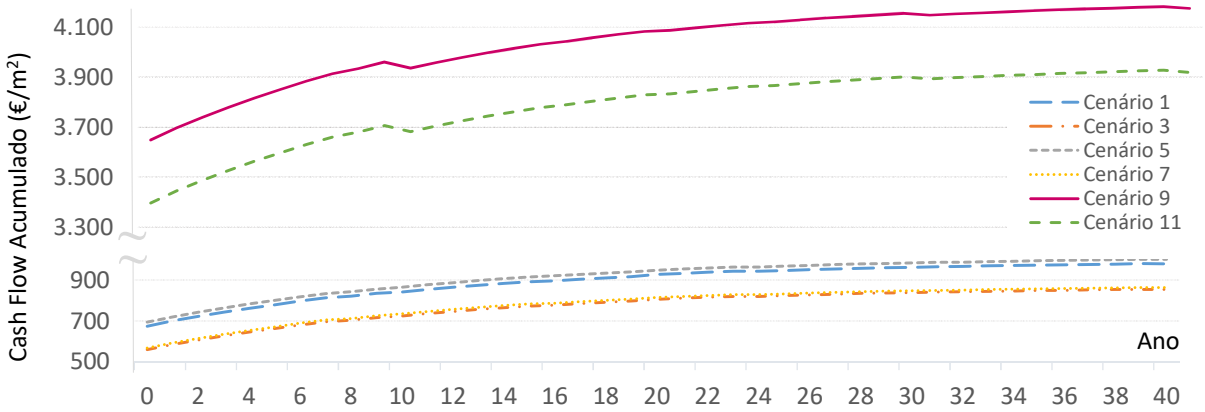


Figura 6.10 - Fluxos monetários atualizados acumulados da análise socio-ambiental de edifícios de serviços [1]

Tal como para a análise económica, a principal fonte de ganho está associada à valorização do imóvel, pelo que os fluxos financeiros entre estas análises são bastante semelhantes. Comparando as duas, o parâmetro que determina um aumento contínuo dos ganhos que advêm da instalação das coberturas, ao contrário do que acontecia na análise económica em que a tendência era de desvalorizar ao longo do tempo, está associado à melhoria da qualidade do ar e redução dos agentes poluentes atmosféricos que resulta em economias substanciais obtidas com a venda de créditos de carbono. Desta forma, a avaliação demonstra-se nitidamente viável no contexto socio-ambiental, especialmente com a instalação de coberturas verdes intensivas. O maior VAL obtido corresponde ao último ano da análise e varia entre 3.927 e 4.182 €$/\mathrm{m}^2$ para coberturas intensivas e entre 854 e 1.000 €$/\mathrm{m}^2$ para

[1] Cenário 1: Ed. serviços cob. extensiva inclinada não isolada; Cenário 3: Ed. serviços cob. extensiva inclinada isolada; Cenário 5: Ed. serviços cob. extensiva plana não isolada; Cenário 7: Ed. serviços cob. extensiva plana isolada; Cenário 9: Ed. serviços cob. intensiva plana não isolada; Cenário 11: Ed. serviços cob. intensiva plana isolada;

coberturas extensivas. O menor VAL corresponde ao período inicial da análise e varia entre 3.396 e $3.649\ €/m^2$ para coberturas intensivas e entre 560 e $694\ €/m^2$ para coberturas extensivas Isto deve-se ao facto de os benefícios sociais e ambientais serem de tal forma que, para as coberturas extensivas principalmente, a tendência de desvalorização do investimento, verificada na análise financeira e económica, deixa de existir. Os dados apresentados têm por base a folha de cálculo apresentada no Anexo III, Tabelas III.1, III.3, III.5, III.7, III.9 e III.11. O VAL das análises em questão é apresentado de seguida, na Tabela 6.5, para comparação com os edifícios de habitação.

6.5.2. Análise socio-ambiental dos edifícios de habitação

Na Figura 6.11 e Figura 6.12 são apresentados os fluxos financeiros atualizados não acumulados e acumulados para os edifícios de habitação (cenários 2, 4, 6, 8, 10 e 12) em termos da análise socio-ambiental.

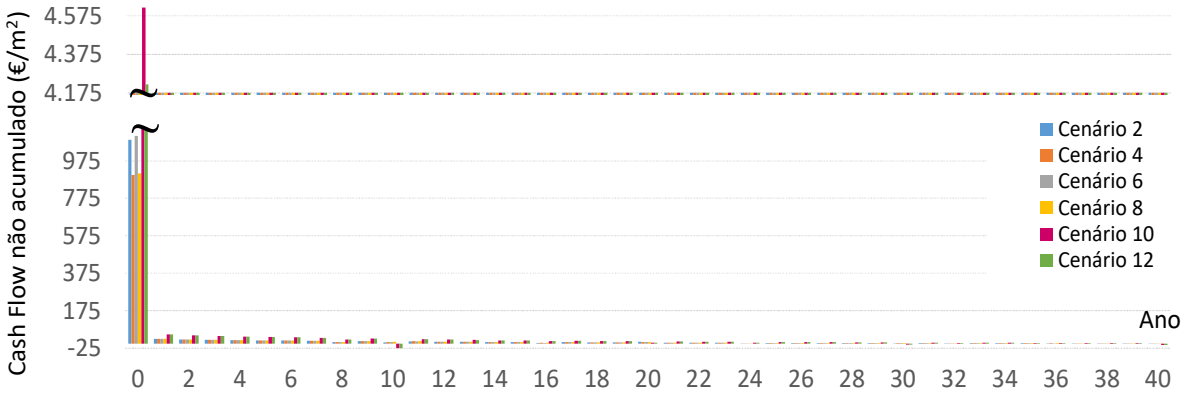


Figura 6.11 - Fluxos monetários atualizados não acumulados da análise socio-ambiental de edifícios de habitação [1]

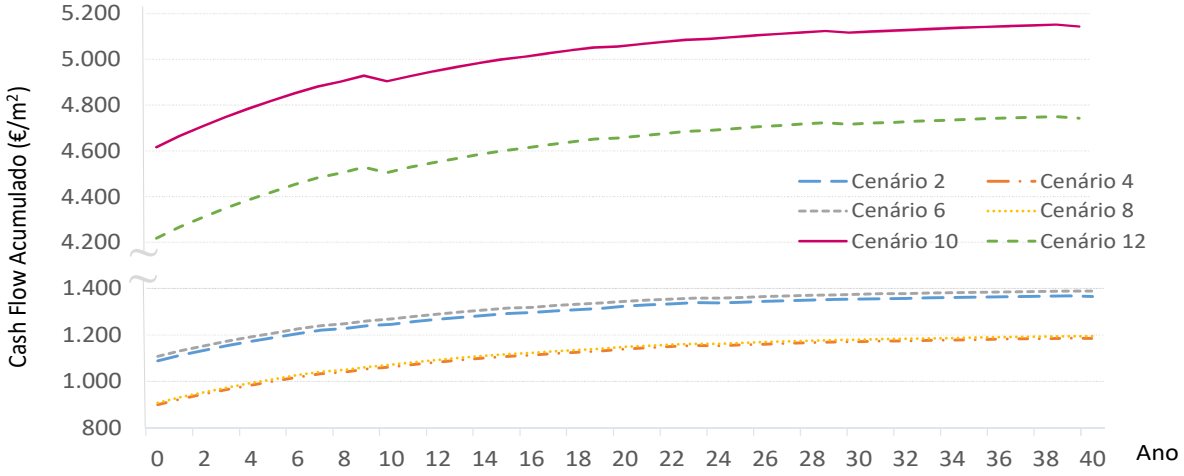


Figura 6.12 - Fluxos monetários atualizados acumulados da análise socio-ambiental de edifícios de habitação [1]

Ainda que, de uma forma geral, a instalação de coberturas verdes seja menos dispendiosa para os proprietários de edifícios de serviços, são os edifícios de habitação que mais contribuem para o VAL positivo que resulta da análise socio-ambiental. Mais uma vez a valorização do imóvel é um dos

[1] Cenário 2: Ed. habitação cob. extensiva inclinada não isolada; Cenário 4: Ed. habitação cob. extensiva inclinada isolada
Cenário 6: Ed. habitação cob. extensiva plana não isolada; Cenário 8: Ed. habitação cob. extensiva plana isolada;
Cenário 10: Ed. habitação cob. intensiva plana não isolada; Cenário 12: Ed. habitação cob. intensiva plana isolada;

benefícios que mais contribuem para a viabilidade imediata do investimento, especialmente para coberturas intensivas, enquanto a redução da poluição contribuí para ganhos cada vez maiores a longo prazo. A pendente da cobertura é novamente um parâmetro que pouco interfere na avaliação, ao contrário da idade do edifício, que quanto mais antigo, mais benéfica a substituição efetuada.

O maior VAL obtido corresponde ao último ano da análise e varia entre 4.750 e $5.171\ €/\mathrm{m}^2$ para coberturas intensivas e entre 1.366 e $1.194€/\mathrm{m}^2$ para coberturas extensivas. O menor VAL corresponde ao período inicial da análise e varia entre 4.218 e $4.617\ €/\mathrm{m}^2$ para coberturas intensivas e entre 899 e $1.107\ €/\mathrm{m}^2$ para coberturas extensivas.

Os dados apresentados têm por base a folha de cálculo apresentada no Anexo III, Tabelas III.2, III.4, III.6, III.8, III.10 e III.12. O VAL das análises em questão é apresentado na Tabela 6.5, em conjunto com as análises realizadas para os edifícios de serviços.

Tabela 6.5 – Valor atual líquido da análise socio-ambiental para edifícios de serviços e de habitação [1]

	Edifícios de serviços					
Cenário	1	3	5	7	9	11
VAL (€/m²)	977,15	853,13	999,89	862,49	4.175,05	3.919,66
	Edifícios de habitação					
Cenário	2	4	6	8	10	12
VAL (€/m²)	1.364,43	1.183,86	1.386,65	1.193,22	5.143,45	4.742,25

Tal como referido anteriormente, uma vez que a maior contribuição para o VAL da análise socio-ambiental é a valorização do imóvel, benefício igualmente incluído na análise económica, os resultados de ambas as análises são similares. Desta forma, a aplicação de coberturas verdes em edifícios de habitação mantém-se mais vantajosa para a sociedade e ambiente, na medida em que o preço destes imóveis é tipicamente elevado em Lisboa que os de serviços.

6.6. RESUMO DA AVALIAÇÃO ECONÓMICA E APLICAÇÃO A LISBOA

Os resultados das análises financeira, económica e socio-ambiental apresentados na Tabela 6.3, Tabela 6.4 e Tabela 6.5 estão compilados na Tabela 6.6, para cada cenário, mas referindo-se à aplicação ao edifício tipo de Lisboa, que se expressa por uma área de implantação média de $147{,}39\ m^2$.

Na Tabela 6.7 é igualmente apresentada a avaliação económica, mas efetuada ao nível urbano para a Lisboa, que teve por base o número de edifícios e respetiva área indicados na Tabela 4.2.

Concluindo, a instalação de coberturas verdes em cerca de $10\ 375$ edifícios em Lisboa, que se expressam numa superfície de $1\ 549\ 947\ m^2$, correspondente a cerca de 2% do território do concelho, indica, tal como esperado, que ao considerar todos os custos e benefícios possíveis associados ao ciclo de vida das coberturas, inclusivamente os mais complexos de quantificar como os sociais e ambientais, o investimento proporciona lucros consideráveis.

[1] Cenário 1: Ed. serviços cob. extensiva inclinada não isolada; Cenário 2: Ed. habita. cob. extensiva inclinada não isolada; Cenário 3: Ed. serviços cob. extensiva inclinada isolada; Cenário 4: Ed. habitação cob. extensiva inclinada isolada; Cenário 5: Ed. serviços cob. extensiva plana não isolada; Cenário 6: Ed. habitação cob. extensiva plana não isolada; Cenário 7: Ed. serviços cob. extensiva plana isolada; Cenário 8: Ed. habitação cob. extensiva plana isolada; Cenário 9: Ed. serviços cob. intensiva plana não isolada; Cenário 10: Ed. habitaç. cob. intensiva plana não isolada; Cenário 11: Ed. serviços cob. intensiva plana isolada; Cenário 12: Ed. habitação cob. intensiva plana isolada;

Tabela 6.6 - Valor atual líquido das análises económicas para edifícios de serviços e de habitação [1]

Análise		VAL edifício		
		Financeira	Económica	Socio-Ambiental
Cenário	1	-6.207,88 €	100.621,18 €	145.978,48 €
	2	-10.186,24 €	158.477,87 €	203.835,16 €
	3	-5.883,76 €	82.093,47 €	127.450,76 €
	4	-7.289,29 €	131.502,29 €	176.859,59 €
	5	-2.809,66 €	104.019,40 €	149.376,70 €
	6	-6.735,23 €	161.797,41 €	207.154,70 €
	7	-4.485,15 €	83.492,08 €	128.849,38 €
	8	-5.890,68 €	132.900,91 €	178.258,20 €
	9	-15.475,77 €	543.810,81 €	623.721,27 €
	10	-15.389,17 €	688.482,44 €	768.392,90 €
	11	-15.924,90 €	505.656,52 €	585.566,98 €
	12	-15.838,29 €	628.551,20 €	708.456,96 €

Tabela 6.7 - Valor atual líquido das análises económicas para edifícios de serviços e de habitação aplicado a Lisboa [1]

Análise		VAL urbano		
		Financeira	Económica	Socio-Ambiental
Cenário	1	-701.490,35 €	11.370.193,89 €	16.495.568,22 €
	2	-56.075.237,93 €	872.420.648,83 €	1.122.112.557,28 €
	3	-23.535,05 €	328.373,87 €	509.803,04 €
	4	-1.363.097,16 €	24.590.929,03 €	33.072.743,17 €
	5	-118.005,81 €	4.368.814,88 €	6.273.821,27 €
	6	-13.537.816,19 €	325.212.785,33 €	416.380.948,09 €
	7	-22.425,74 €	417.460,40 €	644.246,88 €
	8	-1.331.292,58 €	30.035.605,38 €	40.286.354,03 €
	9	-649.982,32 €	22.840.054,04 €	26.196.293,34 €
	10	-30.932.227,07 €	1.383.849.696,96 €	1.544.469.720,95 €
	11	-79.624,48 €	2.528.282,59 €	2.927.834,89 €
	12	-3.579.454,37€	142.052.571,86 €	160.111.271,94 €
LISBOA				3.369.481.163,11 €

Desta forma, num período de análise de 40 anos, ganhos aproximados de $3.369\ milhões$ € sugerem que a substituição das atuais coberturas por soluções sustentáveis, especificamente as coberturas verdes, proporciona vantagens obvias para a área urbana de Lisboa. Na Figura 6.13 são apresentados os fluxos monetários acumulados resultantes da análise socio-ambiental para a cidade. Por análise da figura é possível distinguir longos períodos ganhos interrompidos com algumas quebras, correspondentes aos anos 8, 10, 24 e 30. Estes anos simbolizam despesas com manutenção e substituição de certas camadas da cobertura. A manutenção contabilizada no ano 20 acaba por ser compensada pelo benefício de aumento da vida útil da cobertura, em que no cenário alternativo as coberturas tradicionais seriam substituídas, daí não ser identificável na figura. Desta forma, ainda que a instalação de coberturas verdes seja dispendiosa para o investidor, a mesma resulta em benefícios económicos evidentes para a cidade. O aumento de valor das propriedades (comercial, estético e de lazer), devido ao elevado preço de mercado dos imóveis, resulta em economias de tal modo superiores

[1] Cenário 1: Ed. serviços cob. extensiva inclinada não isolada; Cenário 2: Ed. habita. cob. extensiva inclinada não isolada; Cenário 3: Ed. serviços cob. extensiva inclinada isolada; Cenário 4: Ed. habitação cob. extensiva inclinada isolada; Cenário 5: Ed. serviços cob. extensiva plana não isolada; Cenário 6: Ed. habitação cob. extensiva plana não isolada; Cenário 7: Ed. serviços cob. extensiva plana isolada; Cenário 8: Ed. habitação cob. extensiva plana isolada; Cenário 9: Ed. serviços cob. intensiva plana não isolada; Cenário 10: Ed. habitaç. cob. intensiva plana não isolada; Cenário 11: Ed. serviços cob. intensiva plana isolada; Cenário 12: Ed. habitação cob. intensiva plana isolada;

ao custo de instalação das coberturas, que o anulam e tornam impercetível a esta escala da análise.

Assim, a instalação de coberturas verdes resultaria em retornos de investimento imediatos, que, porém, não revertem diretamente para o investidor. Um dos objetivos da dissertação era determinar os indicadores económicos dos projetos considerados, como o VAL, TIR e tempo de retorno. Apenas foi possível determinar a primeira, uma vez que as restantes são facilmente obtidas em investimentos típicos, em que os custos iniciais vão sendo recuperados ao longo do tempo, até que começam a gerar receitas. Na presente situação tal não ocorre. No caso da análise financeira os fluxos monetários acumulados são estritamente negativos devidos, por exemplo, aos custos de investimento e manutenção. Na análise económica e socio-ambiental, os grandes retornos provenientes da valorização dos imóveis, traduzem-se logo em fluxos monetários positivos, que sofrem apenas ligeiros aumentos ou reduções ao longo do tempo.

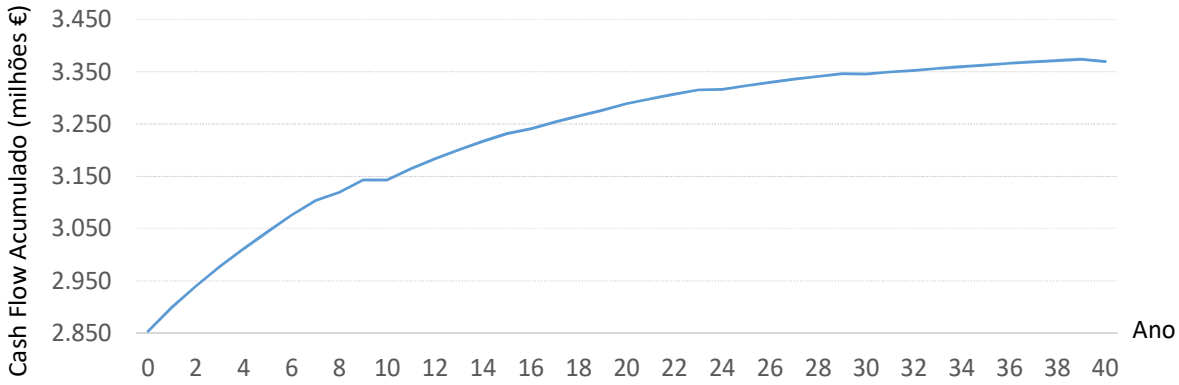


Figura 6.13 – Fluxos monetários acumulados da avaliação económica à escala urbana, na cidade de Lisboa

Do mesmo modo que se procedeu de forma generalizada para o concelho de Lisboa, foi também determinado o número de edifícios e respetiva área de implantação ao nível das freguesias. Este passo teve como objetivo avaliar a instalação a um nível mais pormenorizado que o concelho. Os valores do VAL são indicados na Figura 6.14 com base na Tabela IV. 2 do Anexo IV.

Por análise da figura identifica-se que as zonas periféricas do concelho são as mais propícias para a instalação das coberturas verdes, visto que nessa área a construção é mais recente. As zonas centrais e ribeirinhas praticamente não contribuem para a análise uma vez que a época de construção mais precoce dos seus edifícios não lhes permite ter capacidade de carga para suportar esta solução de cobertura, e, portanto, contribuem com pouca área edificada. O retorno máximo é proporcionado pela zona recente do Parque das Nações e Olivais, com um VAL no final dos 40 anos analisados de $431\ milhões\ de$ €.

Refere-se novamente que nem todo o potencial do parque edificado em Lisboa para instalação de coberturas verdes foi considerado nesta análise, uma vez que, por falta de informação, não foram incluídos os edifícios exclusivamente de serviços, tal como indicado na secção 4.2.5.

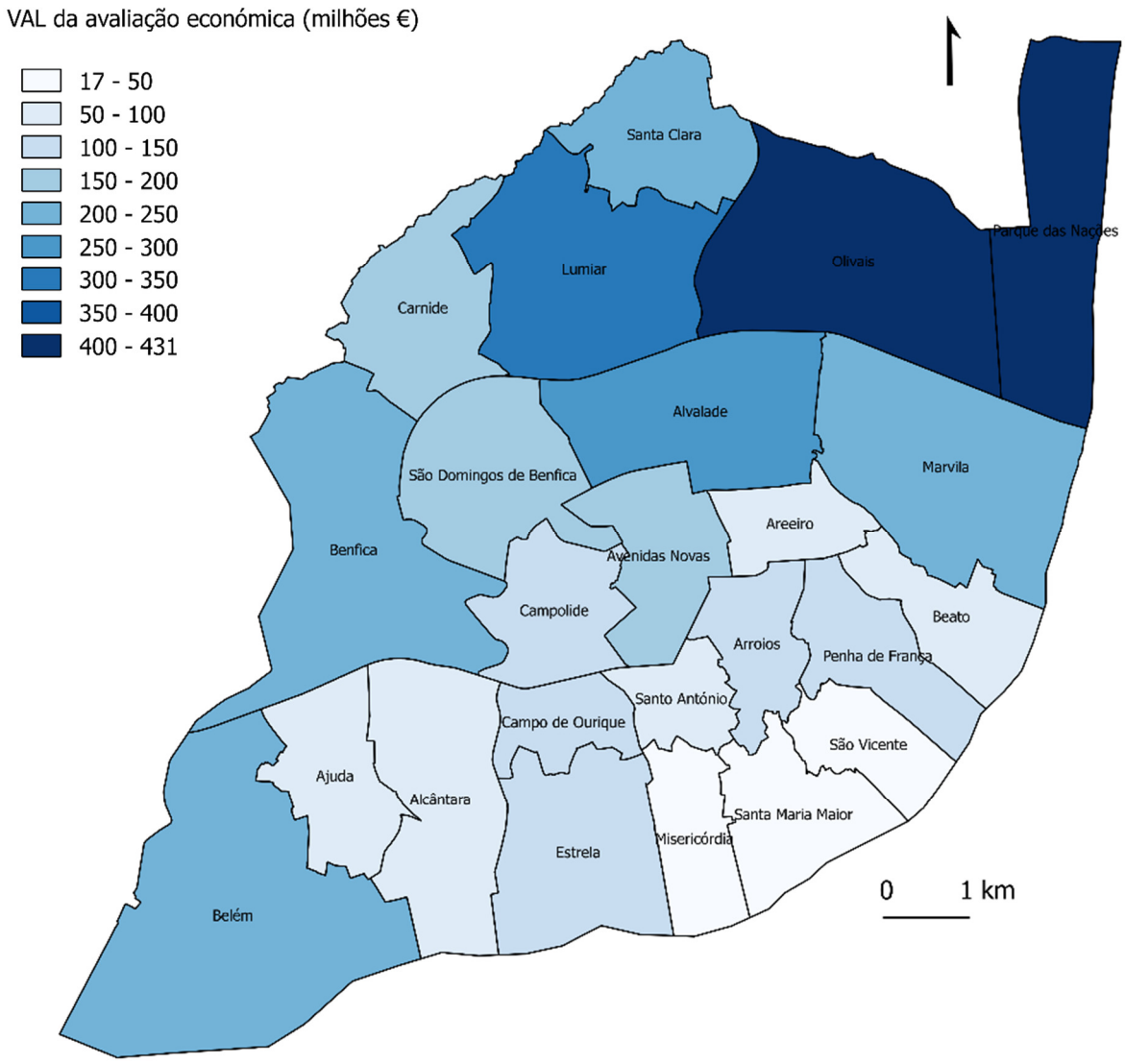


Figura 6.14 – Avaliação económica da instalação de coberturas verdes na cidade de Lisboa ao nível das freguesias

6.7. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Na realidade, os parâmetros da análise sofrem a influência de variáveis não controláveis, impostas quer pelo mercado quer pela própria natureza dos parâmetros em questão, o que gera um certo nível de incerteza nos resultados da avaliação económica. Mesmo a previsão destes fatores, ainda que baseada em séries históricas, pode falhar. A falta de informação acerca das condições de variabilidade dos parâmetros fundamenta uma previsão deficiente do comportamento futuro. Este aspeto é especialmente crítico no presente estudo, uma vez que as coberturas verdes constituem uma técnica recente à qual estão associadas diversas variáveis no presente. Entre os fatores que exercem alguma influência na decisão de investimento enumeram-se os seguintes: condições climáticas (temperatura ambiente, precipitação, etc.) que, tal como se comprovou através da literatura, condicionam diversos benefícios como o consumo energético e o risco de inundação; para além disso, com as alterações climáticas que se têm feito sentir, é provável que as presentes condições não se mantenham; condições

de mercado, mais associados a questões económicas que ambientais, que traduzem a variabilidade dos preços praticados no mercado, como o valor da mão-de-obra e o valor dos imóveis.

