



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

ESTG

SISTEMA DE PESOS PARA A AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE ECONÓMICA DA
CONSTRUÇÃO
André Amorim Gomes

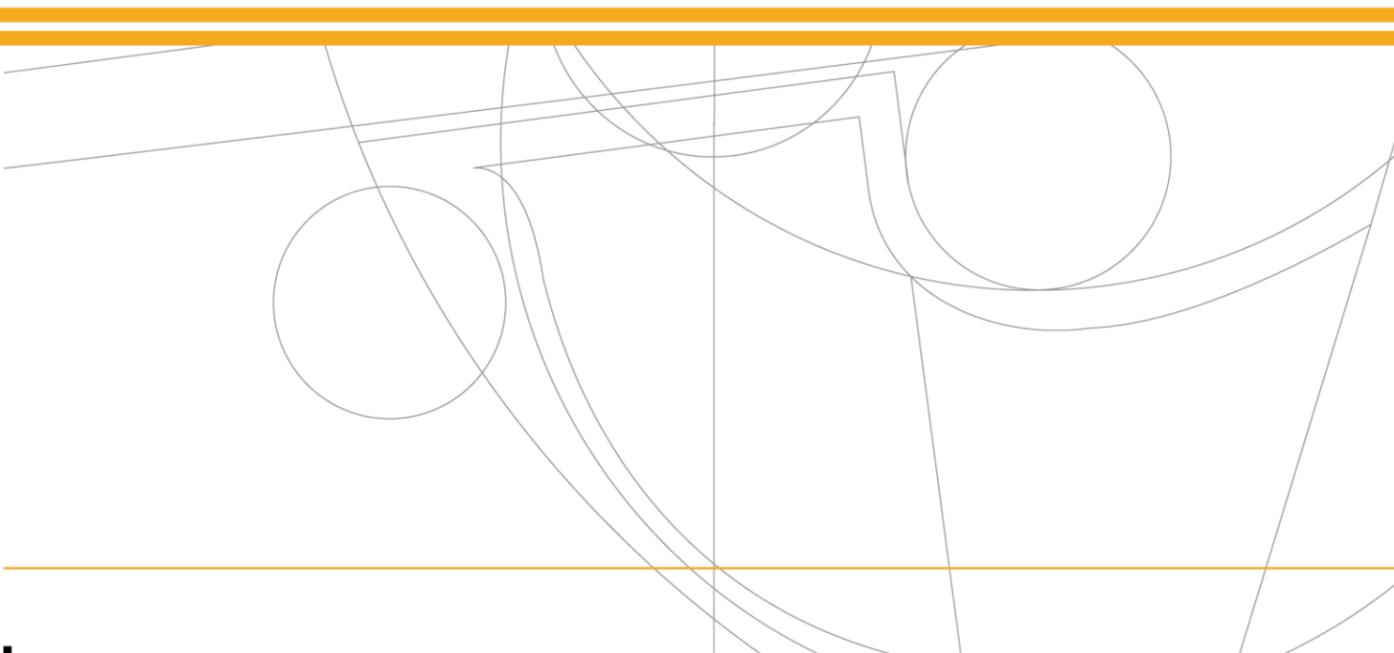
2017



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

SISTEMA DE PESOS PARA A AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE ECONÓMICA DA CONSTRUÇÃO

André Amorim Gomes



Escola Superior de Tecnológica e Gestão



**INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO**

André Amorim Gomes

SISTEMA DE PESOS
PARA AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE ECONÓMICA DA CONSTRUÇÃO

Nome do Curso de Mestrado

Engenharia Civil e do Ambiente

Trabalho efetuado sobre orientação do

Orientador Professor Doutor Domingos António Garcia Ribas

Coorientador Professor Doutor Paulo Barreto Cachim

Novembro de 2016

Dedicatória e Agradecimentos

O final de mais uma etapa no meu percurso académico culminou com a realização desta dissertação de mestrado, que contou com importantes apoios sem os quais não se teria tornado uma realidade e aos quais estarei eternamente grato.

Ao orientador, o Professor Doutor Domingos Ribas, que sempre se mostrou disponível no esclarecimento de dúvidas e problemas que foram surgindo ao longo da realização deste trabalho. Sempre colaborou na totalidade, transmitindo todo o seu conhecimento sobre o tema, que foi uma grande mais valia para o desenvolvimento desta tese.