Deste modo, foi efetuada uma análise de sensibilidade com o objetivo de determinar o efeito da variação desses componentes no VAL do projeto e, consequentemente, comprovar os resultados da avaliação económica. A análise de sensibilidade consiste em fazer variar cada parâmetro individualmente, mantendo os restantes constantes, para determinar qual varia mais o VAL da análise socio-ambiental da instalação de coberturas verdes no concelho de Lisboa. Esta variação foi limitada a $\pm 15\%$, visto que percentagens superiores originariam resultados com uma variabilidade tal que não permitiria obter conclusões viáveis. Na Figura 6.15 estão apresentados os parâmetros analisados e a variação que estes, individualmente, implicam no VAL apresentado na secção 6.6, com base na Tabela IV. 1 do Anexo IV. Ao analisar a figura é possível concluir que aumento do valor do edifício, quer seja o valor comercial, estético, de lazer ou de melhoria do isolamento acústico, são as variáveis com maior influência no VAL. Isto é associado ao elevado valor dos imóveis em Lisboa, acrescido do facto de que o valor aumentado (exceto para o benefício de isolamento acústico) se refere a todo o edifício e não apenas aos alojamentos sob a cobertura. Tal como o valor da propriedade, dos seguintes parâmetros com maior influência destacam-se a taxa de atualização, sendo um valor que afeta todos os fluxos monetários da análise, e, portanto, com um peso igualmente considerável na determinação do VAL, e o aumento da qualidade do ar, que beneficia de ganhos elevados a partir da comercialização de carbono. Por último podem igualmente ser indicados como parâmetros relevantes na análise: os benefícios de aumento de criação de emprego e aumento do custo de instalação, manutenção e substituição, sendo que a influência dos restantes é pouco notória. Importa referir que os parâmetros taxa de atualização, consumo energético, custo de instalação, manutenção, substituição e demolição, e taxa de inflação da manutenção variam de modo inverso, ou seja, têm uma influência negativa no VAL. Este facto ocorre para a maioria destes parâmetros por constituírem custos, ou seja, quando aumentam causam prejuízo e reduzem o VAL. O facto do consumo de energia se incluir nesta categoria, sendo que de um modo geral representa um benefício, pode estar relacionado com os edifícios tipo do cenário 2, os quais têm maior expressividade na análise (contribuem com maior área de implantação) e resultam em prejuízo no consumo energético (o aumento das necessidades de arrefecimento supera a diminuição das necessidades de aquecimento). O custo de demolição provoca igualmente uma redução do VAL, ainda que se traduza num ganho, visto que representa um custo na categoria do aumento da vida útil da cobertura verde, isto é, um ganho não contabilizado.

A variação máxima obtida no VAL é de $5{,}49\%$, que corresponde a um valor aproximado de $188\ milhões\ de\ euros$ nos 40 anos analisados. Esta análise de sensibilidade permite comprovar que o VAL da avaliação não é indiferente à variabilidade dos parâmetros que integram a sua determinação e que a viabilidade do projeto pode ser comprometida por incertezas do comportamento no futuro de condições inerentes à análise, impossíveis de controlar ou prever.

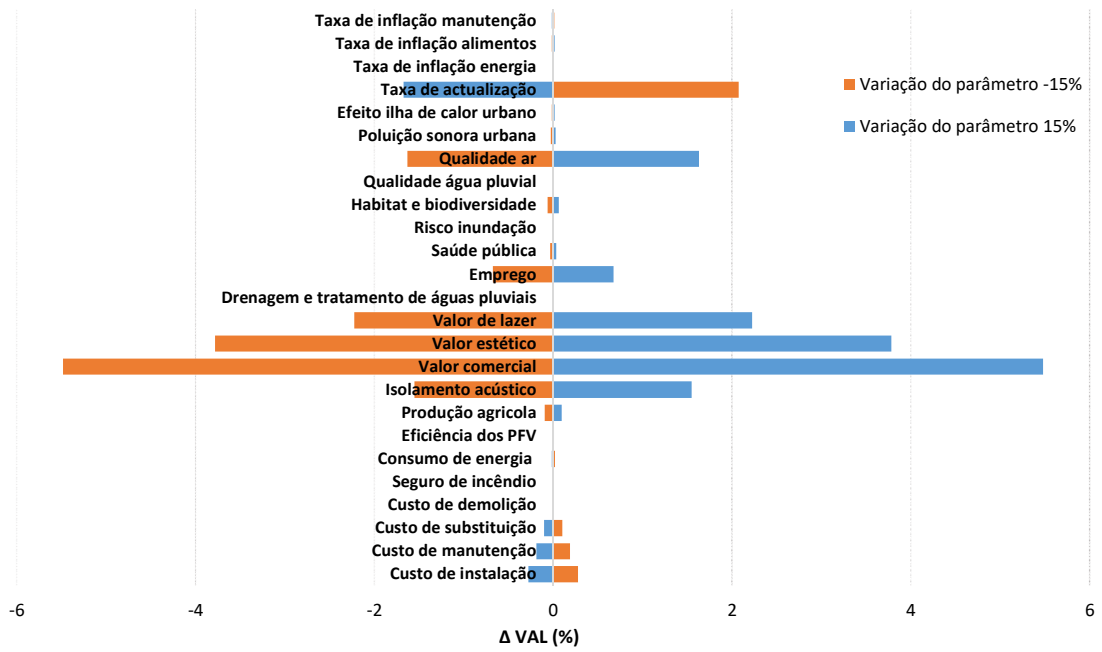


Figura 6.15 – Análise de sensibilidade dos parâmetros envolvidos na análise socio-ambiental

Para identificar as alternativas possíveis foi necessário definir as condições futuras e com base nessa estimativa equacionar o cenário mais provável de ocorrer. Para considerar as restantes incertezas do projeto foram ainda apresentados o cenário pessimista e o otimista para equacionar a pior e melhor situação possível. Enquanto o cenário pessimista considerou que todos os parâmetros variavam -15%, o cenário otimista considerou que, pelo contrário, todos variavam na melhor as hipóteses 15%. Note-se que, no caso dos parâmetros com influência negativa no resultado do VAL, ou seja, que quando diminuem aumentam esse valor, a variação tem sinal contrário. O cenário otimista, por sua vez, envolveu as considerações apresentadas a Tabela 6.8 que pretendem representar, de forma coerente, a previsão das condições futuras.

Tabela 6.8 – Parâmetros e respetiva variação da análise de sensibilidade (cenário mais provável)

	Parâmetro	Δ (%)	Considerações
Condições climáticas	Consumo de energia	**+15**	Tem vindo a diminuir nos últimos anos devido à sensibilização junto da população, porém associado a níveis não considerados na análise (ex: iluminação). A nível do conforto da temperatura ambiente, o consumo terá tendência para aumentar devido às alterações climáticas que resultam em eventos extremos de calor e frio. Para além de que o preço da energia também tende a aumentar.
	Efeito de ilha de calor	**+15**	Associada ao consumo de energia, pelo que considera a mesma variação, e ao potencial da área urbana para reduzir a temperatura ambiente.
	Drenagem e tratamento água pluvial	**+5**	As alterações climáticas resultam tendencialmente em eventos de intensa precipitação. Contudo as coberturas têm um limite de redução do escoamento (quando saturadas)
	Risco de inundação	**+10**	O aquecimento global implica o aumento do nível médio da água do mar, que afeta os sistemas de drenagem, especialmente no caso de Lisboa dado a sua proximidade ao rio Tejo, logo aumenta o risco de inundações e a necessidade de intervenções futuras nos sistemas de escoamento. Porém, tal como na drenagem e tratamento pluvial, impõe-se um limite representativo da capacidade de absorção de água pela cobertura.
	Qualidade da água pluvial e do ar	**+15**	O desenvolvimento dos países implica crescentes níveis de poluição dos ecossistemas, pelo que estes benefícios tendem em ser valorizados.
	Produção agrícola	**+15**	O aquecimento global e aumento da temperatura geram problemas na agricultura, de modo que se prevê um aumento do preço dos produtos.

Tabela 6.8 – Parâmetros e respetiva variação da análise de sensibilidade (cenário mais provável) (Continuação)

	Parâmetro	Δ (%)	Considerações
C. climáticas	Custo instalação, manutenção, substituição e demolição [1]	**-7,5**	Atualmente as coberturas verdes são um sistema inovador. À medida que a sua aplicação se torne mais comum, os conhecimentos na área evoluam e as técnicas se desenvolvam, permite reduzir o preço da mão-de-obra e dos projetos. Nota: o custo de demolição, contrariamente aos restantes, representa um benefício, logo é associado a uma variação positiva.
	Saúde	**+15**	A poluição atmosférica tem aumentado o número de problemas de saúde e, com o desenvolvimento, não se prevê reduções das emissões.
Condições de mercado	Valor comercial, estético e de lazer	**+7,5**	Desde 2013 que o valor dos imóveis tem vindo a aumentar. Prevê-se que esta tendência se mantenha, mas não continuadamente por poder atingir valores incomportáveis, daí se impor um limite.
	Emprego	**+15**	Consequência da crise económica, o desemprego é um problema atual, o que leva a valorizar este benefício.
	Taxa de atualização [1]	**-7,5**	Caso a instalação se tornasse comum, como já referido, a instalação de coberturas verdes poderia ser considerada um investimento de menor risco e, portanto, diminuir a taxa.
	Taxa de inflação	**+15**	Devido às crescentes preocupações ambientais da sociedade e políticas limitadoras, o preço da energia tem vindo a aumentar sem sinais de redução. O mesmo acontece para alimentos e manutenção da habitação.
Outro	Habitat, eficiência de PFV, vida útil, seguro incêndio, isolamento e poluição sonora	**0**	Por não ser possível determinar um cenário provável, foi assumido que os parâmetros não variavam de modo a não afetar a variabilidade da análise.

[1] Limitados porque dependem da adoção de coberturas verdes como prática corrente

Os resultados do VAL da análise socio-ambiental para os cenários otimista, pessimista e provável é apresentado na Figura 6.16. No cenário otimista, em que todas as alterações futuras são benéficas à viabilidade da instalação de coberturas verdes, o VAL aumenta aproximadamente 19%, logo o maior valor que se prevê ser possível de alcançar na análise socio-ambiental.

A partir do cenário pessimista, o pior VAL que se prevê obter sofre uma redução aproximada de 18%. Por último, o cenário provável indica valores plausíveis para esta análise de $3.694\ milhões$ €, e, portanto, mais próximo do cenário otimista. Este valor representa um aumento do VAL do cenário base em cerca de 10%, o que significa que se prevê que futuramente as coberturas verdes poderão ser mais vantajosas e atrativas. Isto é, ainda que dependente dos parâmetros e com retornos de capitais bastante distintos nas diversas simulações, o investimento em coberturas verdes revela-se viável.

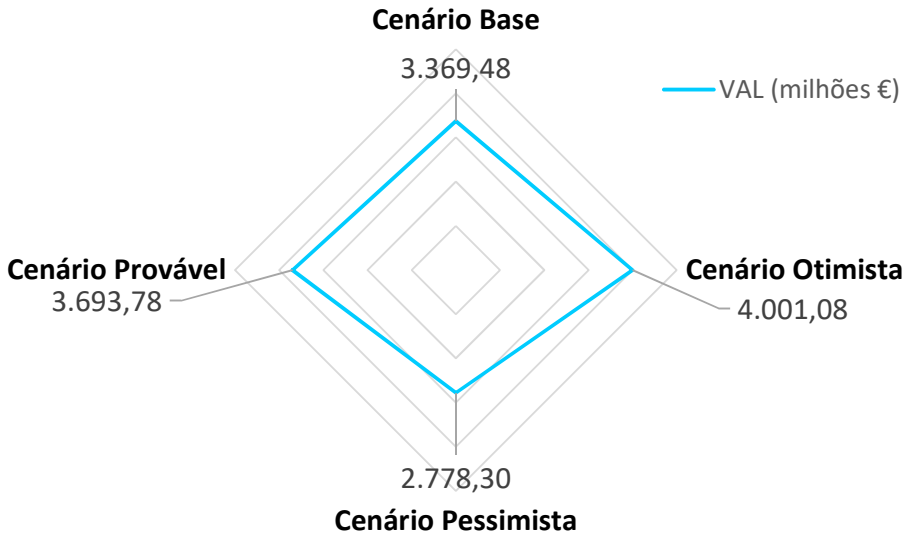


Figura 6.16 – VAL para os diferentes cenários considerados para a análise socio-ambiental em Lisboa

7. CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

7.1. CONCLUSÕES

A instalação de coberturas verdes revela-se um investimento não viável a nível financeiro, mas com ganhos evidentes tanto a nível económico como socio-ambiental. Neste contexto, a criação de incentivos e benefícios fiscais pode ser uma alternativa para tornar este projeto de investimento privado mais apelativo para os proprietários dos edifícios, de modo a que se possa usufruir de todos os restantes benefícios afetos à economia, sociedade e ambiente.

Para o investidor, as economias não superam os custos e, como tal, a instalação da cobertura verde pode gerar prejuízos como retorno final, ao fim de 40 anos, até $68{,}18$ e $106{,}60\ €/m^2$ para coberturas extensivas e intensivas, respetivamente. A nível económico e socio-ambiental os ganhos são semelhantes, no entanto, os últimos apenas se manifestam caso a instalação de coberturas verdes seja realizada de um modo intensivo. Em ambos os níveis a instalação pode gerar ganhos até $1.193{,}22$ e $5.143{,}45\ €/m^2$ para coberturas extensivas e intensivas, respetivamente.

As coberturas verdes intensivas são a tipologia que confere maiores vantagens para a avaliação económica, ainda que seja, de igual forma, a que apresenta maior despesa para os proprietários dos edifícios. Apesar do seu potencial, este facto indicia que a sua adoção será mais dificultada, para além de que a sua aplicação requer edifícios com maiores exigências de capacidade de carga. Sendo Lisboa uma cidade de construção antiga, essas estruturas constituem uma parcela diminuta do parque edificado. As coberturas verdes extensivas, aplicáveis a uma maior diversidade de estruturas, resultam em menores custos para o investidor, mas também menores ganhos a nível urbano. Nesse sentido, uma vez que para que o público geral possa usufruir dos benefícios das coberturas verdes é necessário que exista um investimento privado, não se deve exigir apenas a instalação de coberturas intensivas. Deve-se, aliás, proceder a uma aplicação equitativa entre ambos os tipos para considerar a vertente individual e a vertente da sociedade, não esquecendo ainda as características dos edifícios e a existência de soluções mistas, as coberturas semi-intensivas que não foram abordadas nesta dissertação.

A instalação em edifícios destinados para habitação gera maiores ganhos que em edifícios de serviços, enquanto a pendente da cobertura não influência, de forma significativa, a viabilidade do projeto, ainda que tenha uma influência considerável no retorno para o investidor privado.

A substituição para coberturas verdes em contexto de reabilitação é a que proporciona maiores vantagens e, a nível do concelho de Lisboa, a que mais contribui para o valor atual líquido positivo no final do período de análise de 40 anos, visto que os edifícios antigos têm uma grande expressividade nesta área urbana. Caso a análise contabilizasse apenas os edifícios recentes e, portanto, os previamente aptos para a receção de coberturas verdes, os ganhos totais constituiriam apenas $8{,}7\ \%$ do potencial total do concelho de aproximadamente $3.369\ milhões\ €$.

Com a consciencialização atual e consequente valorização de soluções sustentáveis, as coberturas verdes acabam por ser projetos de maior viabilidade económica. No entanto, é a valorização da propriedade onde é instalada a cobertura, quer seja uma valorização do foro comercial, estético, de lazer ou por melhorias do conforto acústico, dos parâmetros que mais contribuem para o resultado da

avaliação. Através de uma análise de sensibilidade com a variação de parâmetros em $\pm 15\%$, concluiu-se que os mesmos podem provocar variações no VAL entre $1{,}5$ e $5{,}5\%$.

Os resultados do presente estudo indicam que as coberturas verdes são uma solução inovadora e viável para zonas intensamente urbanizadas, como a cidade de Lisboa. No entanto, para que a decisão de investimento seja facilitada, esta deve ter por base um estudo de viabilidade que se aproxime o máximo possível da realidade, a partir de cenários e simulações sólidas. Obter estimativas realistas dos fluxos monetários associados ao ciclo de vida das coberturas verdes em Portugal, mais especificamente na cidade de Lisboa, resultou num processo complexo e cheio de incertezas. Assim, não é possível garantir que o lucro seja realmente obtido. Nesse sentido, qualquer decisão sobre a instalação, ou não, de coberturas verdes, ainda que se possa basear nos resultados desta dissertação, deverá contabilizar todos os pressupostos assumidos e condicionalismos referidos, que podem ser diferentes para situações distintas, lembrando ainda que os valores estabelecidos são indicadores médios e que, portanto, cada caso é um caso e que, situações com condições à partida semelhantes, poderão apresentar viabilidades económicas distintas.

7.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

O fato de não serem contabilizados os edifícios exclusivamente de serviços na análise efetuada limitou o potencial da instalação de coberturas verdes em Lisboa. Estes edifícios, por corresponderem tipicamente a grandes superfícies, iriam beneficiar de mais vantagens económicas, na medida em que o custo de instalação para coberturas com áreas superiores seria inferior. Na sequência desta avaliação económica poderia ser interessante fazer um estudo semelhante, aplicado à cidade de Lisboa, que incida especificamente no parque edificado com utilização única de prestação de serviços. Sugere-se igualmente um estudo semelhante que considere a aplicação de coberturas verdes em edifícios novos, que poderão beneficiar de algumas sinergias, nomeadamente durante a instalação.

Uma das principais dificuldades desta dissertação consistiu na recolha dos valores integrantes na avaliação económica da instalação de coberturas verdes comparativamente às coberturas tradicionais. Foram feitas diversas considerações, devidamente justificadas, e muitos dos valores foram baseados na recolha de dados a partir de pesquisas realizadas em outros países. A falta de informação, concretamente para Portugal, e a incerteza associada a muitos benefícios proporcionados pelas coberturas verdes, determina um certo nível de desconfiança nos resultados apresentados. Para promover a redução dos riscos associados ao investimento, devem ser promovidas mais investigações no sentido de reduzir a incerteza associada aos parâmetros envolvidos na análise, tendo por base os resultados da análise de sensibilidade, cujo objetivo é restringir a complexidade dessas análises e limitar a elaboração desses estudos. Estas pesquisas deverão quantificar os benefícios das coberturas verdes, consolidar e determinar limites de variabilidade para os mesmos, especificamente em Portugal de modo a terem em consideração características típicas do nosso país, as quais são difíceis de fazer corresponder a estudos efetuados em condições diferentes.

Por último sugere-se a realização de uma avaliação económica em contexto urbano, semelhante à avaliação feita, mas avaliando o impacto ao nível das freguesias, fazendo variar os pressupostos da análise em função da localização da cobertura no concelho de Lisboa, de uma forma mais específica. Isto porque, dados como o valor dos imóveis, variam bastante a esse nível e não foram contabilizados neste estudo.

REFERÊNCIAS

PUBLICAÇÕES ESCRITAS – DECRETOS-LEI, PORTARIAS, DISSERTAÇÕES, LIVROS E ARTIGOS CIENTÍFICOS:

Akbary, H. (2005). Energy Saving Potentials and Air Quality Benefits of Urban Heat Island Mitigation. *Solar Energy*, 1–19. http://doi.org/DE-AC02-05CH11231

Arroyo, P., Tommelein, I. D., Ballard, G., Rumsey, P. (2015). *Choosing By Advantages: a Case Study for Selecting an Hvac System for a Net Zero Energy Museum*. *Energy and Buildings*. Elsevier B.V. http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.10.023

Ascione, F., Bianco, N., de' Rossi, F., Turni, G., Vanoli, G. P. (2013). Green roofs in European climates. Are effective solutions for the energy savings in air-conditioning? *Applied Energy*, *104*, 845–859. http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.11.068

Berardi, U., GhaffarianHoseini, A., GhaffarianHoseini, A. (2014). State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs. *Applied Energy*, *115*, 411–428. http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.10.047

Bianchini, F., Hewage, K. (2012a). How «green» are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials. *Building and Environment*, *48*, 57–65. http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.08.019

Bianchini, F., Hewage, K. (2012b). Probabilistic social cost-benefit analysis for green roofs: A lifecycle approach. *Building and Environment*, *58*, 152–162. http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.07.005

Blackhurst, M., Hendrickson, C., Asce, D. M., Matthews, H. S., Asce, A. M. (2010). Cost-Effectiveness of Green Roofs, (December). http://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000022

Bozorg Chenani, S., Lehvävirta, S., Häkkinen, T. (2015). Life cycle assessment of layers of green roofs. *Journal of Cleaner Production*, *90*, 153–162. http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.070

Branco, F., Ferreira, J., Correia, J. R. (2016). A evolução das construções. *IST*, 186–198.

Breuning, J. (2008). Fire & wind on extensive green roofs. *In Proceedings of the Sixth Annual Greening Rooftops for Sustainable Communities Conference Awards and Trade Show 2008 Conference Proceedings*, 1–6.

Carter, T., Keeler, A. (2008). Life-cycle cost–benefit analysis of extensive vegetated roof systems. *Journal of Environmental Management*, *87*(3), 350–363. http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.01.024

Chemisana, D., Lamnatou, C. (2014). Photovoltaic-green roofs: An experimental evaluation of system performance. *Applied Energy*, *119*, 246–256. http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.12.027

Chen, H., Ooka, R., Huang, H., Tsuchiya, T. (2009). Study on mitigation measures for outdoor thermal environment on present urban blocks in Tokyo using coupled simulation. *Building and Environment*, *44*(11), 2290–2299. http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.03.012

Claus, K., Rousseau, S. (2012). Public versus private incentives to invest in green roofs: A cost benefit analysis for Flanders. *Urban Forestry & Urban Greening*, *11*(4), 417–425. http://doi.org/10.1016/j.ufug.2012.07.003

Clemants, S., Marinelli, J., Moore, G., Peters, E., Dunne, N., Blackburn, J. (2006). Green Roofs and Biodiversity. *URBANhabitats*, *4*(1). Obtido de http://www.urbanhabitats.org/v04n01/urbanhabitats_v04n01_pdf.pdf

Coelho, A. (2014). *Manutenção de coberturas verdes Apoio ao projeto Construção e Reabilitação*. Instituto Superior Técnico.

Connelly, M., Hodgson, M. (2008). *Thermal and Acoustical Performance of Green Roofs: Sound Transmission Loss of Green Roofs*. *Greening Rooftops for Sustainable Communities*.

Connelly, M., Hodgson, M. (2013). Experimental investigation of the sound transmission of vegetated roofs. *Applied Acoustics*, *74*(10), 1136–1143. http://doi.org/10.1016/j.apacoust.2013.04.003

Connelly, M., Hodgson, M. (2015). Experimental investigation of the sound absorption characteristics of vegetated roofs. *Building and Environment*, *92*, 335–346. http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.04.023

DCLG. (2013). *Fire Performance of Green Roofs and Walls*.

DeNardo, J. C., Jarrett, A. R., Manbeck, H. B., Beattie, D. J., Berghage, R. D. (2003). Stormwater Detention and Retention Abilities of Green Roofs. *Transactions of the Americn Society of Agricultural Engineers*, *48*(4), 1491–1496.

Deutsch, B., Whitlow, H., Sullivan, M., Savineau, a. (2005). Re-GreeningWashington, DC: a green roof vision based on environmental benefits for air quality and storm water management. *Proc. of 3rd North American Green Roof Conference: Greening Rooftops for Sustainable Communities, Washington, DC.*

DG PRCE - Unidade responsável pela avaliação DG Politica Regional Comissão Europeia. (2003). *Manual de análise de custos e benefícios dos projectos de investimento*.

Fernández, F. J., Alvarez-Vázquez, L. J., García-Chan, N., Martínez, A., Vázquez-Méndez, M. E. (2015). Optimal location of green zones in metropolitan areas to control the urban heat island. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, *289*, 412–425. http://doi.org/10.1016/j.cam.2014.10.023

Fioretti, R., Palla, A., Lanza, L. G., Principi, P. (2010). Green roof energy and water related performance in the Mediterranean climate. *Building and Environment*, *45*(8), 1890–1904. http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.03.001

FLL. (2008). *Guidelines for the Planning , Construction and Maintenance of Green Roofing - Green Roofing Guideline*.

Getter, K. L., Rowe, D. B., Andresen, J. A., Wichman, I. S. (2011). Seasonal heat flux properties of an extensive green roof in a Midwestern U.S. climate. *Energy and Buildings*, *43*(12), 3548–3557. http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.09.018

Getter, K. L., Rowe, D. B., Robertson, G. P., Cregg, B. M., Andresen, J. A. (2009). Carbon Sequestration Potential of Extensive Green Roofs. *Environmental Science & Technology*, *43*(19), 7564–7570. http://doi.org/10.1021/es901539x

Gill, S. E., Handley, J. F., Ennos, A. R., Pauleit, S. (2007). Adapting cities for climate change: The role of the green infrastructure. *Built Environment*, *33*(1), 115–133. http://doi.org/10.2148/benv.33.1.115

Grant, G., Engleback, L., Nicholson, B. (2003). *Green Roofs: their existing status and potential for conserving biodiversity in urban areas. English Nature*.

GSA (General Services Administration). (2011). *A Report of the United States General Services Administration The Benefits and Challenges of Green Roofs on Public and Commercial Buildings*. Obtido de http://www.gsa.gov/portal/mediaId/158783/fileName/The_Benefits_and_Challenges_of_Green_Roofs_on_Public_and_Commercial_Buildings.action

Hashemi, S. S. G., Mahmud, H. Bin, Ashraf, M. A. (2015). Performance of green roofs with respect to water quality and reduction of energy consumption in tropics: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *52*, 669–679. http://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.163

Hopkins, G., Goodwin, C. (2011). *Living Architecture - Green Roofs and Walls*. CSIRO Publishing.

Hui, S. C. M., Chan, S. C. (2011). Integration of green roof and solar photovoltaic systems. *Joint Symposium 2011: Integrated Building Design in the New Era of Sustainability*, *2011*(November), 1–12.

Jaffal, I., Ouldboukhitine, S.-E., Belarbi, R. (2012). A comprehensive study of the impact of green

roofs on building energy performance. *Renewable Energy*, *43*, 157–164. http://doi.org/10.1016/j.renene.2011.12.004

Köhler, M., Schmidt, M., Grimme, F. W., Laar, M., Paiva, V. L. D. A., Tavares, S. (2002). Green roofs in temperate climates and in the hot-humid tropics – far beyond the aesthetics. *Environmental Management and Health*, *13*(4), 382–391. http://doi.org/10.1108/09566160210439297

Köhler, M., Wiartalla, W., Feige, R. (2007). Interaction between PV-systems and extensive green roofs. *Fifth Annual Greening Rooftops for Sustainable Communities Conference, Awards and Trade Show*, 1–16. Obtido de http://www.worldgreenroof.org/files/pdf/Manfred-KoehlerMinneapolisPV.pdf

Kosareo, L., Ries, R. (2007). Comparative environmental life cycle assessment of green roofs. *Building and Environment*, *42*(7), 2606–2613. http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.06.019

Kuhn, M. E., Peck, S. W. (2003). Design guidelines for green roofs. *City*, 22. Obtido de http://www.cmhc.ca/en/inpr/bude/himu/coedar/loader.cfm?url=/commonspot/security/getfile.cfm&PageID=70146

Lagström, J. (2004). Do Extensive Green Roofs Reduce Noise? *International Green Roof Institute*, *10*(1), 40.

Landmann, M. C., Ribeiro, H., Deák, C. (2007). Uma proposta metodológica para estimar o custo da poluição do ar nas análises de viabilidade de sistemas de transportes urbanos. *Transportes*, *15*(1), 42–49.

Liu, K., Baskaran, B. (2003). Thermal performance of green roofs through field evaluation. *Proceedings of the First Annual International Green Roofs Conference: Greening Rooftops for Sustainable Comunities.*, 10. Obtido de http://archive.nrc-cnrc.gc.ca/obj/irc/doc/pubs/nrcc46412/nrcc46412.pdf

Luo, H., Liu, X., Anderson, B. C., Zhang, K., Li, X., Huang, B., … Jiang, M. (2015). Carbon sequestration potential of green roofs using mixed-sewage-sludge substrate in Chengdu World Modern Garden City. *Ecological Indicators*, *49*, 247–259. http://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.10.016

Mentens, J., Raes, D., Hermy, M. (2006). Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? *Landscape and Urban Planning*, *77*(3), 217–226. http://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2005.02.010

Miraglia, S. G. E. K., Gouveia, N. (2014). Custos da poluição atmosférica nas regiões metropolitanas brasileiras. *Ciência & Saúde Coletiva*, *19*(10), 4141–4147. http://doi.org/10.1590/1413-812320141910.09232014

Nagengast, A., Hendrickson, C., Scott Matthews, H. (2013). Variations in photovoltaic performance due to climate and low-slope roof choice. *Energy and Buildings*, *64*, 493–502. http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.05.009

Nardini, A., Andri, S., Crasso, M. (2012). Influence of substrate depth and vegetation type on temperature and water runoff mitigation by extensive green roofs: Shrubs versus herbaceous plants. *Urban Ecosystems*, *15*(3), 697–708. http://doi.org/10.1007/s11252-011-0220-5

Ng, E., Chen, L., Wang, Y., Yuan, C. (2012). A study on the cooling effects of greening in a high-density city: An experience from Hong Kong. *Building and Environment*, *47*(1), 256–271. http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.07.014

Niachou, A., Papakonstantinou, K., Santamouris, M., Tsangrassoulis, A., Mihalakakou, G. (2001). Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance. *Energy and Buildings*, *33*(7), 719–729. http://doi.org/10.1016/S0378-7788(01)00062-7

Niu, H., Clark, C., Zhou, J., Adriaens, P. (2010). Scaling of Economic Benefits from Green Roof Implementation in Washington, DC. *Environmental science & technology*, *44*(11), 4302–4308.

Nurmi, V., Votsis, A., Perrels, A., Lehvävirta, S. (2013). Cost-benefit analysis of green roofs in urban areas : case study in Helsinki, 1–71.

Oliveira, F. (2015). *Estudo de estratégias e tecnologias de climatização para atingir Edifícios nZEB*. Faculdade de Engenharia - Universidade do Porto.

Olivieri, F., Di Perna, C., D'Orazio, M., Olivieri, L., Neila, J. (2013). Experimental measurements and numerical model for the summer performance assessment of extensive green roofs in a Mediterranean coastal climate. *Energy and Buildings*, *63*, 1–14. http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.03.054

Payne, L. L., Mowen, A. J., Orsega-Smith, E. (2002). An Examination of Park Preferences and Behaviors Among Urban Residents: The Role of Residential Location, Race, and Age. *Leisure Sciences*, *24*(2), 181–198. http://doi.org/10.1080/01490400252900149

Peck, S. (2003). The green roof infrastructure monitor. *Green Roofs for Healthy Cities*, *5*(1), 1–13.

Pérez, G., Vila, A., Rincón, L., Solé, C., Cabeza, L. F. (2012). Use of rubber crumbs as drainage layer in green roofs as potential energy improvement material. *Applied Energy*, *97*, 347–354. http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.11.051

Perez, M., Wight, N., Fthenakis, V., Ho, C. (2012). Green-Roof Integrated Pv Canopies — an Empirical Study and Teaching Tool for Low Income Students in the South Bronx. *Wref*, (1), 1–7.

Peri, G., Traverso, M., Finkbeiner, M., Rizzo, G. (2012). The cost of green roofs disposal in a life cycle perspective: Covering the gap. *Energy*, *48*(1), 406–414. http://doi.org/10.1016/j.energy.2012.02.045

Refahi, A. H., Talkhabi, H. (2015). Investigating the effective factors on the reduction of energy consumption in residential buildings with green roofs. *Renewable Energy*, *80*, 595–603. http://doi.org/10.1016/j.renene.2015.02.030

Rosenfeld, A. H., Akbari, H., Romm, J. J., Pomerantz, M. (1998). Cool communities: strategies for heat island mitigation and smog reduction. *Energy and Buildings*, *28*(1), 51–62. http://doi.org/10.1016/S0378-7788(97)00063-7

Rosenzweig, C., Solecki, W., Slosberg, R. (2006). Mitigating New York City's heat island with urban forestry, living roofs, and light surfaces. *86th AMS Annual Meeting*, 5. Obtido de http://www.giss.nasa.gov/research/news/20060130/103341.pdf

Rowe, D. B. (2011). Green roofs as a means of pollution abatement. *Environmental Pollution*, *159*(8-9), 2100–2110. http://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.10.029

Sailor, D. J. (2008). A green roof model for building energy simulation programs. *Energy and Buildings*, *40*(8), 1466–1478. http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.02.001

Saiz, S., Kennedy, C., Bass, B., Pressnail, K. (2006). Comparative Life Cycle Assessment of Standard and Green Roofs, *40*(13), 4312–4316. http://doi.org/10.1021/es0517522

Santamouris, M. (2014). Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. *Solar Energy*, *103*, 682–703. http://doi.org/10.1016/j.solener.2012.07.003

Santamouris, M., Pavlou, C., Doukas, P., Mihalakakou, G., Synnefa, A., Hatzibiros, A., Patargias, P. (2007). Investigating and analysing the energy and environmental performance of an experimental green roof system installed in a nursery school building in Athens, Greece. *Energy*, *32*(9), 1781–1788. http://doi.org/10.1016/j.energy.2006.11.011

Sato, N., Loh, K., Silva, I. (2012). *Caracterização da refletância de superfícies externas de coberturas e paredes*. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Universidade Federal de Juiz de Fora. 3159-3167.

Scheuer, C., Keoleian, G. A., Reppe, P. (2003). Life cycle energy and environmental performance of a new university building: Modeling challenges and design implications. *Energy and Buildings*, *35*(10), 1049–1064. http://doi.org/10.1016/S0378-7788(03)00066-5

Silva, C. M., Flores-Colen, I., Coelho, A. (2015). Green roofs in Mediterranean areas – Survey and maintenance planning. *Building and Environment*, *94*, 131–143. http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.07.029

Silva, C. M., Gomes, M. G., Silva, M. (2016). Green Roofs Energy Performance in Mediterranean Climate. *Energy and Buildings*, *116*, 318–320. http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.01.012

Smith, K. R., Roebber, P. J. (2011). Green roof mitigation potential for a proxy future climate scenario in Chicago, Illinois. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, *50*(3), 507–522. http://doi.org/10.1175/2010JAMC2337.1

Sproul, J., Wan, M. P., Mandel, B. H., Rosenfeld, A. H. (2014). Economic comparison of white, green, and black flat roofs in the United States. *Energy and Buildings*, *71*, 20–27. http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.11.058

Steusloff, S. (1998). Input and output of airborne aggressive substances on green roofs in Karlsruhe. *Urban Ecology*, 144–148. http://doi.org/10.1007/978-3-642-88583-9_24

Sun, C. Y., Lee, K. P., Lin, T. P., Lee, S. H. (2012). Vegetation as a Material of Roof and City to Cool down the Temperature. *Advanced Materials Research*, *461*, 552–556. http://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.461.552

Tan, P., Sia, A. (2005). A pilot green roof research project in Singapore. *Third Annual Greening Rooftops for Sustainable Communities Conference*, 1–13. Obtido de http://repository.binus.ac.id/2009-2/content/R0586/R058647596.pdf

Theophilou, M. K., Serghides, D. (2015). Estimating the characteristics of the Urban Heat Island Effect in Nicosia, Cyprus, using multiyear urban and rural climatic data and analysis. *Energy and Buildings*, *108*, 137–144. http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.08.034

Tomalty, R., Komorowski, B., Doiron, D. (2010). The Monetary Value of the Soft Benefits of Green Roofs. Final Report Prepared for: Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC). Obtido de http://www.greenroofs.org/resources/Monetary_Value_of_Soft_Benefits_of_Green_Roofs.pdf

Ugai, T. (2016). Evaluation of Sustainable Roof from Various Aspects and Benefits of Agriculture Roofing in Urban Core. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *216*(October 2015), 850–860. http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.12.082

Van Renterghem, T., Botteldooren, D. (2008). Numerical evaluation of sound propagating over green roofs. *Journal of Sound and Vibration*, *317*(3-5), 781–799. http://doi.org/10.1016/j.jsv.2008.03.025

Van Renterghem, T., Botteldooren, D. (2011). In-situ measurements of sound propagating over extensive green roofs. *Building and Environment*, *46*(3), 729–738. http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.10.006

Van Renterghem, T., Botteldooren, D. (2014). Influence of rainfall on the noise shielding by a green roof. *Building and Environment*, *82*, 1–8. http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.07.025

Van Renterghem, T., Hornikx, M., Forssen, J., Botteldooren, D. (2013). The potential of building envelope greening to achieve quietness. *Building and Environment*, *61*, 34–44. http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.12.001

VanWoert, N. D., Rowe, D. B., Andresen, J. A., Rugh, C. L., Fernandez, R. T., Xiao, L. (2005). Green Roof Stormwater Retention. *Journal of Environment Quality*, *34*(3), 1036. http://doi.org/10.2134/jeq2004.0364

Vijayaraghavan, K. (2016). Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *57*, 740–752. http://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.119

Vijayaraghavan, K., Joshi, U. M. (2014). Can green roof act as a sink for contaminants? A methodological study to evaluate runoff quality from green roofs. *Environmental Pollution*, *194*, 121–129. http://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.07.021

Vijayaraghavan, K., Joshi, U. M. (2015). Application of seaweed as substrate additive in green roofs: Enhancement of water retention and sorption capacity. *Landscape and Urban Planning*, *143*, 25–32. http://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.06.006

Villarreal, E. L., Bengtsson, L. (2005). Response of a Sedum green-roof to individual rain events. *Ecological Engineering*, *25*(1), 1–7. http://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2004.11.008

Wong, N. H., Cheong, D. K. W., Yan, H., Soh, J., Ong, C. L., Sia, A. (2003). The effects of rooftop garden on energy consumption of a commercial building in Singapore. *Energy and Buildings*, *35*(4), 353–364. http://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00108-1

Yang, J., Yu, Q., Gong, P. (2008). Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. *Atmospheric Environment*, *42*(31), 7266–7273. http://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.07.003

Zinzi, M., Agnoli, S. (2012). Cool and green roofs. An energy and comfort comparison between passive cooling and mitigation urban heat island techniques for residential buildings in the Mediterranean region. *Energy and Buildings*, *55*, 66–76. http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.09.024

Despacho (extrato) nº15793-I/2013, Diário da República, 2ª Série – Nº 234 – 3 de Dezembro de 2013

Diário da República, 1.ª Série, n.º 216, Lei n.º 56/2012 (Reorganização administrativa de Lisboa). Acedido a 25/11/2012

Portaria 353/2013, Diário da República, 1ª Série – Nº 235 – 4 de Dezembro de 2013

PÁGINAS DA *INTERNET*:

AdVT. (2016). Site das Águas de Lisboa e Vale do Tejo, http://adlvt.pt/, acedido a 25 de Agosto.

APA. (2016). *Site* da Agência Portuguesa do Ambiente, http://www.apambiente.pt/, acedido a 2 de Março.

CityFarmer. (2016). Disponível em http://www.cityfarmer.org/greenpotential.html, acedido a 16 de Agosto.

CML. (2016). Sítio da Câmara Municipal de Lisboa, http://www.cm-lisboa.pt/, acedido a 16 de Agosto.

Columbia Green Technologies (2016). *Site* da Columbia Green Technologies, http://columbia-green.com/, acedido a 13 de Julho.

Continente. (2016). Site do Continente, https://www.continente.pt/pt-pt/public/Pages/homepage.aspx, acedido a 17 de Setembro.

eCycle. (2016). *Site* da eCycle, http://www.ecycle.com.br/component/content/article/63/2375, acedido a 2 de Março.

EFB. (2016). *Site* da EFB – European Federation of Green Roof Associations, http://www.efb-greenroof.eu/verband/fachbei/fa01_englisch.html, acedido a 10 de Maio.

e-konomista. (2016). Disponível em http://www.e-konomista.pt/artigo/o-que-e-o-premio-de-risco-e-como-o-calcular/, acedido a acedido a 23 de Setembro.

ERSE. (2016). Site da Entidade Reguladora de Serviços Energéticos, https://www.portaldocidadao.pt/web/entidade-reguladora-dos-servicos-energeticos/entidade-reguladora-dos-servicos-energeticos, acedido a 8 de Agosto.

FCUL. (2016). Disponível em http://solar.fc.ul.pt/faq.htm, acedido a 16 de Agosto.

Geodados. (2016). Disponível em http://geodados.cm-lisboa.pt/, acedido a 26 de Setembro.

Geogis. (2016). Disponível em http://geogis.webnode.pt/shapefile/, acedido a 26 de Setembro.

Gerador de Preços (2016). *Site* do Gerador de Preços. Portugal, http://www.geradordeprecos.info/obra_nova/Coberturas/Planas/Nao_acessiveis__nao_ventiladas/QAD050_Cobertura_verde__sistema_Urbanscape.html, acedido a 12 de Julho.

GHG Protocol. (2016). Disponível em https://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwifs8OC6JzPAhUOsBQKHV2rACQQFggbMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ghgprotocol.org%2Ffiles%2Fghgp%2Ftools%2FGlobal-Warming-Potential-Values.pdf&usg=AFQjCNEOWKLvAiftnlv_GiE4M1vSRs9jqg&bvm=bv.133178914,d.d24&cad=rja, acedido a 8 de Agosto

Green PSF (2016). *Site* da Green per square foot, http://knowledgecenter.greenpsf.com/, acedido a 12 de Julho.

Greensulate. (2016). *Site* da Greensulate, http://www.slideshare.net/poplarnetwork/introduction-to-green-roofs, acedido a 20 de Abril.

Green Roof Technology. (2016). *Site* da Green Roof Technology – form and function, http://www.greenrooftechnology.com/ , acedido a 20 de Abril.

Idealista. (2016). Site do Idealista, https://www.idealista.pt/comprar-casas/, acedido a 8 de Agosto.

IGRA. (2016). *Site* da International Green Roof Association, http://www.igra-world.com/types_of_green_roofs/, acedido a 20 de Abril.

INE. (2016). Site do Instituto Nacional de Estatística, https://www.ine.pt/, acedido em Agosto.

Investing. (2016). Disponível em http://br.investing.com/commodities/carbon-emissions-historical-data, acedido a 8 de Agosto.

Jornal de Negócios. (2016). Disponível em http://www.jornaldenegocios.pt/opiniao/economistas/detalhe/os_verdadeiros_custos_da_poluicao_do_ar.html, acedido a 15 de Setembro.

Lisboa E-Nova. (2016). *Site* da Lisboa E-Nova – Agência de Energia e Ambiente de Lisboa, http://lisboaenova.org/, acedido a 16 de Agosto.

LNEC. (2016). Disponível em http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/evol_tipol.html, acedido a 23 de Setembro.

Neoturf. (2016). *Site* da Neoturf, http://www.neoturf.pt, acedido a 20 de Abril.

OkTeleseguros. (2016). Site da OkTeleseguros, https://www.okteleseguros.pt/, acedido a 8 de Agosto.

Optigreen. (2016). *Site* da Optigreen, http://www.optigreen.co.uk/system-solutions/, acedido a 20 de Abril.

PORTDATA. (2016). Site da PORDATA, http://www.pordata.pt/, acedido em Agosto.

ProDeR. (2016). Disponível em https://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj-nOXAjJjPAhVGGhQKHYw9CFQQFggdMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.proder.pt%2FResourcesUser%2FDocumentos_Diversos%2F221%2FProdutividades_minimas_fisica_de_refer%25C3%25AAncia_17_Jan_2011.pdf&usg=AFQjCNHBZop6RjZPc68oyblZGKj5RFYGSQ, acedido a 16 de Agosto.