Ao coorientador, o Professor Doutor Paulo Cachim, que sempre colaborou e acompanhou esta dissertação. A sua experiência em coordenação de dissertações e o conhecimento aprofundado do tema foram sem dúvida fatores importantes para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Professor Doutor Miguel Veiga, que se disponibilizou tanto no esclarecimento do tema da estatística associada aos inquéritos, como no desenvolvimento de um estudo prévio que ajudou a esclarecer a viabilidade do tratamento dos resultados num contexto Regional.

A todos os que contribuíram para que este trabalho, realizando o inquérito a que lhes foi proposto com rigor e profissionalismo, pois foram parte fundamental desta dissertação.

Aos meus amigos que me acompanharam em toda a licenciatura e posteriormente mestrado, que certamente nunca irei esquecer, tanto pelo apoio que sempre me deram bem como pelos momentos inesquecíveis que proporcionaram. Em especial ao Ricardo Correia, ao Flávio Cardoso, ao Nelson Sá, ao Henrique Costa e á Sara Rodrigues que sem dúvida marcaram o meu percurso académico e em tudo lhes tenho a agradecer.

Á minha família e aos amigos que considero minha família, que foram sem dúvida pilares fundamentais no decorrer deste percurso, pelo constante apoio e por proporcionarem momentos de descontração muito importantes para o cumprimento deste objetivo académico.

Por último, dirijo um agradecimento muito especial aos meus pais, por serem exemplos de coragem e me terem transmitido sempre um apoio incondicional e incentivo, ao longo do desenvolvimento desta tese de mestrado. A eles dedico esta dissertação!

Resumo

A sustentabilidade económica em edifícios é um tema bastante atual e sobre o qual esta dissertação se debruça. Existem já vários sistemas que avaliam e certificam a sustentabilidade em edifícios, tendo em conta as três vertentes da sustentabilidade, ambiental, social e económica, baseando-se em hierarquias de atributos devidamente ponderadas. Contudo, a vertente económica é em geral apenas considerada de forma muito simplificada. A metodologia MAEP-RB (Methodology of Assessment of Economic Performance - Residential Buildings) avalia de forma sistemática o desempenho económico de um edifício dentro do conceito sustentabilidade, com base na análise do ciclo de vida na fase anterior à utilização. O principal objetivo desta dissertação consistiu no desenvolvimento de um sistema de pesos adaptada à estrutura hierárquica da metodologia MAEP-RB. O sistema de pesos, numa hierarquia de atributos associada a uma metodologia, é um dos pontos mais importantes, pois define a importância que cada atributo tem perante a análise da sustentabilidade económica de um determinado edifício. A complexidade da criação de um sistema de pesos está na procura dos valores que melhor conseguem definir a importância de determinados atributos perante a hierarquia. Nesta dissertação recorreu-se à realização de inquéritos a profissionais de engenharia como forma angariar pareceres técnicos e posteriormente, com base no processo de análise hierárquico (AHP), definir o sistema de pesos da hierarquia de atributos da metodologia MAEP-RB.

Abstract

Economic sustainability in buildings is a very current theme that has an increasing importance. There are already some systems that assess and certify the sustainability in buildings, taking into account the three aspects of sustainability, environmental, social and economic, based on weighted hierarchies. However, the economic aspect is often only marginally considered. The MAEP-RB methodology (Methodology of Assessment of Economic Performance - Residential Buildings) systematically assesses the economic performance of a building within the sustainability concept, based on life cycle analysis in the before use phase. The main objective of this dissertation was the definition of the system of weights for the attributes of the MAEP-RB methodology. The system of weights, in a hierarchy associated with this type of methodology, is one of the most important points, because it defines the importance of each attribute before the analysis of the economic sustainability of a particular building. The complexity of creating a system of weights is in the search for values that best represent the importance of certain attributes within the

hierarchy. In this dissertation, we carried out a series of questionnaires to engineering professionals as a way to obtain a technical advice and subsequently, on the basis the analyses hierarchy process (AHP), define the system of weights of the methodology MAEP-RB.