Rumo Sustentável. (2016). *Site* de Rumo Sustentável, http://www.rumosustentavel.com.br/sustentabilidade-como-estrate%CC%81gia-para-o-sucesso-empresarial-um-caso-aplicado-pela-faber-castell/, acedido a 2 de Março.

Sapo. (2016). Disponível em http://ionline.sapo.pt/482949, acedido a 15 de Setembro.

SIG. (2016). *Site* da SIG Design Technology, http://www.singleply.co.uk/how-much-will-a-green-roof-weigh-2015/, acedido a 20 de Abril.

SustententArqui (2016). *Site* de SustentArqui, http://sustentarqui.com.br/urbanismo-paisagismo/telhados-verdes-sao-sustentaveis/, acedido a 16 de Dezembro de 2016.

The green roof centre. (2016). *Site* da The green roof centre, http://www.thegreenroofcentre.co.uk/green_roofs/, acedido a 4 de Maio.

Vegetal i.D. (2016a). *Site* da Vegetal i.D. Green innovation for smart cities, http://www.vegetalid.com/, acedido a 20 de Abril.

Vegetal i.D: (2016b). *Site* da Vegetal i.D., http://www.vegetalid.us, acedido a 16 de Abril.

ZinCo. (2016). *Site* de ZinCo Life on Roofs, http://www.zinco.pt/, acedido a 20 de Abril.

ANEXOS

ANEXO I – CARACTERIZAÇÃO DO PARQUE HABITACIONAL EM LISBOA

Tabela I. 1 – Restruturação dos limites territoriais das freguesias de Lisboa

Freguesias Antigas	Freguesias Novas
Ajuda	Ajuda
Alcântara	Alcântara
Alvalade; Campo Grande; São João de Brito	Alvalade
Alto da Pina; São João de Deus	Areeiro
Anjos; Pena; São Jorge de Arroios	Arroios
Nossa Senhora de Fátima; São Sebastião da Pedreira	Avenidas Novas
Beato	Beato
Santa Maria de Belém; São Francisco Xavier	Belém
Benfica	Benfica
Santa Isabel; Santo Condestável	Campo de Ourique
Campolide	Campolide
Carnide	Carnide
Lapa; Prazeres; Santos-o-Velho	Estrela
Lumiar	Lumiar
Marvila	Marvila
Encarnação; Mercês; Santa Catarina; São Paulo	Misericórdia
Santa Maria dos Olivais	Olivais*
-	Parque das Nações**
Penha de França; São João	Penha de França
Ameixoeira; Charneca	Santa Clara
Castelo; Madalena; Mártires; Sacramento; Santa Justa; Santiago; Santo Estêvão; São Cristóvão e São Lourenço; São Miguel; São Nicolau; Sé; Socorro	Santa Maria Maior
Coração de Jesus; São José; São Mamede	Santo António
São Domingos de Benfica	São Domingos de Benfica
Graça; Santa Engrácia; São Vicente de Fora	São Vicente

* Parte da área a antiga freguesia Santa Maria dos Olivais; ** Parte da área de Moscavide, Sacavém (Loures) e Santa Maria dos Olivais

Tabela I. 2 – Utilização dos edifícios de Lisboa (INE, 2016)

Total	52 496
Edifício exclusivamente residencial (100%)	41 245
Edifício principalmente residencial (de 50 a 90%)	10 133
Edifício principalmente não residencial (até 49%)	1 118

Tabela I. 3 – Área media dos alojamentos de Lisboa (INE, 2016)

		Escalão de área útil em alojamentos familiares clássicos de residência habitual (m^2)				
	Total	< 30	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 79
Edifícios (nº)	237247	8930	12603	18464	23625	48942
Área média (m^2)	21421257	267900	434804	821648	1287563	3401469
		80 - 99	100 - 119	120 - 149	150 - 199	>200
Edifícios (nº)	237247	43790	30597	26340	15515	8441
Área média (m^2)	21421257	3919205	3350372	3542730	2707368	1688200
Área média (m^2)	**90**					

Tabela I. 4 – Área de implantação de edifícios de habitação em Lisboa

Edifícios (nº)	Alojamentos (nº)	Aloj / edif	Alojamentos familiares clássicos de residência habitual		
			Alojamentos (nº)	Área construída (m^2)	m^2 / alojamento
52 496	323 981	6,17	237 247	21 421 257	90

Tabela I.4 – Área de implantação de edifícios de habitação em Lisboa (Continuação)

Área edifício (m^2)	Nº pisos	Área implantação (m^2)	Área total Habitação (m^2)
557	4	149	7 842 507

Tabela I. 5 – Caraterização dos edifícios de Lisboa (tipo de cobertura e estrutura) (INE, 2016)

	Edifícios	Tipo de cobertura				Tipo de estrutura				
		Terraço	Inclinada (telhas/betão)	Inclinada (outros)	Mista	Betão armado	Paredes alvenaria c/ placa	Paredes alvenaria s/ placa	Paredes alvenaria pedra	Outros
Total	52496	4732	43858	1650	2256	22139	11222	17328	1160	647
até 1919	10279	18	9971	268	22	0	0	9136	850	293
1919-1945	9747	153	9258	183	153	1850	2800	4687	222	188
1946-1960	13149	611	11954	188	396	5987	4800	2263	31	68
1961-1970	6965	715	5472	324	454	4645	1528	769	7	16
1971-1980	4335	604	3019	310	402	3146	947	209	5	28
1981-1990	2136	597	1231	143	165	1705	367	52	2	10
1991-1995	1171	286	665	53	167	952	188	29	1	1
1996-2000	1751	571	918	89	173	1421	230	56	29	15
2001-2005	1700	717	737	47	199	1441	182	69	3	5
2006-2011	1263	460	633	45	125	992	180	58	10	23

Tabela I. 6 – Necessidades de reparação na estrutura (INE, 2016)

	Necessidades de reparação na estrutura				
	Nenhuma	Pequena	Média	Grande	Muito grande
Total	27208	13938	6601	2850	1899
até 1919	3354	2733	1950	1199	1043
1919-1945	3944	2898	1609	839	457
1946-1960	7128	3919	1475	425	202
1961-1970	3893	2061	776	164	71
1971-1980	2497	1175	464	135	64
1981-1990	1512	431	151	25	17
1991-1995	911	209	38	11	2
1996-2000	1332	291	70	31	27
2001-2005	1431	191	59	17	2
2006-2011	1206	30	9	4	14

Tabela I. 7 – Necessidades de reparação na cobertura (INE, 2016)

	Necessidades de reparação na cobertura				
	Nenhuma	Pequena	Média	Grande	Muito grande
Total	26113	14097	7499	2897	1890
até 1919	3263	2806	2035	1153	1022
1919-1945	3836	2926	1721	826	438
1946-1960	6710	3697	1988	521	233
1961-1970	3628	2246	832	186	73
1971-1980	2373	1208	565	126	63
1981-1990	1445	524	118	30	19
1991-1995	884	196	71	18	2
1996-2000	1324	293	88	26	20
2001-2005	1446	173	72	5	4
2006-2011	1204	28	9	6	16

Construção Pré-Pombalina
Paredes resistentes de alvenaria de pedra argamassada, incluindo restos de madeira, telha, entre outros; Cantarias (nos edifícios classificados), tabiques, taipa ou adobe. Cobertura inclinada com estrutura em madeira de suporte revestida por um tabuado onde assenta o telhado (telhas de canudo). Presente tipicamente nos bairros históricos (áreas antigas de Lisboa) – Bairro Alto, Alfama, Mouraria e Castelo.

1755

Construção Pombalina – Gaiola
Paredes resistentes de alvenaria de pedra argamassada. Cobertura com estrutura em madeira, com existência de águas furtadas. Predominante na Baixa de Lisboa e nas zonas a noroeste da cidade.

1880

Construção Gaioleira
Paredes exteriores em alvenaria (mestras em alvenaria de pedra e resistentes em tijolo maciço). Cobertura inclinada com estrutura em madeira revestida por telha Marselha, com existência de águas furtadas. Presente nas áreas norte e poente, principalmente nas Avenidas Almirante Reis, da Liberdade, da República, de Ressano Garcia e Alameda.

1940

Construção Mista
Paredes resistentes de alvenaria e pavimentos em betão armado. A partir de 1950 começam a surgir estruturas integralmente em betão armado. Cobertura inclinada com estrutura em madeira revestida por telhas e coberturas em terraço de betão armado. Tipicamente no Arco do cego, Alvalade, Boavista, Lumiar, Pontinha, Serafina, Benfica, Olivais Norte, Restelo, Ajuda e Furnas.

1960

Construção em Betão Armado
Estrutura porticada em betão armado (pilares e vigas). Paredes resistentes em betão armado nos edifícios de maior altura (núcleo de elevadores). Coberturas inclinadas de betão ou com estrutura de madeira revestidas a telha e coberturas em terraço. A partir de 1990 começa a ser incorporado isolamento, mais usual após 2006. Presente na Portela, Olivais, Restelo, Lumiar, Luz, Benfica, Telheiras e Chelas.

Figura I. 1 – Evolução das características estruturais dos edifícios em Lisboa (Branco et al., 2016; LNEC, 2016)

ANEXO II – FLUXOS MONETÁRIOS: APLICAÇÃO A LISBOA

Tabela II. 1 – Custo de instalação de coberturas €/m² (Gerador de Preços, 2016)

Cobertura verde				Cobertura tradicional								
Extensiva				Estrutura de madeira			Muretes sobre laje betão			Pendente de laje betão		
Espessura isolamento	0 cm	4 cm	8 cm	0 cm	4 cm	8 cm	0 cm	4 cm	8 cm	0 cm	4 cm	8 cm
Acessível (0º)	95,94	106,25	110,22	-			-	81,9	92,55	-		
Não acessível (5º)	105,88	107,19	111,16	64,95	87,57	97,53	85,46	92,02	94,62	45,96	54,44	59,27
Não acessível (20º)	108,56	109,87	113,84	64,98	87,60	97,56	87,05	93,62	96,21	45,98	54,46	59,29
Não acessível (35º)	241,85	239,15	243,12	65,33	87,67	97,63	89,09	95,93	98,52	46,05	54,8	58,91
Intensiva				-			-	81,9	92,55	-		
Acessível (0º)	126,33	136,64	140,61									
Semi-intensiva				-			-	81,9	92,55	-		
Acessível (0º)	107,62	109,14	113,11									

Tabela II. 2 – Custo de manutenção decenal de coberturas €/m² (Gerador de Preços, 2016)

Cobertura verde				Cobertura tradicional								
Extensiva				Estrutura de madeira			Muretes sobre laje betão			Pendente de laje betão		
Espessura isolamento	0 cm	4 cm	8 cm	0 cm	4 cm	8 cm	0 cm	4 cm	8 cm	0 cm	4 cm	8 cm
Acessível (0º)	30,22	33,47	34,72	-			-	27,03	30,54	-		
Não acessível (5º)	33,35	33,76	35,02	21,43	28,9	32,18	28,2	30,37	31,22	15,17	17,97	19,56
Não acessível (20º)	34,2	34,61	35,86	21,44	28,91	32,19	28,73	30,89	31,75	15,17	17,97	19,57
Não acessível (35º)	76,18	75,33	76,58	21,56	28,93	32,33	29,4	31,66	32,51	15,2	18,08	19,68
Intensiva				-			-	27,03	30,54	-		
Acessível (0º)	107,00	115,73	119,1									
Semi-intensiva				-			-	27,03	30,54	-		
Acessível (0º)	101,78	103,21	106,97									

Tabela II. 4 – Custo de demolição de coberturas €/m² (Gerador de Preços, 2016)

Cobertura Verde Extensiva			Cobertura tradicional		
Isolamento	Sem	Com	0 cm	4 cm	8 cm
Acessível (0º)	14,94	15,6	20,06	20,71	
Inclinada	-		22,84		
Cobertura Verde Intensiva			20,06	20,71	
Acessível (0º)	15,6	16,24			
Cobertura Verde Semi-Intensiva			20,06	20,71	
Acessível (0º)	14,94	15,6			

Tabela II. 3 – Seguro de habitação em Lisboa (OkTeleseguros, 2016)

	Seguro (€/ano) – imóvel de 100 m²								
Apartamento	1900 - 1959	65,85	68,76	76,87	80,32	71,34	74,53	76,87	80,32
	1960 - 1991	65,85	68,76	76,87	80,32	71,34	74,53	76,87	80,32
	1992 - 1996	63,12	65,91	73,61	76,93	68,35	71,4	73,61	76,93
	1997 - 2001	60,84	63,43	70,87	74,01	65,85	68,76	70,87	74,01
	2002 - 2006	58,17	60,64	67,58	70,57	62,85	65,58	67,58	70,57
	2007 - 2011	55,86	58,22	64,83	67,67	60,32	62,93	64,83	67,67
	partir 2012	53,18	55,36	61,61	64,26	57,4	59,84	61,61	64,26
Moradia	1900 - 1959	54,14	56,42	62,76	65,53	58,45	60,97	62,76	65,53
	1960 - 1991	54,14	56,42	62,76	65,53	58,45	60,97	62,76	65,53
	1992 - 1996	51,81	53,95	59,98	62,51	55,87	58,25	59,98	62,51
	1997 - 2001	50,15	52,22	57,97	60,4	54,06	56,3	57,97	60,4
	2002 - 2006	47,77	49,72	55,17	57,48	51,47	53,58	55,17	57,48
	2007 - 2011	46,05	47,94	53,16	55,36	49,63	51,64	53,16	55,36
	partir 2012	44,4	46,13	51,13	53,26	47,77	49,72	51,13	53,26

Tabela II. 6 – Potencial lucro do cultivo de produtos agrícolas (ProDeR, 2016)

	Produtividade ton/(ha/ano)	Produtividade Biológica [1] ton/(ha/ano)	Preço €/kg	Lucro €/(m²/ano)
Tomate	34,00	27,20	1,09	2,96
Feijão-verde	10,00	8,00	2,30	1,84
Milho	1,50	1,20	1,89	0,23
Abobora	30,00	24,00	2,69	6,46
Feijão	0,50	0,40	3,98	0,16
Morangos	17,00	13,60	3,58	4,87
Melancias	24,00	19,20	0,99	1,90
Alface	15,00	12,00	1,69	2,03
Brócolos	10,00	8,00	2,49	1,99
Pepino	60,00	48,00	1,29	6,19
Repolho	20,00	16,00	0,79	1,26
Melão	8,00	6,40	1,49	0,95
Framboesa	2,00	1,60	15,92	2,55
Amora	6,00	4,80	18,32	8,79
Cenoura	24,00	19,20	0,64	1,23

[1] A ProDeR indica que no modo de produção biológica, os valores indicados devem ser reduzidos em 20%

Tabela II. 5 – Índice de preços no consumidor (INE, 2016)

	Eletricidade	Gás	Frutas	Produtos hortícolas	Manutenção habitação
2015	109,15	100,53	110,4	108,4	99,83
2014	105,43	106,50	104,0	106,3	99,87
2013	102,80	105,16	112,9	112,3	100,45
2012	100,00	100,00	100,0	100,0	100,00
2011	86,42	91,94	101,8	102,4	97,48
2010	79,67	82,12	100,8	103,8	94,45
2009	77,25	74,43	97,6	95,4	93,53
2008	74,15	80,39	102,2	99,8	91,82
2007	71,46	76,03	98,9	105,3	89,02
2006	67,84	75,30	96,0	99,3	86,33
2005	66,89	68,71	95,6	91,9	83,13
2004	65,35	60,48	97,1	94,9	80,22

Tabela II. 7 – Valor de venda estimado para os imóveis em Lisboa (habitação e serviços) (Idealista, 2016)

Habitação		Escritórios		Lojas		Serviços	
Nº imóveis	Preço €/m²	Nº imóveis	Preço €/m²	Nº imóveis	Preço €/m²	Nº imóveis	Preço €/m²
7.340	3.318	566	2.141	1.750	2.091	2.316	2.103

ANEXO III – ANÁLISE FINANCEIRA, ECONÓMICA E SOCIO-AMBIENTAL

Tabela III. 1 - Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 1 (€/m²)

	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Financeira	Instalação	-41,49																				41,49
	Manutenção											-12,09										-14,52
	Sub. vegetação									-10,80								-10,80				
	Sub. drenagem																					
	Demolição																					-5,12
	Seguro incêndio		0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Aquecimento		0,96	1,01	1,06	1,11	1,16	1,22	1,28	1,34	1,41	1,48	1,55	1,62	1,70	1,79	1,88	1,97	2,06	2,16	2,27	2,38
	Arrefecimento		-0,21	-0,22	-0,23	-0,24	-0,25	-0,27	-0,28	-0,29	-0,31	-0,32	-0,34	-0,36	-0,37	-0,39	-0,41	-0,43	-0,45	-0,47	-0,50	-0,52
	Eficiência PFV		0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17
	CF	-41,49	0,88	0,92	0,96	1,01	1,05	1,10	1,15	-9,59	1,26	-10,77	1,38	1,45	1,52	1,59	1,66	-9,06	1,82	1,91	2,00	23,94
	CFA	-41,49	0,81	0,79	0,76	0,74	0,72	0,69	0,67	-5,18	0,63	-4,99	0,59	0,57	0,56	0,54	0,52	-2,64	0,49	0,48	0,46	5,14
	CFA Acum	-41,49	-40,68	-39,89	-39,12	-38,38	-37,67	-36,97	-36,30	-41,48	-40,85	-45,84	-45,25	-44,67	-44,11	-43,57	-43,05	-45,69	-45,20	-44,72	-44,26	-39,12
Económica	CF Financeira	-41,49	0,88	0,92	0,96	1,01	1,05	1,10	1,15	-9,59	1,26	-10,77	1,38	1,45	1,52	1,59	1,66	-9,06	1,82	1,91	2,00	23,94
	Isol. sonoro	126,19																				
	Valor comercial	294,45																				
	Valor estético	294,45																				
	CF	673,60	0,88	0,92	0,96	1,01	1,05	1,10	1,15	-9,59	1,26	-10,77	1,38	1,45	1,52	1,59	1,66	-9,06	1,82	1,91	2,00	23,94
	CFA	673,60	0,81	0,79	0,76	0,74	0,72	0,69	0,67	-5,18	0,63	-4,99	0,59	0,57	0,56	0,54	0,52	-2,64	0,49	0,48	0,46	5,14
	CFA Acum	673,60	674,41	675,20	675,97	676,71	677,42	678,12	678,79	673,61	674,24	669,25	669,84	670,42	670,98	671,52	672,04	669,40	669,89	670,37	670,83	675,97
Socio-Ambiental	CF Económica	673,60	0,88	0,92	0,96	1,01	1,05	1,10	1,15	-9,59	1,26	-10,77	1,38	1,45	1,52	1,59	1,66	-9,06	1,82	1,91	2,00	23,94
	Drenagem AR		0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
	Emprego		8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19
	Saúde		0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
	Risco inundação		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01					
	Criação habitat		0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
	Qualidade água		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Qualidade ar		15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89
	Poluição sonora		1,85					1,97					1,88									
	Ilha de calor		0,10	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,20	0,21	0,23	0,24	0,25
	CF	673,60	27,79	25,99	26,03	26,08	26,14	28,16	26,25	15,51	26,37	14,35	28,39	26,58	26,66	26,74	26,82	16,10	26,99	27,09	27,19	49,15
	CFA	673,60	25,73	22,28	20,67	19,17	17,79	17,75	15,32	8,38	13,19	6,65	12,17	10,56	9,80	9,10	8,45	4,70	7,29	6,78	6,30	10,54
	CFA Acum	673,60	699,33	721,61	742,28	761,45	779,24	796,99	812,30	820,68	833,87	840,52	852,69	863,25	873,05	882,15	890,61	895,30	902,60	909,38	915,68	926,22

Tabela III. 1 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 1 (€/m²) - Continuação

	Ano	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Financeira	Instalação																				-41,49
	Manutenção										-12,09										-12,09
	Sub. vegetação				-10,80								-10,80								-10,80
	Sub. drenagem				-16,03																
	Demolição																				5,12
	Seguro incêndio	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Aquecimento	2,50	2,62	2,75	2,88	3,03	3,17	3,33	3,49	3,66	3,84	4,03	4,23	4,44	4,65	4,88	5,12	5,37	5,64	5,91	6,20
	Arrefecimento	-0,55	-0,57	-0,60	-0,63	-0,66	-0,69	-0,73	-0,76	-0,80	-0,84	-0,88	-0,93	-0,97	-1,02	-1,07	-1,12	-1,18	-1,23	-1,29	-1,36
	Eficiência PFV	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,27	0,28	0,29	0,31	0,32	0,34	0,36	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45
	CF	2,19	2,30	2,41	-24,31	2,64	2,77	2,90	3,04	3,19	-8,75	3,50	-7,13	3,85	4,04	4,23	4,43	4,65	4,87	5,11	-53,90
	CFA	0,44	0,42	0,41	-3,83	0,39	0,37	0,36	0,35	0,34	-0,87	0,32	-0,61	0,30	0,29	0,29	0,28	0,27	0,26	0,25	-2,48
	CFA Acum	-38,69	-38,26	-37,85	-41,69	-41,30	-40,93	-40,56	-40,21	-39,87	-40,74	-40,41	-41,02	-40,72	-40,42	-40,14	-39,86	-39,59	-39,33	-39,07	-41,55
Econó	CF Financeira	2,19	2,30	2,41	-24,31	2,64	2,77	2,90	3,04	3,19	-8,75	3,50	-7,13	3,85	4,04	4,23	4,43	4,65	4,87	5,11	-53,90
	Isol. sonoro																				
	Valor comercial																				

Tabela III. 1 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 1 (€/m²) - Continuação

	Ano	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Econó	Valor estético																				
	CF	2,19	2,30	2,41	-24,31	2,64	2,77	2,90	3,04	3,19	-8,75	3,50	-7,13	3,85	4,04	4,23	4,43	4,65	4,87	5,11	-53,90
	CFA	0,44	0,42	0,41	-3,83	0,39	0,37	0,36	0,35	0,34	-0,87	0,32	-0,61	0,30	0,29	0,29	0,28	0,27	0,26	0,25	-2,48
	CFA Acum	676,40	676,83	677,24	673,40	673,79	674,16	674,53	674,88	675,22	674,35	674,68	674,07	674,37	674,67	674,95	675,23	675,50	675,76	676,02	673,54
Socio-Ambiental	CF Económica	2,19	2,30	2,41	-24,31	2,64	2,77	2,90	3,04	3,19	-8,75	3,50	-7,13	3,85	4,04	4,23	4,43	4,65	4,87	5,11	-53,90
	Drenagem AR	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
	Emprego	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19
	Saúde	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
	Risco inundação																				
	Criação habitat	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
	Qualidade água	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Qualidade ar	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89
	Poluição sonora																				
	Ilha de calor	0,26	0,27	0,29	0,30	0,32	0,33	0,35	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,51	0,53	0,56	0,59	0,62	0,65
	CF	27,41	27,52	27,65	0,95	27,91	28,05	28,20	28,36	28,52	16,61	28,88	18,27	29,26	29,47	29,69	29,92	30,16	30,41	30,68	-28,30
	CFA	5,44	5,06	4,71	0,15	4,08	3,79	3,53	3,29	3,06	1,65	2,66	1,56	2,31	2,15	2,01	1,87	1,75	1,63	1,53	-1,30
	CFA Acum	931,67	936,73	941,44	941,59	945,66	949,46	952,99	956,27	959,34	960,99	963,64	965,20	967,51	969,66	971,67	973,54	975,29	976,93	978,45	977,15