Índice de Figuras

Figura 1 - Certificado de sustentabilidade - etiqueta de sustentabilidade, do sistema SBTtool ^{PT}	33
Figura 2 - Seis vertentes, que dão origem a 22 áreas, que traduzem o conceito da sustentabilidade, do sistema LiderA	34
Figura 3 - Hierarquia das certificações de sustentabilidade atribuídas pelo LiderA.....	35
Figura 4 - Estrutura hierárquica da metodologia MAEP-RB.....	45
Figura 5 - Figura representativa da matriz (mxn), exemplo)	57
Figura 6 - Matriz de comparação par a par entre parâmetros subordinados do indicador económico.....	64
Figura 7 - Matriz do indicador A0.1.....	65
Figura 8 - Exemplo de uma matriz inconsistente	66
Figura 9 - Exemplo da mesma matriz, mas com um julgamento consistente	66
Figura 10 - Pesos relativos (cálculo dos pesos globais).....	72
Figura 11 - Pesos globais (cálculo dos pesos globais)	72

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Tabela de créditos, do sistema BREEAM, atribuídos a cada indicador ambiental, inseridos nas respectivas categorias ambientais.....	20
Tabela 2 - Classificação atribuída, pelo sistema BREEAM, de acordo com a pontuação final obtida na avaliação da sustentabilidade.....	23
Tabela 3 - Escala utilizada pelo sistema LEED, para determinação da importância relativa, na comparação dos indicadores ambientais	25
Tabela 4 - Valor numérico de comparação atribuído á comparação de importância verbal, no sistema LEED (comparação feita pelo método AHP)	26
Tabela 5 - Categorias avaliadas, no sistema LEED, com os respectivos créditos associados a cada categoria.	27
Tabela 6 - Intervalos de pontuação respectivos às diferentes certificações LEED	29
Tabela 7 - Categorias e indicadores que integram a ferramenta SBTool2015	30
Tabela 8 - Pontuação atribuída à avaliação da existência de efeito potencial	31
Tabela 9 - Pontuação atribuída à avaliação da duração do efeito potencial	31
Tabela 10 - Pontuação atribuída à avaliação da Intensidade do efeito potencial	32
Tabela 11 - Pontuação atribuída à avaliação do sistema primário diretamente afetado	32
Tabela 12 - Pontuação atribuída á avaliação do efeito local	32
Tabela 13 - Classificação, do sistema SBTool, de acordo com o valor da escala obtido na avaliação da sustentabilidade	33
Tabela 14 - 22 áreas que constituem o sistema LiderA e os critérios correspondentes a cada uma delas.....	37
Tabela 15 - Comparação dos 4 sistemas estudados, nas três dimensões da sustentabilidade.	39
Tabela 16 - Descrição da hierarquia de atributos da metodologia MAEP-RB.....	46
Tabela 17 - Número de matrizes de comparação e respectivas ordens de cada matriz.....	50
Tabela 18 - Escala definida para avaliação das comparações dos atributos	51
Tabela 19 - Escala definida por Thomas Saaty	57
Tabela 20 - Tabela representativa de uma matriz de comparação de ordem 3	59
Tabela 21 - Valores de RI de acordo com a ordem, n, da matriz, para calcular o IC (índice de consistência).....	60
Tabela 22 - Escala de importância, aplicável às comparações "par a par"	64
Tabela 23 - Matriz A0.1: Custo de compra/aluguer de terreno/edifício existente, taxas e impostos associados	67
Tabela 24 - Honorários de profissionais relacionados com aquisição do terreno.....	67
Tabela 25 - Custo com arranjos exteriores e obras de paisagismo.....	68
Tabela 26 - Custo de produção e transformação de um produto dentro do estaleiro	68
Tabela 27 - Custo de aquecimento, arrefecimento, ventilação e controle de humidade no processo de construção	68
Tabela 28 - Custo de instalação de produtos dentro da edificação.....	68
Tabela 29 - Custo de gestão de resíduos RCD.....	68
Tabela 30 - Custos inerentes a dotar o edifício de condições de entrega, pronto a utilizar .	68
Tabela 31 - Custos relativos a honorários de profissionais relacionados com a construção.	69
Tabela 32 - Custos relativos a impostos taxas, licenças de construção e inspeções	69
Tabela 33 - Terrenos, taxas associadas e aconselhamento	70
Tabela 34 - Transporte	70