Tabela III. 2 - Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 2 (€/m²)

	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Financeira	Instalação	-41,49																				41,49
	Manutenção											-12,09										-14,52
	Sub. vegetação									-10,80								-10,80				
	Sub. drenagem																					
	Demolição																					-5,12
	Seguro incêndio		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
	Aquecimento		0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,29	0,30	0,32	0,33	0,35	0,37	0,38	0,40	0,42
	Arrefecimento		-0,62	-0,65	-0,68	-0,72	-0,75	-0,79	-0,83	-0,87	-0,91	-0,95	-1,00	-1,05	-1,10	-1,15	-1,21	-1,27	-1,33	-1,40	-1,47	-1,54
	Eficiência PFV		0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17
	CF	-41,49	-0,29	-0,31	-0,33	-0,35	-0,37	-0,39	-0,42	-11,24	-0,47	-12,58	-0,52	-0,55	-0,58	-0,62	-0,65	-11,49	-0,73	-0,77	-0,81	21,00
	CFA	-41,49	-0,27	-0,26	-0,26	-0,26	-0,25	-0,25	-0,24	-6,07	-0,23	-5,83	-0,22	-0,22	-0,21	-0,21	-0,21	-3,35	-0,20	-0,19	-0,19	4,50
	CFA Acum	-41,49	-41,76	-42,02	-42,28	-42,54	-42,79	-43,04	-43,28	-49,36	-49,59	-55,42	-55,64	-55,86	-56,08	-56,29	-56,49	-59,85	-60,04	-60,23	-60,42	-55,92
Económica	CF Financeira	-41,49	-0,29	-0,31	-0,33	-0,35	-0,37	-0,39	-0,42	-11,24	-0,47	-12,58	-0,52	-0,55	-0,58	-0,62	-0,65	-11,49	-0,73	-0,77	-0,81	21,00
	Isol. sonoro	199,86																				
	Valor comercial	464,52																				
	Valor estético	464,62																				
	CF	1.087,51	-0,29	-0,31	-0,33	-0,35	-0,37	-0,39	-0,42	-11,24	-0,47	-12,58	-0,52	-0,55	-0,58	-0,62	-0,65	-11,49	-0,73	-0,77	-0,81	21,00
	CFA	1.087,51	-0,27	-0,26	-0,26	-0,26	-0,25	-0,25	-0,24	-6,07	-0,23	-5,83	-0,22	-0,22	-0,21	-0,21	-0,21	-3,35	-0,20	-0,19	-0,19	4,50
	CFA Acum	1.087,51	1.087,24	1.086,98	1.086,72	1.086,46	1.086,21	1.085,96	1.085,72	1.079,64	1.079,41	1.073,58	1.073,36	1.073,14	1.072,92	1.072,71	1.072,51	1.069,15	1.068,96	1.068,77	1.068,58	1.073,08
Socio-Ambiental	CF Económica	1.087,51	-0,29	-0,31	-0,33	-0,35	-0,37	-0,39	-0,42	-11,24	-0,47	-12,58	-0,52	-0,55	-0,58	-0,62	-0,65	-11,49	-0,73	-0,77	-0,81	21,00
	Drenagem AR		0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
	Emprego		8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19
	Saúde		0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
	Risco inundação		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01					
	Criação habitat		0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
	Qualidade água		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Qualidade ar		15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89
	Poluição sonora		1,85					1,97					1,88									
	Ilha de calor		0,10	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,20	0,21	0,23	0,24	0,25
	CF	1.087,51	26,62	24,76	24,74	24,73	24,71	26,66	24,68	13,86	24,64	12,53	26,48	24,58	24,56	24,53	24,51	13,67	24,44	24,41	24,38	46,20
	CFA	1.087,51	24,65	21,23	19,64	18,18	16,82	16,80	14,40	7,49	12,33	5,80	11,36	9,76	9,03	8,35	7,73	3,99	6,61	6,11	5,65	9,91
	CFA Acum	1.087,51	1.112,16	1.133,39	1.153,03	1.171,20	1.188,02	1.204,83	1.219,23	1.226,72	1.239,04	1.244,85	1.256,21	1.265,97	1.275,00	1.283,35	1.291,07	1.295,06	1.301,67	1.307,78	1.313,43	1.323,34

Tabela III. 2 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 2 (€/m²) - Continuação

	Ano	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Financeira	Instalação																				-41,49
	Manutenção										-14,52										-14,52
	Sub. vegetação				-10,80								-10,80								-10,80
	Sub. drenagem				-16,03																
	Demolição																				5,12
	Seguro incêndio	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
	Aquecimento	0,44	0,46	0,49	0,51	0,54	0,56	0,59	0,62	0,65	0,68	0,71	0,75	0,79	0,82	0,86	0,91	0,95	1,00	1,05	1,10
	Arrefecimento	-1,61	-1,69	-1,78	-1,86	-1,95	-2,05	-2,15	-2,26	-2,37	-2,48	-2,60	-2,73	-2,87	-3,01	-3,15	-3,31	-3,47	-3,64	-3,82	-4,01
	Eficiência PFV	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,27	0,28	0,29	0,31	0,32	0,34	0,36	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45
	CF	-0,90	-0,95	-1,00	-27,88	-1,11	-1,17	-1,23	-1,29	-1,36	-15,95	-1,51	-12,38	-1,67	-1,75	-1,84	-1,94	-2,04	-2,14	-2,25	-64,05
	CFA	-0,18	-0,17	-0,17	-4,40	-0,16	-0,16	-0,15	-0,15	-0,15	-1,59	-0,14	-1,06	-0,13	-0,13	-0,12	-0,12	-0,12	-0,11	-0,11	-2,95
	CFA Acum	-56,10	-56,27	-56,44	-60,84	-61,00	-61,16	-61,31	-61,46	-61,61	-63,19	-63,33	-64,39	-64,52	-64,65	-64,77	-64,89	-65,01	-65,12	-65,24	-68,18
Económica	CF Financeira	-0,90	-0,95	-1,00	-27,88	-1,11	-1,17	-1,23	-1,29	-1,36	-15,95	-1,51	-12,38	-1,67	-1,75	-1,84	-1,94	-2,04	-2,14	-2,25	-64,05
	Isol. sonoro																				
	Valor comercial																				
	Valor estético																				
	CF	-0,90	-0,95	-1,00	-27,88	-1,11	-1,17	-1,23	-1,29	-1,36	-15,95	-1,51	-12,38	-1,67	-1,75	-1,84	-1,94	-2,04	-2,14	-2,25	-64,05
	CFA	-0,18	-0,17	-0,17	-4,40	-0,16	-0,16	-0,15	-0,15	-0,15	-1,59	-0,14	-1,06	-0,13	-0,13	-0,12	-0,12	-0,12	-0,11	-0,11	-2,95
	CFA Acum	1.072,90	1.072,73	1.072,56	1.068,16	1.068,00	1.067,84	1.067,69	1.067,54	1.067,39	1.065,81	1.065,67	1.064,61	1.064,48	1.064,35	1.064,23	1.064,11	1.063,99	1.063,88	1.063,76	1.060,82
Socio-Ambiental	CF Económica	-0,90	-0,95	-1,00	-27,88	-1,11	-1,17	-1,23	-1,29	-1,36	-15,95	-1,51	-12,38	-1,67	-1,75	-1,84	-1,94	-2,04	-2,14	-2,25	-64,05
	Drenagem AR	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
	Emprego	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19
	Saúde	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
	Risco inundação																				
	Criação habitat	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
	Qualidade água	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Qualidade ar	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89
	Poluição sonora																				
	Ilha de calor	0,26	0,27	0,29	0,30	0,32	0,33	0,35	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,51	0,53	0,56	0,59	0,62	0,65
	CF	24,31	24,28	24,24	-2,63	24,16	24,12	24,07	24,02	23,97	9,40	23,87	13,01	23,75	23,68	23,62	23,55	23,48	23,40	23,32	-38,46
	CFA	4,83	4,47	4,13	-0,41	3,53	3,26	3,01	2,78	2,57	0,93	2,20	1,11	1,87	1,73	1,60	1,47	1,36	1,26	1,16	-1,77
	CFA Acum	1.328,17	1.332,63	1.336,76	1.336,35	1.339,87	1.343,14	1.346,15	1.348,93	1.351,51	1.352,44	1.354,64	1.355,74	1.357,62	1.359,35	1.360,95	1.362,42	1.363,78	1.365,04	1.366,20	1.364,43

Tabela III. 3 - Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 3 (€/m²)

	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Financeira	Instalação	-29,34																				29,34
	Manutenção											-8,03										-9,64
	Sub. vegetação									-10,80								-10,80				
	Sub. drenagem																					
	Demolição																					-5,11
	Seguro incêndio		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	Aquecimento		0,76	0,80	0,84	0,88	0,92	0,97	1,01	1,06	1,11	1,17	1,23	1,29	1,35	1,42	1,48	1,56	1,63	1,71	1,80	1,89
	Arrefecimento		-0,51	-0,53	-0,56	-0,59	-0,62	-0,65	-0,68	-0,71	-0,75	-0,78	-0,82	-0,86	-0,91	-0,95	-1,00	-1,05	-1,10	-1,15	-1,21	-1,27
	Eficiência PFV		0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17
	CF	-29,34	0,37	0,39	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	-10,30	0,52	-7,49	0,57	0,59	0,62	0,65	0,68	-10,09	0,74	0,77	0,81	15,43
	CFA	-29,34	0,34	0,33	0,32	0,31	0,30	0,29	0,28	-5,57	0,26	-3,47	0,24	0,23	0,23	0,22	0,21	-2,95	0,20	0,19	0,19	3,31
	CFA Acum	-29,34	-29,00	-28,67	-28,35	-28,04	-27,74	-27,45	-27,18	-32,74	-32,48	-35,95	-35,71	-35,47	-35,25	-35,03	-34,81	-37,76	-37,56	-37,37	-37,18	-33,87
Económica	CF Financeira	-29,34	0,37	0,39	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	-10,30	0,52	-7,49	0,57	0,59	0,62	0,65	0,68	-10,09	0,74	0,77	0,81	15,43
	Valor comercial	294,45																				
	Valor estético	294,45																				
	CF	559,56	0,37	0,39	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	-10,30	0,52	-7,49	0,57	0,59	0,62	0,65	0,68	-10,09	0,74	0,77	0,81	15,43
	CFA	559,56	0,34	0,33	0,32	0,31	0,30	0,29	0,28	-5,57	0,26	-3,47	0,24	0,23	0,23	0,22	0,21	-2,95	0,20	0,19	0,19	3,31
	CFA Acum	559,56	559,90	560,23	560,55	560,86	561,16	561,45	561,72	556,16	556,42	552,95	553,19	553,43	553,65	553,87	554,09	551,14	551,34	551,53	551,72	555,03

Tabela III. 3 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 3 (€/m²) - Continuação

	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Socio-Ambiental	CF Económica	559,56	0,37	0,39	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	-10,30	0,52	-7,49	0,57	0,59	0,62	0,65	0,68	-10,09	0,74	0,77	0,81	15,43
	Drenagem AR		0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
	Emprego		8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19
	Saúde		0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
	Risco inundação		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01					
	Criação habitat		0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
	Qualidade água		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Qualidade ar		15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89
	Poluição sonora		1,85					1,97					1,88									
	Ilha de calor		0,10	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,20	0,21	0,23	0,24	0,25
	CF	559,56	27,28	25,45	25,47	25,50	25,52	27,51	25,57	14,80	25,63	17,63	27,57	25,72	25,76	25,79	25,83	15,06	25,91	25,95	26,00	40,63
	CFA	559,56	25,26	21,82	20,22	18,74	17,37	17,34	14,92	8,00	12,82	8,17	11,82	10,22	9,47	8,78	8,14	4,40	7,00	6,49	6,02	8,72
	CFA Acum	559,56	584,82	606,64	626,86	645,61	662,97	680,31	695,23	703,23	716,05	724,22	736,04	746,26	755,73	764,51	772,65	777,05	784,05	790,54	796,57	805,29

Tabela III. 3 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 3 (€/m²) - Continuação

	Ano	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Financeira	Instalação																				-29,34
	Manutenção										-9,64										-9,64
	Sub. vegetação				-10,80								-10,80								-10,80
	Sub. drenagem				-16,03																
	Demolição																				5,11
	Seguro incêndio	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	Aquecimento	1,98	2,08	2,18	2,28	2,40	2,51	2,64	2,77	2,90	3,04	3,19	3,35	3,51	3,68	3,87	4,05	4,25	4,46	4,68	4,91
	Arrefecimento	-1,33	-1,39	-1,46	-1,53	-1,61	-1,69	-1,77	-1,86	-1,95	-2,04	-2,14	-2,25	-2,36	-2,47	-2,59	-2,72	-2,85	-2,99	-3,14	-3,29
	Eficiência PFV	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,27	0,28	0,29	0,31	0,32	0,34	0,36	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45
	CF	0,88	0,92	0,97	-25,82	1,06	1,11	1,16	1,21	1,27	-8,31	1,39	-9,34	1,53	1,60	1,68	1,76	1,84	1,93	2,02	-42,56
	CFA	0,18	0,17	0,16	-4,07	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	-0,83	0,13	-0,80	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	-1,96
	CFA Acum	-33,69	-33,52	-33,36	-37,43	-37,28	-37,13	-36,98	-36,84	-36,70	-37,53	-37,40	-38,20	-38,08	-37,96	-37,85	-37,74	-37,63	-37,53	-37,43	-39,38
Económica	CF Financeira	0,88	0,92	0,97	-25,82	1,06	1,11	1,16	1,21	1,27	-8,31	1,39	-9,34	1,53	1,60	1,68	1,76	1,84	1,93	2,02	-42,56
	Valor comercial																				
	Valor estético																				
	CF	0,88	0,92	0,97	-25,82	1,06	1,11	1,16	1,21	1,27	-8,31	1,39	-9,34	1,53	1,60	1,68	1,76	1,84	1,93	2,02	-42,56
	CFA	0,18	0,17	0,16	-4,07	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	-0,83	0,13	-0,80	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	-1,96
	CFA Acum	555,21	555,38	555,54	551,47	551,62	551,77	551,92	552,06	552,20	551,37	551,50	550,70	550,82	550,94	551,05	551,16	551,27	551,37	551,47	549,52
Socio-Ambiental	CF Económica	0,88	0,92	0,97	-25,82	1,06	1,11	1,16	1,21	1,27	-8,31	1,39	-9,34	1,53	1,60	1,68	1,76	1,84	1,93	2,02	-42,56
	Drenagem AR	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
	Emprego	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19
	Saúde	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
	Risco inundação																				
	Criação habitat	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
	Qualidade água	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Qualidade ar	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89
	Poluição sonora																				
	Ilha de calor	0,26	0,27	0,29	0,30	0,32	0,33	0,35	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,51	0,53	0,56	0,59	0,62	0,65
	CF	26,10	26,15	26,21	-0,57	26,33	26,39	26,46	26,53	26,61	17,04	26,77	16,05	26,94	27,04	27,14	27,24	27,35	27,47	27,59	-16,96
	CFA	5,18	4,81	4,46	-0,09	3,84	3,57	3,31	3,08	2,86	1,69	2,46	1,37	2,13	1,98	1,84	1,71	1,59	1,47	1,37	-0,78
	CFA Acum	810,47	815,28	819,74	819,65	823,50	827,07	830,38	833,45	836,31	838,00	840,47	841,83	843,96	845,93	847,77	849,48	851,06	852,54	853,91	853,13

Tabela III. 4 - Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 4 (€/m²)

	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Financ	Instalação	-29,34																				29,34
	Manutenção											-8,03										-9,64
	Sub. vegetação									-10,80								-10,80				

Tabela III. 4 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 4 (€/m²) - Continuação

	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Financeira	Sub. drenagem																					
	Demolição																					-5,11
	Seguro incêndio		0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
	Aquecimento		0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15
	Arrefecimento		-0,25	-0,26	-0,28	-0,29	-0,30	-0,32	-0,33	-0,35	-0,37	-0,38	-0,40	-0,42	-0,44	-0,47	-0,49	-0,51	-0,54	-0,56	-0,59	-0,62
	Eficiência PFV		0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17
	CF	-29,34	-0,04	-0,05	-0,05	-0,06	-0,07	-0,07	-0,08	-10,89	-0,10	-8,13	-0,11	-0,12	-0,13	-0,14	-0,15	-10,97	-0,18	-0,19	-0,20	14,37
	CFA	-29,34	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,05	-0,05	-5,88	-0,05	-3,77	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-3,20	-0,05	-0,05	-0,05	3,08
	CFA Acum	-29,34	-29,38	-29,42	-29,46	-29,50	-29,55	-29,59	-29,64	-35,52	-35,57	-39,34	-39,38	-39,43	-39,48	-39,53	-39,58	-42,78	-42,83	-42,88	-42,92	-39,84
Económica	CF Financeira	-29,34	-0,04	-0,05	-0,05	-0,06	-0,07	-0,07	-0,08	-10,89	-0,10	-8,13	-0,11	-0,12	-0,13	-0,14	-0,15	-10,97	-0,18	-0,19	-0,20	14,37
	Valor comercial	464,52																				
	Valor estético	464,52																				
	CF	899,70	-0,04	-0,05	-0,05	-0,06	-0,07	-0,07	-0,08	-10,89	-0,10	-8,13	-0,11	-0,12	-0,13	-0,14	-0,15	-10,97	-0,18	-0,19	-0,20	14,37
	CFA	899,70	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,05	-0,05	-5,88	-0,05	-3,77	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-3,20	-0,05	-0,05	-0,05	3,08
	CFA Acum	899,70	899,66	899,62	899,58	899,54	899,49	899,45	899,40	893,52	893,47	889,70	889,66	889,61	889,56	889,51	889,46	886,26	886,21	886,16	886,12	889,20
Socio-Ambiental	CF Económica	899,70	-0,04	-0,05	-0,05	-0,06	-0,07	-0,07	-0,08	-10,89	-0,10	-8,13	-0,11	-0,12	-0,13	-0,14	-0,15	-10,97	-0,18	-0,19	-0,20	14,37
	Drenagem AR		0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
	Emprego		8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19
	Saúde		0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
	Risco inundação		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01					
	Criação habitat		0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
	Qualidade água		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Qualidade ar		15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89
	Poluição sonora		1,85					1,97					1,88									
	Ilha de calor		0,10	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,20	0,21	0,23	0,24	0,25
	CF	899,70	26,87	25,02	25,02	25,02	25,02	26,99	25,02	14,21	25,01	16,98	26,89	25,01	25,01	25,01	25,00	14,19	24,99	24,99	24,99	39,57
	CFA	899,70	24,88	21,45	19,86	18,39	17,03	17,01	14,60	7,68	12,51	7,87	11,53	9,93	9,20	8,51	7,88	4,14	6,75	6,25	5,79	8,49
	CFA Acum	899,70	924,58	946,03	965,89	984,28	1.001,31	1.018,32	1.032,91	1.040,59	1.053,11	1.060,97	1.072,50	1.082,44	1.091,63	1.100,14	1.108,03	1.112,17	1.118,92	1.125,17	1.130,96	1.139,45

Tabela III. 4 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 4 (€/m²) - Continuação

	Ano	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Financeira	Instalação																				-29,34
	Manutenção										-9,64										-9,64
	Sub. vegetação				-10,80								-10,80								-10,80
	Sub. drenagem				-16,03																
	Demolição																				5,11
	Seguro incêndio	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
	Aquecimento	0,16	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,28	0,29	0,31	0,32	0,34	0,35	0,37	0,39
	Arrefecimento	-0,65	-0,68	-0,72	-0,75	-0,79	-0,83	-0,87	-0,91	-0,95	-1,00	-1,05	-1,10	-1,16	-1,21	-1,27	-1,33	-1,40	-1,47	-1,54	-1,62
	Eficiência PFV	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,27	0,28	0,29	0,31	0,32	0,34	0,36	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45
	CF	-0,23	-0,25	-0,26	-27,11	-0,30	-0,32	-0,34	-0,36	-0,38	-10,04	-0,42	-11,25	-0,47	-0,50	-0,53	-0,56	-0,59	-0,62	-0,66	-45,37
	CFA	-0,05	-0,05	-0,04	-4,28	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-1,00	-0,04	-0,96	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,03	-0,03	-0,03	-2,09
	CFA Acum	-39,89	-39,93	-39,98	-44,25	-44,30	-44,34	-44,38	-44,42	-44,46	-45,46	-45,50	-46,46	-46,50	-46,53	-46,57	-46,60	-46,64	-46,67	-46,70	-48,79
Económica	CF Financeira	-0,23	-0,25	-0,26	-27,11	-0,30	-0,32	-0,34	-0,36	-0,38	-10,04	-0,42	-11,25	-0,47	-0,50	-0,53	-0,56	-0,59	-0,62	-0,66	-45,37
	Valor comercial																				
	Valor estético																				
	CF	-0,23	-0,25	-0,26	-27,11	-0,30	-0,32	-0,34	-0,36	-0,38	-10,04	-0,42	-11,25	-0,47	-0,50	-0,53	-0,56	-0,59	-0,62	-0,66	-45,37
	CFA	-0,05	-0,05	-0,04	-4,28	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-1,00	-0,04	-0,96	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,03	-0,03	-0,03	-2,09
	CFA Acum	889,15	889,11	889,06	884,79	884,74	884,70	884,66	884,62	884,58	883,58	883,54	882,58	882,54	882,51	882,47	882,44	882,40	882,37	882,34	880,25
Socio-Ambien	CF Económica	-0,23	-0,25	-0,26	-27,11	-0,30	-0,32	-0,34	-0,36	-0,38	-10,04	-0,42	-11,25	-0,47	-0,50	-0,53	-0,56	-0,59	-0,62	-0,66	-45,37
	Drenagem AR	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
	Emprego	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19
	Saúde	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
	Risco inundação																				

H

Tabela III. 4 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 4 (€/m²) - Continuação

	Ano	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Socio-Ambiental	Criação habitat	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
	Qualidade água	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Qualidade ar	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89
	Poluição sonora																				
	Ilha de calor	0,26	0,27	0,29	0,30	0,32	0,33	0,35	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,51	0,53	0,56	0,59	0,62	0,65
	CF	24,98	24,98	24,98	-1,86	24,97	24,97	24,96	24,96	24,96	15,31	24,95	14,14	24,94	24,94	24,93	24,93	24,92	24,92	24,91	-19,77
	CFA	4,96	4,59	4,25	-0,29	3,65	3,38	3,13	2,89	2,68	1,52	2,30	1,21	1,97	1,82	1,69	1,56	1,45	1,34	1,24	-0,91
	CFA Acum	1.144,42	1.149,01	1.153,26	1.152,97	1.156,62	1.159,99	1.163,12	1.166,01	1.168,69	1.170,21	1.172,51	1.173,71	1.175,68	1.177,50	1.179,19	1.180,75	1.182,19	1.183,53	1.184,77	1.183,86

Tabela III. 5 - Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 5 (€/m²)

	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Financeira	Instalação	-21,01																				21,01
	Manutenção											-5,31										-6,38
	Sub. vegetação									-10,80								-10,80				
	Sub. drenagem																					
	Demolição																					-5,12
	Seguro incêndio		0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Aquecimento		0,96	1,01	1,06	1,11	1,16	1,22	1,28	1,34	1,41	1,48	1,55	1,62	1,70	1,79	1,88	1,97	2,06	2,16	2,27	2,38
	Arrefecimento		-0,21	-0,22	-0,23	-0,24	-0,25	-0,27	-0,28	-0,29	-0,31	-0,32	-0,34	-0,36	-0,37	-0,39	-0,41	-0,43	-0,45	-0,47	-0,50	-0,52
	Eficiência PFV		0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17
	CF	-21,01	0,88	0,92	0,96	1,01	1,05	1,10	1,15	-9,59	1,26	-3,99	1,38	1,45	1,52	1,59	1,66	-9,06	1,82	1,91	2,00	11,61
	CFA	-21,01	0,81	0,79	0,76	0,74	0,72	0,69	0,67	-5,18	0,63	-1,85	0,59	0,57	0,56	0,54	0,52	-2,64	0,49	0,48	0,46	2,49
	CFA Acum	-21,01	-20,20	-19,41	-18,64	-17,90	-17,19	-16,49	-15,82	-21,00	-20,37	-22,22	-21,63	-21,05	-20,49	-19,95	-19,43	-22,07	-21,58	-21,10	-20,64	-18,15
Económica	CF Financeira	-21,01	0,88	0,92	0,96	1,01	1,05	1,10	1,15	-9,59	1,26	-3,99	1,38	1,45	1,52	1,59	1,66	-9,06	1,82	1,91	2,00	11,61
	Isol. sonoro	126,19																				
	Valor comercial	294,45																				
	Valor estético	294,45																				
	CF	694,08	0,88	0,92	0,96	1,01	1,05	1,10	1,15	-9,59	1,26	-3,99	1,38	1,45	1,52	1,59	1,66	-9,06	1,82	1,91	2,00	11,61
	CFA	694,08	0,81	0,79	0,76	0,74	0,72	0,69	0,67	-5,18	0,63	-1,85	0,59	0,57	0,56	0,54	0,52	-2,64	0,49	0,48	0,46	2,49
	CFA Acum	694,08	694,89	695,68	696,45	697,19	697,90	698,60	699,27	694,09	694,72	692,87	693,46	694,04	694,60	695,14	695,66	693,02	693,51	693,99	694,45	696,94
Socio-Ambiental	CF Económica	694,08	0,88	0,92	0,96	1,01	1,05	1,10	1,15	-9,59	1,26	-3,99	1,38	1,45	1,52	1,59	1,66	-9,06	1,82	1,91	2,00	11,61
	Drenagem AR		0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
	Emprego		8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19
	Saúde		0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
	Risco inundação		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01					
	Criação habitat		0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
	Qualidade água		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Qualidade ar		15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89
	Poluição sonora		1,85					1,97					1,88									
	Ilha de calor		0,10	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,20	0,21	0,23	0,24	0,25
	CF	694,08	27,79	25,99	26,03	26,08	26,14	28,16	26,25	15,51	26,37	21,13	28,39	26,58	26,66	26,74	26,82	16,10	26,99	27,09	27,19	36,81
	CFA	694,08	25,73	22,28	20,67	19,17	17,79	17,75	15,32	8,38	13,19	9,79	12,17	10,56	9,80	9,10	8,45	4,70	7,29	6,78	6,30	7,90
	CFA Acum	694,08	719,81	742,09	762,76	781,93	799,72	817,47	832,78	841,16	854,35	864,14	876,31	886,87	896,67	905,77	914,23	918,93	926,22	933,00	939,30	947,20

Tabela III. 5 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 5 (€/m²) - Continuação

	Ano	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Financeira	Instalação																				-21,01
	Manutenção										-6,38										-6,38
	Sub. vegetação				-10,80								-10,80								-10,80
	Sub. drenagem				-16,03																
	Demolição																				5,12

Tabela III. 5 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 5 (€/m²) - Continuação

	Ano	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Financeira	Seguro incêndio	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Aquecimento	2,50	2,62	2,75	2,88	3,03	3,17	3,33	3,49	3,66	3,84	4,03	4,23	4,44	4,65	4,88	5,12	5,37	5,64	5,91	6,20
	Arrefecimento	-0,55	-0,57	-0,60	-0,63	-0,66	-0,69	-0,73	-0,76	-0,80	-0,84	-0,88	-0,93	-0,97	-1,02	-1,07	-1,12	-1,18	-1,23	-1,29	-1,36
	Eficiência PFV	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,27	0,28	0,29	0,31	0,32	0,34	0,36	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45
	CF	2,19	2,30	2,41	-24,31	2,64	2,77	2,90	3,04	3,19	-3,03	3,50	-7,13	3,85	4,04	4,23	4,43	4,65	4,87	5,11	-27,71
	CFA	0,44	0,42	0,41	-3,83	0,39	0,37	0,36	0,35	0,34	-0,30	0,32	-0,61	0,30	0,29	0,29	0,28	0,27	0,26	0,25	-1,28
	CFA Acum	-17,71	-17,29	-16,88	-20,71	-20,33	-19,95	-19,59	-19,24	-18,89	-19,19	-18,87	-19,48	-19,18	-18,88	-18,59	-18,32	-18,05	-17,79	-17,53	-18,81
Económica	CF Financeira	2,19	2,30	2,41	-24,31	2,64	2,77	2,90	3,04	3,19	-3,03	3,50	-7,13	3,85	4,04	4,23	4,43	4,65	4,87	5,11	-27,71
	Isol. sonoro																				
	Valor comercial																				
	Valor estético																				
	CF	2,19	2,30	2,41	-24,31	2,64	2,77	2,90	3,04	3,19	-3,03	3,50	-7,13	3,85	4,04	4,23	4,43	4,65	4,87	5,11	-27,71
	CFA	0,44	0,42	0,41	-3,83	0,39	0,37	0,36	0,35	0,34	-0,30	0,32	-0,61	0,30	0,29	0,29	0,28	0,27	0,26	0,25	-1,28
	CFA Acum	697,38	697,80	698,21	694,38	694,76	695,14	695,50	695,85	696,20	695,90	696,22	695,61	695,91	696,21	696,50	696,77	697,04	697,30	697,56	696,28
Socio-Ambiental	CF Económica	2,19	2,30	2,41	-24,31	2,64	2,77	2,90	3,04	3,19	-3,03	3,50	-7,13	3,85	4,04	4,23	4,43	4,65	4,87	5,11	-27,71
	Drenagem AR	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
	Emprego	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19
	Saúde	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
	Risco inundação																				
	Criação habitat	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
	Qualidade água	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Qualidade ar	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89
	Poluição sonora																				
	Ilha de calor	0,26	0,27	0,29	0,30	0,32	0,33	0,35	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,51	0,53	0,56	0,59	0,62	0,65
	CF	27,41	27,52	27,65	0,95	27,91	28,05	28,20	28,36	28,52	22,32	28,88	18,27	29,26	29,47	29,69	29,92	30,16	30,41	30,68	-2,11
	CFA	5,44	5,06	4,71	0,15	4,08	3,79	3,53	3,29	3,06	2,22	2,66	1,56	2,31	2,15	2,01	1,87	1,75	1,63	1,53	-0,10
	CFA Acum	952,64	957,70	962,41	962,56	966,64	970,43	973,96	977,25	980,31	982,53	985,18	986,74	989,05	991,20	993,21	995,08	996,83	998,47	999,99	999,89

Tabela III. 6 - Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 6 (€/m²)

	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Financeira	Instalação	-21,01																				21,01
	Manutenção											-5,31										-6,38
	Sub. vegetação									-10,80								-10,80				
	Sub. drenagem																					
	Demolição																					-5,12
	Seguro incêndio		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
	Aquecimento		0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,29	0,30	0,32	0,33	0,35	0,37	0,38	0,40	0,42
	Arrefecimento		-0,62	-0,65	-0,68	-0,72	-0,75	-0,79	-0,83	-0,87	-0,91	-0,95	-1,00	-1,05	-1,10	-1,15	-1,21	-1,27	-1,33	-1,40	-1,47	-1,54
	Eficiência PFV		0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17
	CF	-21,01	-0,29	-0,31	-0,33	-0,35	-0,37	-0,39	-0,42	-11,24	-0,47	-5,80	-0,52	-0,55	-0,58	-0,62	-0,65	-11,49	-0,73	-0,77	-0,81	8,66
	CFA	-21,01	-0,27	-0,26	-0,26	-0,26	-0,25	-0,25	-0,24	-6,07	-0,23	-2,69	-0,22	-0,22	-0,21	-0,21	-0,21	-3,35	-0,20	-0,19	-0,19	1,86
	CFA Acum	-21,01	-21,28	-21,54	-21,80	-22,06	-22,31	-22,56	-22,80	-28,88	-29,11	-31,80	-32,02	-32,24	-32,46	-32,67	-32,87	-36,23	-36,42	-36,61	-36,80	-34,94
Económica	CF Financeira	-21,01	-0,29	-0,31	-0,33	-0,35	-0,37	-0,39	-0,42	-11,24	-0,47	-5,80	-0,52	-0,55	-0,58	-0,62	-0,65	-11,49	-0,73	-0,77	-0,81	8,66
	Isol. sonoro	199,08																				
	Valor comercial	464,52																				
	Valor estético	464,52																				
	CF	1.107,11	-0,29	-0,31	-0,33	-0,35	-0,37	-0,39	-0,42	-11,24	-0,47	-5,80	-0,52	-0,55	-0,58	-0,62	-0,65	-11,49	-0,73	-0,77	-0,81	8,66
	CFA	1.107,11	-0,27	-0,26	-0,26	-0,26	-0,25	-0,25	-0,24	-6,07	-0,23	-2,69	-0,22	-0,22	-0,21	-0,21	-0,21	-3,35	-0,20	-0,19	-0,19	1,86
	CFA Acum	1.107,11	1.106,84	1.106,58	1.106,32	1.106,06	1.105,81	1.105,56	1.105,32	1.099,24	1.099,01	1.096,32	1.096,10	1.095,88	1.095,66	1.095,45	1.095,25	1.091,89	1.091,70	1.091,51	1.091,32	1.093,18
Soc	CF Económica	1.107,11	-0,29	-0,31	-0,33	-0,35	-0,37	-0,39	-0,42	-11,24	-0,47	-5,80	-0,52	-0,55	-0,58	-0,62	-0,65	-11,49	-0,73	-0,77	-0,81	8,66
	Drenagem AR		0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002

Tabela III. 6 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 6 (€/m²) - Continuação

	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Socio-Ambiental	Emprego		8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19
	Saúde		0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
	Risco inundação		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01					
	Criação habitat		0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
	Qualidade água		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Qualidade ar		15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89
	Poluição sonora		1,85					1,97					1,88									
	Ilha de calor		0,10	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,20	0,21	0,23	0,24	0,25
	CF	1.107,11	26,62	24,76	24,74	24,73	24,71	26,66	24,68	13,86	24,64	19,31	26,48	24,58	24,56	24,53	24,51	13,67	24,44	24,41	24,38	33,86
	CFA	1.107,11	24,65	21,23	19,64	18,18	16,82	16,80	14,40	7,49	12,33	8,95	11,36	9,76	9,03	8,35	7,73	3,99	6,61	6,11	5,65	7,26
	CFA Acum	1.107,11	1.131,76	1.152,99	1.172,63	1.190,80	1.207,62	1.224,43	1.238,83	1.246,32	1.258,64	1.267,59	1.278,95	1.288,71	1.297,74	1.306,09	1.313,81	1.317,80	1.324,41	1.330,52	1.336,17	1.343,43

Tabela III. 6 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 6 (€/m²) - Continuação

	Ano	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Financeira	Instalação																				-21,01
	Manutenção										-6,38										-6,38
	Sub. vegetação				-10,80								-10,80								-10,80
	Sub. drenagem				-16,03																
	Demolição																				5,12
	Seguro incêndio	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
	Aquecimento	0,44	0,46	0,49	0,51	0,54	0,56	0,59	0,62	0,65	0,68	0,71	0,75	0,79	0,82	0,86	0,91	0,95	1,00	1,05	1,10
	Arrefecimento	-1,61	-1,69	-1,78	-1,86	-1,95	-2,05	-2,15	-2,26	-2,37	-2,48	-2,60	-2,73	-2,87	-3,01	-3,15	-3,31	-3,47	-3,64	-3,82	-4,01
	Eficiência PFV	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,27	0,28	0,29	0,31	0,32	0,34	0,36	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45
	CF	-0,90	-0,95	-1,00	-27,88	-1,11	-1,17	-1,23	-1,29	-1,36	-7,81	-1,51	-12,38	-1,67	-1,75	-1,84	-1,94	-2,04	-2,14	-2,25	-35,43
	CFA	-0,18	-0,17	-0,17	-4,40	-0,16	-0,16	-0,15	-0,15	-0,15	-0,78	-0,14	-1,06	-0,13	-0,13	-0,12	-0,12	-0,12	-0,11	-0,11	-1,63
	CFA Acum	-35,12	-35,30	-35,47	-39,86	-40,03	-40,18	-40,34	-40,49	-40,63	-41,41	-41,55	-42,60	-42,73	-42,86	-42,99	-43,11	-43,23	-43,34	-43,45	-45,08
Económica	CF Financeira	-0,90	-0,95	-1,00	-27,88	-1,11	-1,17	-1,23	-1,29	-1,36	-7,81	-1,51	-12,38	-1,67	-1,75	-1,84	-1,94	-2,04	-2,14	-2,25	-35,43
	Isol. sonoro																				
	Valor comercial																				
	Valor estético																				
	CF	-0,90	-0,95	-1,00	-27,88	-1,11	-1,17	-1,23	-1,29	-1,36	-7,81	-1,51	-12,38	-1,67	-1,75	-1,84	-1,94	-2,04	-2,14	-2,25	-35,43
	CFA	-0,18	-0,17	-0,17	-4,40	-0,16	-0,16	-0,15	-0,15	-0,15	-0,78	-0,14	-1,06	-0,13	-0,13	-0,12	-0,12	-0,12	-0,11	-0,11	-1,63
	CFA Acum	1.093,00	1.092,82	1.092,65	1.088,26	1.088,09	1.087,94	1.087,78	1.087,63	1.087,49	1.086,71	1.086,57	1.085,52	1.085,39	1.085,26	1.085,13	1.085,01	1.084,89	1.084,78	1.084,67	1.083,04
Socio-Ambiental	CF Económica	-0,90	-0,95	-1,00	-27,88	-1,11	-1,17	-1,23	-1,29	-1,36	-7,81	-1,51	-12,38	-1,67	-1,75	-1,84	-1,94	-2,04	-2,14	-2,25	-35,43
	Drenagem AR	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
	Emprego	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19
	Saúde	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
	Risco inundação																				
	Criação habitat	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
	Qualidade água	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Qualidade ar	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89
	Poluição sonora																				
	Ilha de calor	0,26	0,27	0,29	0,30	0,32	0,33	0,35	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,51	0,53	0,56	0,59	0,62	0,65
	CF	24,31	24,28	24,24	-2,63	24,16	24,12	24,07	24,02	23,97	17,54	23,87	13,01	23,75	23,68	23,62	23,55	23,48	23,40	23,32	-9,83
	CFA	4,83	4,47	4,13	-0,41	3,53	3,26	3,01	2,78	2,57	1,74	2,20	1,11	1,87	1,73	1,60	1,47	1,36	1,26	1,16	-0,45
	CFA Acum	1.348,26	1.352,73	1.356,85	1.356,44	1.359,97	1.363,23	1.366,24	1.369,03	1.371,60	1.373,34	1.375,54	1.376,65	1.378,52	1.380,25	1.381,85	1.383,32	1.384,68	1.385,94	1.387,10	1.386,65

Tabela III. 7 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 7 (€/m²)

	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Financ	Instalação	-21,01																				21,01
	Manutenção											-5,31										-6,38
	Sub. vegetação									-10,80								-10,80				

Tabela III. 7 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 7 (€/m²) - Continuação

	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Financeira	Sub. drenagem																					
	Demolição																					-5,11
	Seguro incêndio		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	Aquecimento		0,76	0,80	0,84	0,88	0,92	0,97	1,01	1,06	1,11	1,17	1,23	1,29	1,35	1,42	1,48	1,56	1,63	1,71	1,80	1,89
	Arrefecimento		-0,51	-0,53	-0,56	-0,59	-0,62	-0,65	-0,68	-0,71	-0,75	-0,78	-0,82	-0,86	-0,91	-0,95	-1,00	-1,05	-1,10	-1,15	-1,21	-1,27
	Eficiência PFV		0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17
	CF	-21,01	0,37	0,39	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	-10,30	0,52	-4,77	0,57	0,59	0,62	0,65	0,68	-10,09	0,74	0,77	0,81	10,37
	CFA	-21,01	0,34	0,33	0,32	0,31	0,30	0,29	0,28	-5,57	0,26	-2,21	0,24	0,23	0,23	0,22	0,21	-2,95	0,20	0,19	0,19	2,22
	CFA Acum	-21,01	-20,67	-20,34	-20,02	-19,71	-19,41	-19,12	-18,85	-24,41	-24,15	-26,36	-26,12	-25,88	-25,66	-25,44	-25,22	-28,17	-27,97	-27,78	-27,59	-25,37
Económica	CF Financeira	-21,01	0,37	0,39	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	-10,30	0,52	-4,77	0,57	0,59	0,62	0,65	0,68	-10,09	0,74	0,77	0,81	10,37
	Valor comercial	294,45																				
	Valor estético	294,45																				
	CF	567,89	0,37	0,39	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	-10,30	0,52	-4,77	0,57	0,59	0,62	0,65	0,68	-10,09	0,74	0,77	0,81	10,37
	CFA	567,89	0,34	0,33	0,32	0,31	0,30	0,29	0,28	-5,57	0,26	-2,21	0,24	0,23	0,23	0,22	0,21	-2,95	0,20	0,19	0,19	2,22
	CFA Acum	567,89	568,23	568,56	568,88	569,19	569,49	569,78	570,05	564,49	564,75	562,54	562,78	563,02	563,24	563,46	563,68	560,73	560,93	561,12	561,31	563,53
Socio-Ambientall	CF Económica	567,89	0,37	0,39	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	-10,30	0,52	-4,77	0,57	0,59	0,62	0,65	0,68	-10,09	0,74	0,77	0,81	10,37
	Drenagem AR		0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
	Emprego		8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19
	Saúde		0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
	Risco inundação		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01					
	Criação habitat		0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
	Qualidade água		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Qualidade ar		15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89
	Poluição sonora		1,85					1,97					1,88									
	Ilha de calor		0,10	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,20	0,21	0,23	0,24	0,25
	CF	567,89	27,28	25,45	25,47	25,50	25,52	27,51	25,57	14,80	25,63	20,35	27,57	25,72	25,76	25,79	25,83	15,06	25,91	25,95	26,00	35,57
	CFA	567,89	25,26	21,82	20,22	18,74	17,37	17,34	14,92	8,00	12,82	9,43	11,82	10,22	9,47	8,78	8,14	4,40	7,00	6,49	6,02	7,63
	CFA Acum	567,89	593,15	614,97	635,19	653,94	671,30	688,64	703,56	711,56	724,38	733,81	745,63	755,85	765,32	774,10	782,24	786,64	793,64	800,13	806,16	813,79

Tabela III. 7 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 7 (€/m²) - Continuação

	Ano	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Financeira	Instalação																				-21,01
	Manutenção										-6,38										-6,38
	Sub. vegetação				-10,80								-10,80								-10,80
	Sub. drenagem				-16,03																
	Demolição																				5,11
	Seguro incêndio	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	Aquecimento	1,98	2,08	2,18	2,28	2,40	2,51	2,64	2,77	2,90	3,04	3,19	3,35	3,51	3,68	3,87	4,05	4,25	4,46	4,68	4,91
	Arrefecimento	-1,33	-1,39	-1,46	-1,53	-1,61	-1,69	-1,77	-1,86	-1,95	-2,04	-2,14	-2,25	-2,36	-2,47	-2,59	-2,72	-2,85	-2,99	-3,14	-3,29
	Eficiência PFV	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,27	0,28	0,29	0,31	0,32	0,34	0,36	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45
	CF	0,88	0,92	0,97	-25,82	1,06	1,11	1,16	1,21	1,27	-5,05	1,39	-9,34	1,53	1,60	1,68	1,76	1,84	1,93	2,02	-30,96
	CFA	0,18	0,17	0,16	-4,07	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	-0,50	0,13	-0,80	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	-1,43
	CFA Acum	-25,19	-25,02	-24,86	-28,93	-28,77	-28,62	-28,48	-28,34	-28,20	-28,70	-28,57	-29,37	-29,25	-29,13	-29,02	-28,91	-28,80	-28,70	-28,60	-30,02
Económica	CF Financeira	0,88	0,92	0,97	-25,82	1,06	1,11	1,16	1,21	1,27	-5,05	1,39	-9,34	1,53	1,60	1,68	1,76	1,84	1,93	2,02	-30,96
	Valor comercial																				
	Valor estético																				
	CF	0,88	0,92	0,97	-25,82	1,06	1,11	1,16	1,21	1,27	-5,05	1,39	-9,34	1,53	1,60	1,68	1,76	1,84	1,93	2,02	-30,96
	CFA	0,18	0,17	0,16	-4,07	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	-0,50	0,13	-0,80	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	-1,43
	CFA Acum	563,71	563,88	564,04	559,97	560,13	560,28	560,42	560,56	560,70	560,20	560,33	559,53	559,65	559,77	559,88	559,99	560,10	560,20	560,30	558,88
Soc	CF Económica	0,88	0,92	0,97	-25,82	1,06	1,11	1,16	1,21	1,27	-5,05	1,39	-9,34	1,53	1,60	1,68	1,76	1,84	1,93	2,02	-30,96
	Drenagem AR	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
	Emprego	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19

Tabela III. 7 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 7 (€/m²) - Continuação

	Ano	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Socio-Ambiental	Saúde	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
	Risco inundação																				
	Criação habitat	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
	Qualidade água	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Qualidade ar	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89
	Poluição sonora																				
	Ilha de calor	0,26	0,27	0,29	0,30	0,32	0,33	0,35	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,51	0,53	0,56	0,59	0,62	0,65
	CF	26,10	26,15	26,21	-0,57	26,33	26,39	26,46	26,53	26,61	20,31	26,77	16,05	26,94	27,04	27,14	27,24	27,35	27,47	27,59	-5,36
	CFA	5,18	4,81	4,46	-0,09	3,84	3,57	3,31	3,08	2,86	2,02	2,46	1,37	2,13	1,98	1,84	1,71	1,59	1,47	1,37	-0,25
	CFA Acum	818,97	823,78	828,25	828,16	832,00	835,57	838,88	841,96	844,81	846,83	849,29	850,66	852,79	854,76	856,60	858,30	859,89	861,36	862,74	862,49

Tabela III. 8 - Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 8 (€/m²)

	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Financeira	Instalação	-21,01																				21,01
	Manutenção											-5,31										-6,38
	Sub. vegetação									-10,80								-10,80				
	Sub. drenagem																					
	Demolição																					-5,11
	Seguro incêndio		0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
	Aquecimento		0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15
	Arrefecimento		-0,25	-0,26	-0,28	-0,29	-0,30	-0,32	-0,33	-0,35	-0,37	-0,38	-0,40	-0,42	-0,44	-0,47	-0,49	-0,51	-0,54	-0,56	-0,59	-0,62
	Eficiência PFV		0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17
	CF	-21,01	-0,04	-0,05	-0,05	-0,06	-0,07	-0,07	-0,08	-10,89	-0,10	-5,41	-0,11	-0,12	-0,13	-0,14	-0,15	-10,97	-0,18	-0,19	-0,20	9,30
	CFA	-21,01	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,05	-0,05	-5,88	-0,05	-2,51	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-3,20	-0,05	-0,05	-0,05	2,00
	CFA Acum	-21,01	-21,05	-21,09	-21,13	-21,17	-21,22	-21,26	-21,31	-27,19	-27,24	-29,75	-29,79	-29,84	-29,89	-29,94	-29,99	-33,19	-33,24	-33,29	-33,33	-31,34
Económica	CF Financeira	-21,01	-0,04	-0,05	-0,05	-0,06	-0,07	-0,07	-0,08	-10,89	-0,10	-5,41	-0,11	-0,12	-0,13	-0,14	-0,15	-10,97	-0,18	-0,19	-0,20	9,30
	Valor comercial	464,52																				
	Valor estético	464,52																				
	CF	908,03	-0,04	-0,05	-0,05	-0,06	-0,07	-0,07	-0,08	-10,89	-0,10	-5,41	-0,11	-0,12	-0,13	-0,14	-0,15	-10,97	-0,18	-0,19	-0,20	9,30
	CFA	908,03	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,05	-0,05	-5,88	-0,05	-2,51	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-3,20	-0,05	-0,05	-0,05	2,00
	CFA Acum	908,03	907,99	907,95	907,91	907,87	907,82	907,78	907,73	901,85	901,80	899,29	899,25	899,20	899,15	899,10	899,05	895,85	895,80	895,75	895,71	897,70
Socio-Ambiental	CF Económica	908,03	-0,04	-0,05	-0,05	-0,06	-0,07	-0,07	-0,08	-10,89	-0,10	-5,41	-0,11	-0,12	-0,13	-0,14	-0,15	-10,97	-0,18	-0,19	-0,20	9,30
	Drenagem AR		0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
	Emprego		8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19
	Saúde		0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
	Risco inundação		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01					
	Criação habitat		0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
	Qualidade água		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Qualidade ar		15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89
	Poluição sonora		1,85					1,97					1,88									
	Ilha de calor		0,10	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,20	0,21	0,23	0,24	0,25
	CF	908,03	26,87	25,02	25,02	25,02	25,02	26,99	25,02	14,21	25,01	19,70	26,89	25,01	25,01	25,01	25,00	14,19	24,99	24,99	24,99	34,51
	CFA	908,03	24,88	21,45	19,86	18,39	17,03	17,01	14,60	7,68	12,51	9,13	11,53	9,93	9,20	8,51	7,88	4,14	6,75	6,25	5,79	7,40
	CFA Acum	908,03	932,91	954,36	974,22	992,61	1.009,64	1.026,65	1.041,24	1.048,92	1.061,44	1.070,56	1.082,09	1.092,03	1.101,22	1.109,73	1.117,62	1.121,76	1.128,51	1.134,76	1.140,55	1.147,96

Tabela III. 8 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 8 (€/m²) - Continuação

	Ano	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Financeira	Instalação																				-21,01
	Manutenção										-6,38										-6,38
	Sub. vegetação				-10,80								-10,80								-10,80
	Sub. drenagem				-16,03																
	Demolição																				5,11
	Seguro incêndio	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08

M

Tabela III. 8 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 8 (€/m²) - Continuação

	Ano	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Financeira	Aquecimento	0,16	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,28	0,29	0,31	0,32	0,34	0,35	0,37	0,39
	Arrefecimento	-0,65	-0,68	-0,72	-0,75	-0,79	-0,83	-0,87	-0,91	-0,95	-1,00	-1,05	-1,10	-1,16	-1,21	-1,27	-1,33	-1,40	-1,47	-1,54	-1,62
	Eficiência PFV	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,27	0,28	0,29	0,31	0,32	0,34	0,36	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45
	CF	-0,23	-0,25	-0,26	-27,11	-0,30	-0,32	-0,34	-0,36	-0,38	-6,78	-0,42	-11,25	-0,47	-0,50	-0,53	-0,56	-0,59	-0,62	-0,66	-33,77
	CFA	-0,05	-0,05	-0,04	-4,28	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,67	-0,04	-0,96	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,03	-0,03	-0,03	-1,55
	CFA Acum	-31,38	-31,43	-31,47	-35,75	-35,79	-35,84	-35,88	-35,92	-35,96	-36,63	-36,67	-37,63	-37,67	-37,70	-37,74	-37,78	-37,81	-37,84	-37,88	-39,43
Económica	CF Financeira	-0,23	-0,25	-0,26	-27,11	-0,30	-0,32	-0,34	-0,36	-0,38	-6,78	-0,42	-11,25	-0,47	-0,50	-0,53	-0,56	-0,59	-0,62	-0,66	-33,77
	Valor comercial																				
	Valor estético																				
	CF	-0,23	-0,25	-0,26	-27,11	-0,30	-0,32	-0,34	-0,36	-0,38	-6,78	-0,42	-11,25	-0,47	-0,50	-0,53	-0,56	-0,59	-0,62	-0,66	-33,77
	CFA	-0,05	-0,05	-0,04	-4,28	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,67	-0,04	-0,96	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,03	-0,03	-0,03	-1,55
	CFA Acum	897,66	897,61	897,57	893,29	893,25	893,20	893,16	893,12	893,08	892,41	892,37	891,41	891,37	891,34	891,30	891,26	891,23	891,20	891,16	889,61
Socio-Ambiental	CF Económica	-0,23	-0,25	-0,26	-27,11	-0,30	-0,32	-0,34	-0,36	-0,38	-6,78	-0,42	-11,25	-0,47	-0,50	-0,53	-0,56	-0,59	-0,62	-0,66	-33,77
	Drenagem AR	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
	Emprego	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19
	Saúde	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
	Risco inundação																				
	Criação habitat	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
	Qualidade água	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Qualidade ar	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89
	Poluição sonora																				
	Ilha de calor	0,26	0,27	0,29	0,30	0,32	0,33	0,35	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,51	0,53	0,56	0,59	0,62	0,65
	CF	24,98	24,98	24,98	-1,86	24,97	24,97	24,96	24,96	24,96	18,58	24,95	14,14	24,94	24,94	24,93	24,93	24,92	24,92	24,91	-8,17
	CFA	4,96	4,59	4,25	-0,29	3,65	3,38	3,13	2,89	2,68	1,85	2,30	1,21	1,97	1,82	1,69	1,56	1,45	1,34	1,24	-0,38
	CFA Acum	1.152,92	1.157,51	1.161,77	1.161,47	1.165,12	1.168,50	1.171,62	1.174,51	1.177,19	1.179,04	1.181,33	1.182,54	1.184,51	1.186,33	1.188,01	1.189,58	1.191,02	1.192,36	1.193,60	1.193,22

Tabela III. 9 - Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 9 (€/m²)

	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Financeira	Instalação	-95,01																				95,01
	Manutenção											-103,03										-123,74
	Sub. vegetação									-11,45								-11,45				
	Sub. drenagem																					
	Demolição																					-4,46
	Seguro incêndio		0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Aquecimento		0,56	0,59	0,62	0,65	0,68	0,71	0,75	0,78	0,82	0,86	0,90	0,95	0,99	1,04	1,09	1,15	1,20	1,26	1,32	1,39
	Arrefecimento		0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,47	0,49	0,52	0,54	0,57	0,60	0,63	0,66	0,69	0,72	0,76	0,80	0,83	0,88	0,92
	Prod. agricola		4,48	4,54	4,61	4,67	4,74	4,80	4,87	4,94	5,01	5,08	5,15	5,22	5,29	5,37	5,44	5,52	5,60	5,67	5,75	5,83
	CF	-95,01	5,47	5,58	5,69	5,80	5,92	6,04	6,17	-5,15	6,43	-96,46	6,71	6,85	7,00	7,16	7,32	-3,97	7,66	7,83	8,01	-24,99
	CFA	-95,01	5,06	4,78	4,52	4,27	4,03	3,81	3,60	-2,78	3,22	-44,68	2,88	2,72	2,58	2,44	2,31	-1,16	2,07	1,96	1,86	-5,36
	CFA Acum	-95,01	-89,95	-85,16	-80,65	-76,38	-72,35	-68,54	-64,94	-67,72	-64,51	-109,19	-106,31	-103,59	-101,01	-98,58	-96,27	-97,43	-95,36	-93,40	-91,54	-96,90
Económica	CF Financeira	-95,01	5,47	5,58	5,69	5,80	5,92	6,04	6,17	-5,15	6,43	-96,46	6,71	6,85	7,00	7,16	7,32	-3,97	7,66	7,83	8,01	-24,99
	Isol. sonoro	252,39																				
	Valor comercial	1.261,93																				
	Valor estético	546,84																				
	Valor lazer	1.682,58																				
	CF	3.648,73	5,47	5,58	5,69	5,80	5,92	6,04	6,17	-5,15	6,43	-96,46	6,71	6,85	7,00	7,16	7,32	-3,97	7,66	7,83	8,01	-24,99
	CFA	3.648,73	5,06	4,78	4,52	4,27	4,03	3,81	3,60	-2,78	3,22	-44,68	2,88	2,72	2,58	2,44	2,31	-1,16	2,07	1,96	1,86	-5,36
	CFA Acum	3.648,73	3.653,79	3.658,58	3.663,09	3.667,36	3.671,39	3.675,20	3.678,80	3.676,02	3.679,23	3.634,55	3.637,43	3.640,15	3.642,73	3.645,16	3.647,47	3.646,31	3.648,38	3.650,34	3.652,20	3.646,84
Socio-Ambie	CF Económica	3.648,73	5,47	5,58	5,69	5,80	5,92	6,04	6,17	-5,15	6,43	-96,46	6,71	6,85	7,00	7,16	7,32	-3,97	7,66	7,83	8,01	-24,99
	Drenagem AR		0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
	Emprego		8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19
	Saúde		0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
	Risco inundação		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01					

N

Tabela III. 9 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 9 (€/m²) - Continuação

	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Socio-Ambiental	Criação habitat		1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63
	Qualidade água		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Qualidade ar		33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71
	Poluição sonora		2,31					2,46					2,35									
	Ilha de calor		0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,27	0,28	0,29	0,31	0,32
	CF	3.648,73	52,13	49,94	50,06	50,18	50,30	52,89	50,57	39,25	50,85	-52,04	53,49	51,30	51,46	51,63	51,80	40,52	52,15	52,34	52,54	19,55
	CFA	3.648,73	48,27	42,81	39,74	36,88	34,24	33,33	29,50	21,21	25,44	-24,10	22,94	20,37	18,92	17,58	16,33	11,83	14,09	13,10	12,17	4,19
	CFA Acum	3.648,73	3.697,00	3.739,82	3.779,55	3.816,44	3.850,67	3.884,00	3.913,51	3.934,72	3.960,15	3.936,05	3.958,99	3.979,36	3.998,28	4.015,86	4.032,19	4.044,01	4.058,11	4.071,21	4.083,38	4.087,57

Tabela III. 9 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 9 (€/m²) - Continuação

	Ano	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Financeira	Instalação																				-95,01
	Manutenção										-123,74										-123,74
	Sub. vegetação				-11,45								-11,45								-11,45
	Sub. drenagem				-16,03																
	Demolição																				4,46
	Seguro incêndio	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Aquecimento	1,46	1,53	1,60	1,68	1,77	1,85	1,94	2,04	2,14	2,24	2,35	2,47	2,59	2,72	2,85	2,99	3,13	3,29	3,45	3,62
	Arrefecimento	0,96	1,01	1,06	1,11	1,17	1,22	1,28	1,35	1,41	1,48	1,55	1,63	1,71	1,79	1,88	1,97	2,07	2,17	2,28	2,39
	Prod. agricola	5,92	6,00	6,08	6,17	6,25	6,34	6,43	6,52	6,61	6,70	6,80	6,89	6,99	7,09	7,19	7,29	7,39	7,49	7,60	7,70
	CF	8,40	8,60	8,81	-18,46	9,25	9,48	9,72	9,96	10,22	-113,25	10,76	-0,40	11,35	11,66	11,98	12,31	12,65	13,01	13,39	-211,97
	CFA	1,67	1,58	1,50	-2,91	1,35	1,28	1,22	1,16	1,10	-11,25	0,99	-0,03	0,90	0,85	0,81	0,77	0,73	0,70	0,67	-9,76
	CFA Acum	-95,23	-93,65	-92,15	-95,06	-93,71	-92,43	-91,21	-90,06	-88,96	-100,22	-99,23	-99,26	-98,36	-97,51	-96,70	-95,93	-95,20	-94,50	-93,83	-103,59
Económica	CF Financeira	8,40	8,60	8,81	-18,46	9,25	9,48	9,72	9,96	10,22	-113,25	10,76	-0,40	11,35	11,66	11,98	12,31	12,65	13,01	13,39	-211,97
	Isol. sonoro																				
	Valor comercial																				
	Valor estético																				
	Valor lazer																				
	CF	8,40	8,60	8,81	-18,46	9,25	9,48	9,72	9,96	10,22	-113,25	10,76	-0,40	11,35	11,66	11,98	12,31	12,65	13,01	13,39	-211,97
	CFA	1,67	1,58	1,50	-2,91	1,35	1,28	1,22	1,16	1,10	-11,25	0,99	-0,03	0,90	0,85	0,81	0,77	0,73	0,70	0,67	-9,76
	CFA Acum	3.648,51	3.650,09	3.651,59	3.648,68	3.650,03	3.651,31	3.652,53	3.653,68	3.654,78	3.643,52	3.644,51	3.644,48	3.645,38	3.646,23	3.647,04	3.647,81	3.648,54	3.649,24	3.649,91	3.640,15
Socio-Ambiental	CF Económica	8,40	8,60	8,81	-18,46	9,25	9,48	9,72	9,96	10,22	-113,25	10,76	-0,40	11,35	11,66	11,98	12,31	12,65	13,01	13,39	-211,97
	Drenagem AR	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
	Emprego	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19
	Saúde	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
	Risco inundação																				
	Criação habitat	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63
	Qualidade água	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Qualidade ar	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71
	Poluição sonora																				
	Ilha de calor	0,34	0,36	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,47	0,50	0,52	0,55	0,57	0,60	0,63	0,66	0,69	0,73	0,76	0,80	0,84
	CF	52,95	53,17	53,39	26,15	53,87	54,12	54,38	54,65	54,93	-68,52	55,52	44,39	56,16	56,50	56,85	57,22	57,60	57,99	58,40	-166,91
	CFA	10,52	9,78	9,09	4,12	7,87	7,32	6,81	6,33	5,90	-6,81	5,11	3,78	4,43	4,13	3,85	3,58	3,34	3,11	2,90	-7,68
	CFA Acum	4.098,09	4.107,87	4.116,96	4.121,09	4.128,95	4.136,27	4.143,08	4.149,41	4.155,31	4.148,50	4.153,61	4.157,39	4.161,82	4.165,95	4.169,79	4.173,38	4.176,72	4.179,83	4.182,73	4.175,05

Tabela III. 10 - Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 10 (€/m²)

	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Financeira	Instalação	-95,01																				95,01
	Manutenção											-103,03										-123,74
	Sub. vegetação									-11,45								-11,45				
	Sub. drenagem																					
	Demolição																					-4,46
	Seguro incêndio		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09

O

Tabela III. 10 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 10 (€/m²) - Continuação

	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Financeira	Aquecimento		0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,51	0,53	0,56	0,59	0,62	0,65	0,68	0,71	0,74	0,78	0,82	0,86	0,90	0,95	0,99
	Arrefecimento		0,54	0,57	0,59	0,62	0,65	0,69	0,72	0,75	0,79	0,83	0,87	0,91	0,96	1,01	1,05	1,11	1,16	1,22	1,28	1,34
	Prod. agrícola		4,48	4,54	4,61	4,67	4,74	4,80	4,87	4,94	5,01	5,08	5,15	5,22	5,29	5,37	5,44	5,52	5,60	5,67	5,75	5,83
	CF	-95,01	5,51	5,62	5,73	5,85	5,96	6,09	6,21	-5,11	6,48	-96,42	6,75	6,90	7,05	7,21	7,37	-3,91	7,71	7,88	8,07	-24,93
	CFA	-95,01	5,10	4,82	4,55	4,30	4,06	3,84	3,62	-2,76	3,24	-44,66	2,90	2,74	2,59	2,45	2,32	-1,14	2,08	1,97	1,87	-5,35
	CFA Acum	-95,01	-89,91	-85,09	-80,54	-76,24	-72,19	-68,35	-64,73	-67,49	-64,25	-108,91	-106,01	-103,27	-100,67	-98,22	-95,90	-97,04	-94,96	-92,98	-91,11	-96,46
Económica	CF Financeira	-95,01	5,51	5,62	5,73	5,85	5,96	6,09	6,21	-5,11	6,48	-96,42	6,75	6,90	7,05	7,21	7,37	-3,91	7,71	7,88	8,07	-24,93
	Isol. sonoro	398,16																				
	Valor comercial	1.990,80																				
	Valor estético	862,68																				
	Valor lazer	1.459,92																				
	CF	4.616,55	5,51	5,62	5,73	5,85	5,96	6,09	6,21	-5,11	6,48	-96,42	6,75	6,90	7,05	7,21	7,37	-3,91	7,71	7,88	8,07	-24,93
	CFA	4.616,55	5,10	4,82	4,55	4,30	4,06	3,84	3,62	-2,76	3,24	-44,66	2,90	2,74	2,59	2,45	2,32	-1,14	2,08	1,97	1,87	-5,35
	CFA Acum	4.616,55	4.621,65	4.626,47	4.631,02	4.635,32	4.639,37	4.643,21	4.646,83	4.644,07	4.647,31	4.602,65	4.605,55	4.608,29	4.610,89	4.613,34	4.615,66	4.614,52	4.616,60	4.618,58	4.620,45	4.615,10
Socio-Ambiental	CF Económica	4.616,55	5,51	5,62	5,73	5,85	5,96	6,09	6,21	-5,11	6,48	-96,42	6,75	6,90	7,05	7,21	7,37	-3,91	7,71	7,88	8,07	-24,93
	Drenagem AR		0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
	Emprego		8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19
	Saúde		0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
	Risco inundação		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01					
	Criação habitat		1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63
	Qualidade água		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Qualidade ar		33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71
	Poluição sonora		2,31					2,46					2,35									
	Ilha de calor		0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,27	0,28	0,29	0,31	0,32
	CF	4.616,55	52,17	49,98	50,10	50,22	50,35	52,94	50,61	39,30	50,89	-51,99	53,54	51,35	51,51	51,67	51,85	40,57	52,20	52,39	52,59	19,60
	CFA	4.616,55	48,31	42,85	39,77	36,91	34,26	33,36	29,53	21,23	25,46	-24,08	22,96	20,39	18,94	17,59	16,34	11,84	14,11	13,11	12,19	4,21
	CFA Acum	4.616,55	4.664,86	4.707,71	4.747,48	4.784,39	4.818,66	4.852,01	4.881,54	4.902,78	4.928,23	4.904,15	4.927,11	4.947,50	4.966,44	4.984,03	5.000,38	5.012,22	5.026,33	5.039,44	5.051,62	5.055,83

Tabela III. 10 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 10 (€/m²) - Continuação

	Ano	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Financeira	Instalação																				-95,01
	Manutenção										-123,74										-123,74
	Sub. vegetação				-11,45								-11,45								-11,45
	Sub. drenagem				-16,03																
	Demolição																				4,46
	Seguro incêndio	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
	Aquecimento	1,04	1,09	1,15	1,20	1,26	1,32	1,39	1,46	1,53	1,60	1,68	1,76	1,85	1,94	2,03	2,13	2,24	2,35	2,46	2,58
	Arrefecimento	1,41	1,47	1,55	1,62	1,70	1,79	1,87	1,96	2,06	2,16	2,27	2,38	2,50	2,62	2,75	2,88	3,02	3,17	3,33	3,49
	Prod. agrícola	5,92	6,00	6,08	6,17	6,25	6,34	6,43	6,52	6,61	6,70	6,80	6,89	6,99	7,09	7,19	7,29	7,39	7,49	7,60	7,70
	CF	8,45	8,66	8,87	-18,40	9,31	9,54	9,78	10,03	10,29	-113,18	10,84	-0,32	11,42	11,74	12,06	12,39	12,74	13,10	13,48	-211,87
	CFA	1,68	1,59	1,51	-2,90	1,36	1,29	1,22	1,16	1,10	-11,25	1,00	-0,03	0,90	0,86	0,82	0,78	0,74	0,70	0,67	-9,75
	CFA Acum	-94,78	-93,19	-91,68	-94,58	-93,22	-91,93	-90,71	-89,55	-88,44	-99,69	-98,69	-98,72	-97,82	-96,96	-96,15	-95,37	-94,63	-93,93	-93,26	-103,01
Económica	CF Financeira	8,45	8,66	8,87	-18,40	9,31	9,54	9,78	10,03	10,29	-113,18	10,84	-0,32	11,42	11,74	12,06	12,39	12,74	13,10	13,48	-211,87
	Isol. sonoro																				
	Valor comercial																				
	Valor estético																				
	Valor lazer																				
	CF	8,45	8,66	8,87	-18,40	9,31	9,54	9,78	10,03	10,29	-113,18	10,84	-0,32	11,42	11,74	12,06	12,39	12,74	13,10	13,48	-211,87
	CFA	1,68	1,59	1,51	-2,90	1,36	1,29	1,22	1,16	1,10	-11,25	1,00	-0,03	0,90	0,86	0,82	0,78	0,74	0,70	0,67	-9,75
	CFA Acum	4.616,78	4.618,37	4.619,88	4.616,98	4.618,34	4.619,63	4.620,85	4.622,01	4.623,12	4.611,87	4.612,87	4.612,84	4.613,74	4.614,60	4.615,41	4.616,19	4.616,93	4.617,63	4.618,30	4.608,55
Socio-Ambie	CF Económica	8,45	8,66	8,87	-18,40	9,31	9,54	9,78	10,03	10,29	-113,18	10,84	-0,32	11,42	11,74	12,06	12,39	12,74	13,10	13,48	-211,87
	Drenagem AR	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
	Emprego	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19
	Saúde	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
	Risco inundação																				

Tabela III. 10 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 10 (€/m²) - Continuação

	Ano	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Socio-Ambiental	Criação habitat	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63
	Qualidade água	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Qualidade ar	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71
	Poluição sonora																				
	Ilha de calor	0,34	0,36	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,47	0,50	0,52	0,55	0,57	0,60	0,63	0,66	0,69	0,73	0,76	0,80	0,84
	CF	53,01	53,22	53,45	26,21	53,93	54,18	54,45	54,72	55,00	-68,45	55,60	44,46	56,24	56,58	56,93	57,30	57,68	58,08	58,49	-166,82
	CFA	10,53	9,79	9,10	4,13	7,87	7,33	6,82	6,34	5,90	-6,80	5,12	3,79	4,44	4,13	3,85	3,59	3,34	3,12	2,91	-7,68
	CFA Acum	5.066,36	5.076,15	5.085,25	5.089,39	5.097,26	5.104,59	5.111,40	5.117,75	5.123,65	5.116,85	5.121,96	5.125,75	5.130,19	5.134,32	5.138,17	5.141,76	5.145,10	5.148,22	5.151,13	5.143,45

Tabela III. 11 - Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 11 (€/m²)

	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Financeira	Instalação	-95,01																				95,01
	Manutenção											-103,03										-123,74
	Sub. vegetação									-11,45								-11,45				
	Sub. drenagem																					
	Demolição																					-4,47
	Seguro incêndio		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	Aquecimento		0,49	0,51	0,54	0,57	0,59	0,62	0,65	0,68	0,72	0,75	0,79	0,83	0,87	0,91	0,96	1,00	1,05	1,11	1,16	1,22
	Arrefecimento		0,31	0,33	0,34	0,36	0,38	0,39	0,41	0,43	0,45	0,48	0,50	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,67	0,70	0,73	0,77
	Prod. agricola		4,48	4,54	4,61	4,67	4,74	4,80	4,87	4,94	5,01	5,08	5,15	5,22	5,29	5,37	5,44	5,52	5,60	5,67	5,75	5,83
	CF	-95,01	5,33	5,43	5,54	5,64	5,75	5,87	5,99	-5,34	6,23	-96,67	6,49	6,62	6,76	6,91	7,06	-4,24	7,37	7,53	7,70	-25,33
	CFA	-95,01	4,94	4,66	4,40	4,15	3,92	3,70	3,49	-2,89	3,12	-44,78	2,78	2,63	2,49	2,35	2,22	-1,24	1,99	1,88	1,78	-5,43
	CFA Acum	-95,01	-90,07	-85,42	-81,02	-76,87	-72,96	-69,26	-65,77	-68,65	-65,54	-110,31	-107,53	-104,90	-102,41	-100,06	-97,84	-99,08	-97,09	-95,20	-93,42	-98,85
Económica	CF Financeira	-95,01	5,33	5,43	5,54	5,64	5,75	5,87	5,99	-5,34	6,23	-96,67	6,49	6,62	6,76	6,91	7,06	-4,24	7,37	7,53	7,70	-25,33
	Valor comercial	1.261,93																				
	Valor estético	546,84																				
	Valor lazer	1.682,58																				
	CF	3.396,34	5,33	5,43	5,54	5,64	5,75	5,87	5,99	-5,34	6,23	-96,67	6,49	6,62	6,76	6,91	7,06	-4,24	7,37	7,53	7,70	-25,33
	CFA	3.396,34	4,94	4,66	4,40	4,15	3,92	3,70	3,49	-2,89	3,12	-44,78	2,78	2,63	2,49	2,35	2,22	-1,24	1,99	1,88	1,78	-5,43
	CFA Acum	3.396,34	3.401,28	3.405,93	3.410,33	3.414,48	3.418,39	3.422,09	3.425,58	3.422,70	3.425,81	3.381,04	3.383,82	3.386,45	3.388,94	3.391,29	3.393,51	3.392,27	3.394,26	3.396,15	3.397,93	3.392,50
Socio-Ambiental	CF Económica	3.396,34	5,33	5,43	5,54	5,64	5,75	5,87	5,99	-5,34	6,23	-96,67	6,49	6,62	6,76	6,91	7,06	-4,24	7,37	7,53	7,70	-25,33
	Drenagem AR		0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
	Emprego		8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19
	Saúde		0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
	Risco inundação		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01					
	Criação habitat		1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63
	Qualidade água		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Qualidade ar		33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71
	Poluição sonora		2,31					2,46					2,35									
	Ilha de calor		0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,27	0,28	0,29	0,31	0,32
	CF	3.396,34	51,99	49,79	49,90	50,02	50,14	52,72	50,38	39,06	50,64	-52,25	53,27	51,07	51,22	51,37	51,53	40,24	51,86	52,04	52,22	19,21
	CFA	3.396,34	48,14	42,69	39,62	36,76	34,12	33,22	29,40	21,10	25,33	-24,20	22,85	20,28	18,83	17,49	16,25	11,75	14,02	13,02	12,10	4,12
	CFA Acum	3.396,34	3.444,48	3.487,17	3.526,79	3.563,55	3.597,67	3.630,89	3.660,29	3.681,40	3.706,73	3.682,53	3.705,38	3.725,66	3.744,49	3.761,98	3.778,23	3.789,97	3.803,99	3.817,01	3.829,11	3.833,23

Tabela III. 11 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 11 (€/m²) - Continuação

	Ano	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Financeira	Instalação																				-95,01
	Manutenção										-123,74										-123,74
	Sub. vegetação				-11,45								-11,45								-11,45
	Sub. drenagem				-16,03																
	Demolição																				4,47
	Seguro incêndio	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	Aquecimento	1,28	1,34	1,40	1,47	1,54	1,62	1,70	1,78	1,87	1,96	2,06	2,16	2,26	2,38	2,49	2,61	2,74	2,88	3,02	3,17

Q

Tabela III. 11 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 11 (€/m²) - Continuação

	Ano	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Financeir	Arrefecimento	0,81	0,85	0,89	0,93	0,98	1,03	1,08	1,13	1,18	1,24	1,30	1,37	1,43	1,50	1,58	1,65	1,73	1,82	1,91	2,00
	Prod. agricola	5,92	6,00	6,08	6,17	6,25	6,34	6,43	6,52	6,61	6,70	6,80	6,89	6,99	7,09	7,19	7,29	7,39	7,49	7,60	7,70
	CF	8,05	8,23	8,42	-18,86	8,83	9,04	9,26	9,48	9,72	-113,78	10,21	-0,98	10,74	11,02	11,31	11,61	11,92	12,24	12,58	-212,81
	CFA	1,60	1,51	1,43	-2,97	1,29	1,22	1,16	1,10	1,04	-11,31	0,94	-0,08	0,85	0,80	0,76	0,73	0,69	0,66	0,63	-9,80
	CFA Acum	-97,25	-95,74	-94,30	-97,28	-95,99	-94,77	-93,61	-92,51	-91,47	-102,77	-101,84	-101,92	-101,07	-100,27	-99,50	-98,78	-98,08	-97,43	-96,80	-106,60
Económica	CF Financeira	8,05	8,23	8,42	-18,86	8,83	9,04	9,26	9,48	9,72	-113,78	10,21	-0,98	10,74	11,02	11,31	11,61	11,92	12,24	12,58	-212,81
	Valor comercial																				
	Valor estético																				
	Valor lazer																				
	CF	8,05	8,23	8,42	-18,86	8,83	9,04	9,26	9,48	9,72	-113,78	10,21	-0,98	10,74	11,02	11,31	11,61	11,92	12,24	12,58	-212,81
	CFA	1,60	1,51	1,43	-2,97	1,29	1,22	1,16	1,10	1,04	-11,31	0,94	-0,08	0,85	0,80	0,76	0,73	0,69	0,66	0,63	-9,80
	CFA Acum	3.394,10	3.395,61	3.397,05	3.394,07	3.395,36	3.396,58	3.397,74	3.398,84	3.399,88	3.388,58	3.389,51	3.389,43	3.390,28	3.391,08	3.391,85	3.392,57	3.393,27	3.393,92	3.394,55	3.384,75
Socio-Ambiental	CF Económica	8,05	8,23	8,42	-18,86	8,83	9,04	9,26	9,48	9,72	-113,78	10,21	-0,98	10,74	11,02	11,31	11,61	11,92	12,24	12,58	-212,81
	Drenagem AR	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
	Emprego	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19
	Saúde	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
	Risco inundação																				
	Criação habitat	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63
	Qualidade água	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Qualidade ar	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71
	Poluição sonora																				
	Ilha de calor	0,34	0,36	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,47	0,50	0,52	0,55	0,57	0,60	0,63	0,66	0,69	0,73	0,76	0,80	0,84
	CF	52,60	52,80	53,01	25,75	53,45	53,68	53,92	54,17	54,43	-69,05	54,97	43,81	55,55	55,86	56,18	56,51	56,86	57,22	57,59	-167,75
	CFA	10,45	9,71	9,03	4,06	7,80	7,26	6,75	6,28	5,84	-6,86	5,06	3,73	4,38	4,08	3,80	3,54	3,30	3,07	2,86	-7,72
	CFA Acum	3.843,68	3.853,39	3.862,42	3.866,48	3.874,29	3.881,54	3.888,29	3.894,57	3.900,41	3.893,55	3.898,61	3.902,34	3.906,73	3.910,81	3.914,61	3.918,14	3.921,44	3.924,51	3.927,38	3.919,66

Tabela III. 12 - Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 12 (€/m²)

	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Financeira	Instalação	-95,01																				95,01
	Manutenção											-103,03										-123,74
	Sub. vegetação									-11,45								-11,45				
	Sub. drenagem																					
	Demolição																					-4,47
	Seguro incêndio		0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
	Aquecimento		0,35	0,37	0,39	0,40	0,42	0,44	0,47	0,49	0,51	0,54	0,56	0,59	0,62	0,65	0,68	0,72	0,75	0,79	0,83	0,87
	Arrefecimento		0,46	0,48	0,51	0,53	0,56	0,58	0,61	0,64	0,67	0,71	0,74	0,78	0,82	0,86	0,90	0,94	0,99	1,04	1,09	1,14
	Prod. agricola		4,48	4,54	4,61	4,67	4,74	4,80	4,87	4,94	5,01	5,08	5,15	5,22	5,29	5,37	5,44	5,52	5,60	5,67	5,75	5,83
	CF	-95,01	5,37	5,47	5,58	5,69	5,80	5,91	6,03	-5,30	6,27	-96,63	6,54	6,67	6,81	6,96	7,11	-4,19	7,42	7,58	7,75	-25,27
	CFA	-95,01	4,97	4,69	4,43	4,18	3,95	3,73	3,52	-2,86	3,14	-44,76	2,80	2,65	2,50	2,37	2,24	-1,22	2,00	1,90	1,80	-5,42
	CFA Acum	-95,01	-90,04	-85,35	-80,92	-76,74	-72,79	-69,07	-65,55	-68,41	-65,28	-110,03	-107,23	-104,58	-102,08	-99,71	-97,47	-98,69	-96,69	-94,79	-92,99	-98,42
Económica	CF Financeira	-95,01	5,37	5,47	5,58	5,69	5,80	5,91	6,03	-5,30	6,27	-96,63	6,54	6,67	6,81	6,96	7,11	-4,19	7,42	7,58	7,75	-25,27
	Valor comercial	1.990,80																				
	Valor estético	862,68																				
	Valor lazer	1.459,92																				
	CF	4.218,39	5,37	5,47	5,58	5,69	5,80	5,91	6,03	-5,30	6,27	-96,63	6,54	6,67	6,81	6,96	7,11	-4,19	7,42	7,58	7,75	-25,27
	CFA	4.218,39	4,97	4,69	4,43	4,18	3,95	3,73	3,52	-2,86	3,14	-44,76	2,80	2,65	2,50	2,37	2,24	-1,22	2,00	1,90	1,80	-5,42
	CFA Acum	4.218,39	4.223,36	4.228,05	4.232,48	4.236,66	4.240,61	4.244,33	4.247,85	4.244,99	4.248,12	4.203,37	4.206,17	4.208,82	4.211,32	4.213,69	4.215,93	4.214,71	4.216,71	4.218,61	4.220,41	4.214,98
Socio-Ambientl	CF Económica	4.218,39	5,37	5,47	5,58	5,69	5,80	5,91	6,03	-5,30	6,27	-96,63	6,54	6,67	6,81	6,96	7,11	-4,19	7,42	7,58	7,75	-25,27
	Drenagem AR		0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
	Emprego		8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19
	Saúde		0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
	Risco inundação		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01					
	Criação habitat		1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63

R

Tabela III. 12 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 12 (€/m²) - Continuação

	Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Socio-Ambient	Qualidade água		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Qualidade ar		33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71
	Poluição sonora		2,31					2,41					2,35									
	Ilha de calor		0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,27	0,28	0,29	0,31	0,32
	CF	4.218,39	52,03	49,83	49,94	50,06	50,18	52,71	50,43	39,11	50,69	-52,20	53,32	51,12	51,27	51,42	51,58	40,29	51,91	52,09	52,27	19,26
	CFA	4.218,39	48,18	42,72	39,65	36,80	34,15	33,22	29,42	21,13	25,36	-24,18	22,87	20,30	18,85	17,51	16,26	11,76	14,03	13,04	12,11	4,13
	CFA Acum	4.218,39	4.266,57	4.309,29	4.348,94	4.385,74	4.419,89	4.453,10	4.482,53	4.503,65	4.529,01	4.504,83	4.527,70	4.548,00	4.566,85	4.584,36	4.600,62	4.612,38	4.626,41	4.639,44	4.651,55	4.655,69

Tabela III. 12 – Análise financeira, económica e socio-ambiental do cenário 12 (€/m²) - Continuação

	Ano	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Financeira	Instalação																				-95,01
	Manutenção										-123,74										-123,74
	Sub. vegetação				-11,45								-11,45								-11,45
	Sub. drenagem				-16,03																
	Demolição																				4,47
	Seguro incêndio	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
	Aquecimento	0,91	0,96	1,00	1,05	1,10	1,16	1,21	1,27	1,34	1,40	1,47	1,54	1,62	1,70	1,78	1,87	1,96	2,05	2,16	2,26
	Arrefecimento	1,20	1,26	1,32	1,38	1,45	1,52	1,60	1,67	1,76	1,84	1,93	2,03	2,13	2,23	2,34	2,45	2,57	2,70	2,83	2,97
	Prod. agricola	5,92	6,00	6,08	6,17	6,25	6,34	6,43	6,52	6,61	6,70	6,80	6,89	6,99	7,09	7,19	7,29	7,39	7,49	7,60	7,70
	CF	8,10	8,29	8,48	-18,80	8,89	9,10	9,32	9,55	9,78	-113,71	10,28	-0,91	10,81	11,10	11,39	11,69	12,00	12,33	12,67	-212,71
	CFA	1,61	1,53	1,44	-2,96	1,30	1,23	1,17	1,11	1,05	-11,30	0,95	-0,08	0,85	0,81	0,77	0,73	0,70	0,66	0,63	-9,79
	CFA Acum	-96,81	-95,28	-93,84	-96,80	-95,50	-94,27	-93,11	-92,00	-90,95	-102,25	-101,30	-101,38	-100,53	-99,72	-98,95	-98,21	-97,52	-96,86	-96,23	-106,02
Económica	CF Financeira	8,10	8,29	8,48	-18,80	8,89	9,10	9,32	9,55	9,78	-113,71	10,28	-0,91	10,81	11,10	11,39	11,69	12,00	12,33	12,67	-212,71
	Valor comercial																				
	Valor estético																				
	Valor lazer																				
	CF	8,10	8,29	8,48	-18,80	8,89	9,10	9,32	9,55	9,78	-113,71	10,28	-0,91	10,81	11,10	11,39	11,69	12,00	12,33	12,67	-212,71
	CFA	1,61	1,53	1,44	-2,96	1,30	1,23	1,17	1,11	1,05	-11,30	0,95	-0,08	0,85	0,81	0,77	0,73	0,70	0,66	0,63	-9,79
	CFA Acum	4.216,59	4.218,12	4.219,56	4.216,60	4.217,90	4.219,13	4.220,29	4.221,40	4.222,45	4.211,15	4.212,10	4.212,02	4.212,87	4.213,68	4.214,45	4.215,19	4.215,88	4.216,54	4.217,17	4.207,38
Socio-Ambiental	CF Económica	8,10	8,29	8,48	-18,80	8,89	9,10	9,32	9,55	9,78	-113,71	10,28	-0,91	10,81	11,10	11,39	11,69	12,00	12,33	12,67	-212,71
	Drenagem AR	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
	Emprego	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19
	Saúde	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
	Risco inundação																				
	Criação habitat	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63
	Qualidade água	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Qualidade ar	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71	33,71
	Poluição sonora																				
	Ilha de calor	0,34	0,36	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,47	0,50	0,52	0,55	0,57	0,60	0,63	0,66	0,69	0,73	0,76	0,80	0,84
	CF	52,66	52,86	53,07	25,81	53,51	53,74	53,99	54,24	54,49	-68,98	55,04	43,88	55,63	55,94	56,26	56,60	56,94	57,31	57,68	-167,66
	CFA	10,46	9,72	9,04	4,07	7,81	7,27	6,76	6,29	5,85	-6,85	5,06	3,74	4,39	4,09	3,81	3,54	3,30	3,08	2,87	-7,72
	CFA Acum	4.666,15	4.675,87	4.684,91	4.688,98	4.696,79	4.704,06	4.710,82	4.717,10	4.722,95	4.716,10	4.721,16	4.724,90	4.729,29	4.733,37	4.737,18	4.740,72	4.744,03	4.747,10	4.749,97	4.742,25

ANEXO IV – ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Tabela IV. 1 - Análise de sensibilidade dos parâmetros envolvidos na análise socio-ambiental de Lisboa

	VAL (€)		Δ (%)	
	15%	-15%	15%	-15%
BASE	3.430.328.719,16		0	
Custo de instalação	3.420.756.784,32	3.439.900.654,01	-0,28	0,28
Custo de manutenção	3.423.916.668,76	3.436.740.769,57	-0,19	0,19
Custo de substituição	3.426.775.280,38	3.433.882.157,95	-0,10	0,10
Custo de demolição	3.430.127.143,62	3.430.530.294,71	-0,01	0,01
Seguro de incêndio	3.430.582.137,19	3.430.075.301,13	0,01	-0,01
Consumo de energia	3.429.687.670,29	3.430.969.768,03	-0,02	0,02
Eficiência dos PFV	3.430.622.499,65	3.430.034.938,67	0,01	-0,01
Produção agrícola	3.433.522.602,41	3.427.134.835,92	0,09	-0,09
Isolamento acústico	3.482.560.246,50	3.378.097.191,82	1,52	-1,52
Valor comercial	3.618.591.859,04	3.242.065.579,29	5,49	-5,49
Valor estético	3.561.325.203,58	3.299.332.234,75	3,82	-3,82
Valor de lazer	3.505.251.936,58	3.355.405.501,75	2,18	-2,18
Drenagem e tratamento de águas pluviais	3.430.333.931,50	3.430.323.506,83	0,0002	-0,0002
Emprego	3.453.791.715,96	3.406.865.722,37	0,68	-0,68
Saúde pública	3.431.487.634,48	3.429.169.803,84	0,03	-0,03
Risco inundação	3.430.349.282,93	3.430.308.155,40	0,001	-0,001
Habitat e biodiversidade	3.432.540.691,73	3.428.116.746,59	0,06	-0,06
Qualidade água pluvial	3.430.331.584,00	3.430.325.854,33	0,0001	-0,0001
Qualidade ar	3.486.722.153,96	3.373.935.284,37	1,64	-1,64
Poluição sonora urbana	3.431.279.361,43	3.429.378.076,90	0,03	-0,03
Efeito ilha de calor urbano	3.430.896.022,00	3.429.761.416,33	0,02	-0,02
Taxa de atualização	3.372.245.164,97	3.502.264.480,47	-1,69	2,10
Taxa de inflação energia	3.430.503.747,97	3.430.179.373,11	0,005	-0,004
Taxa de inflação alimentos	3.430.862.872,47	3.429.815.452,23	0,02	-0,01
Taxa de inflação manutenção	3.429.811.485,53	3.430.845.952,79	-0,02	0,02

Tabela IV. 2 – Avaliação económica da cidade de Lisboa ao nível da freguesia

Cenário	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	**VAL**
Ajuda	3	142	1	13	1	23	1	3	1	23	1	3	58.394.408,14 €
Alcântara	3	119	1	13	1	23	1	3	1	23	1	3	53.706.199,45 €
Alvalade	10	480	1	6	4	150	1	13	4	150	1	13	262.155.514,79 €
Areeiro	3	128	1	9	1	49	1	2	1	49	1	2	79.310.799,89 €
Arroios	6	257	1	25	1	41	1	4	1	41	1	4	102.842.273,97 €
Avenidas Novas	5	237	2	52	3	107	1	20	3	107	1	20	183.642.031,81 €
Beato	4	169	1	5	1	17	1	1	1	17	1	1	55.002.343,33 €
Belém	8	389	2	65	3	141	1	10	3	141	1	10	241.663.552,96 €
Benfica	13	620	1	36	2	75	1	9	2	75	1	9	218.177.034,04 €
Campo de Ourique	3	144	1	30	2	71	1	4	2	71	1	4	110.294.789,23 €
Campolide	6	280	1	26	2	52	1	1	2	52	1	1	116.551.318,30 €
Carnide	4	153	1	13	3	133	1	5	3	133	1	5	171.412.435,25 €
Estrela	4	159	1	36	3	103	1	5	3	103	1	5	147.436.788,87 €
Lumiar	7	317	1	41	6	246	1	12	6	246	1	12	328.994.583,89 €
Marvila	5	239	1	5	3	141	1	11	3	141	1	11	200.798.032,53 €
Misericórdia	1	26	1	15	1	8	0	0	1	8	0	0	16.803.515,98 €
Olivais e Parque das Nações	12	581	1	27	6	262	2	50	6	262	2	50	431.079.278,30 €
Penha de França	5	215	1	11	2	78	1	4	2	78	1	4	128.527.543,55 €
Santa Clara	4	195	1	32	3	123	2	60	3	123	2	60	223.062.118,32 €
Santa Maria Maior	3	100	1	31	1	7	1	1	1	7	1	1	35.634.612,15 €
Santo António	3	103	1	14	1	49	1	4	1	49	1	4	76.872.649,14 €
São Domingos de Benfica	7	329	1	15	3	113	1	11	3	113	1	11	193.888.417,10 €
São Vicente	3	132	1	15	1	7	1	1	1	7	1	1	39.327.583,85 €
Lisboa	113	5505	11	526	42	2010	5	226	42	2010	5	226	3.430.328.719,16 €

U