Tabela 35 - Processo de construção e instalação	70
Tabela 36 - Etapa de produto.....	71
Tabela 37 - Etapa de construção.....	71
Tabela 38 - Etapa anterior á utilização.....	71
Tabela 39 - Pesos relativos das Etapas.....	73
Tabela 40 - Pesos relativos dos módulos	73
Tabela 41 - Pesos relativos dos indicadores	73
Tabela 42 - Pesos relativos dos indicadores (cont.).....	73
Tabela 43 - Pesos relativos dos indicadores (cont.).....	73
Tabela 44 - Pesos relativos dos parâmetros	73
Tabela 45 - Pesos relativos dos parâmetros (continuação)	73
Tabela 46 - Pesos relativos dos parâmetros (continuação)	73
Tabela 47 - Pesos relativos dos parâmetros (continuação)	73
Tabela 48 - Pesos relativos dos parâmetros (continuação)	73
Tabela 49 – Pesos relativos dos parâmetros (continuação)	74
Tabela 50 - Pesos relativos dos parâmetros (continuação)	74
Tabela 51 - Valores da razão de consistência (RC) para todas as matrizes de todos os inquéritos recolhidos	74
Tabela 52 - Valores da razão de consistência (RC) para todas as matrizes de todos os inquéritos recolhidos (cont.).....	75
Tabela 53 - Valores da razão de consistência (RC) para todas as matrizes de todos os inquéritos recolhidos (cont.).....	75
Tabela 54 - Intervalos da razão de consistência	76
Tabela 55 - Pesos globais dos parâmetros.....	77
Tabela 56 - Pesos globais dos parâmetros (continuação).....	77
Tabela 58 - Pesos globais dos parâmetros (continuação).....	77
Tabela 59 - Pesos globais dos parâmetros (continuação).....	77
Tabela 60 - Pesos globais dos parâmetros (continuação).....	77
Tabela 61 - Pesos globais dos parâmetros (continuação).....	77
Tabela 62 - Pesos globais dos parâmetros (continuação).....	77
Tabela 62 - Pesos globais dos indicadores	79
Tabela 63 - Pesos globais dos indicadores (continuação).....	79
Tabela 64 - Pesos globais dos indicadores (continuação).....	79
Tabela 65 - Pesos globais dos módulos.....	80
Tabela 66 - Pesos globais das Etapas	80
Tabela 67 - Pesos globais (Parâmetros, Indicadores, Módulos, Etapas).....	81
Tabela 68 - Diferença dos pesos relativos, referentes aos parâmetros	82
Tabela 69 - Diferença dos pesos relativos, referentes aos indicadores.....	84
Tabela 70 - Diferença dos pesos relativos, referentes aos módulos	86
Tabela 71 - Diferença dos pesos relativos, referente às etapas	87
Tabela 72 - Diferença dos pesos globais referentes aos parâmetros	87
Tabela 73 - Diferença dos pesos globais, referentes aos indicadores	90
Tabela 74 Diferença dos pesos globais, referentes aos módulos.....	91
Tabela 75 - Diferença dos pesos globais, referente às etapas.....	92

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Pesos, em %, atribuídos às respetivas secções ambientais incluídas no regime BREAAAM 2014, Novas Construções.....	19
Gráfico 2 - Valores percentuais das ponderações de cada parâmetro, no sistema BREEAM 20	
Gráfico 3 - Número de créditos atribuídos a cada categoria, do sistema BREEAM.....	22
Gráfico 4 - Importância relativa, em %, dos indicadores ambientais considerados pelo sistema LEED.	26
Gráfico 5 - Pesos, em %, atribuídos às categorias do LEED v4.....	27
Gráfico 6 - Ponderação, em %, para as 22 áreas do LiderA	36
Gráfico 7 - Comparação das três vertentes da sustentabilidade, dos sistemas de certificação estudados.....	39
Gráfico 8 - Representação de WGPI peso global de cada parâmetro.....	78
Gráfico 9 - Representação do WGj peso global de cada indicador.....	79
Gráfico 10 - Representação de WGMk peso global de cada módulo do ciclo de vida	80
Gráfico 11 - Representação WGEI peso global de cada etapa do ciclo de vida	81
Gráfico 12 - Comparação dos pesos relativos, referentes aos parâmetros.....	84
Gráfico 13 - Comparação dos pesos relativos, referentes aos indicadores.....	85
Gráfico 14 - Comparação dos pesos relativos, referentes aos módulos.....	86
Gráfico 15 - Comparação dos pesos relativos, referente às Etapas.....	87
Gráfico 16 - Comparação dos pesos globais referentes aos parâmetros	89
Gráfico 17 - Comparação dos pesos globais, referentes aos indicadores	91
Gráfico 18 - Comparação dos pesos globais, referentes aos módulos	92
Gráfico 19 - Comparação dos pesos globais, referentes às etapas	93
Gráfico 20 - Pesos relativos obtidos, pelos inquéritos, para P1.....	95
Gráfico 21 - Pesos relativos obtidos, pelos inquéritos, para P4.....	95
Gráfico 22 - Pesos relativos obtidos, pelos inquéritos, para P24.....	96
Gráfico 23 - Pesos relativos obtidos, pelos inquéritos, para P45.....	96
Gráfico 24 - Pesos relativos obtidos, pelos inquéritos, para A4.1	97
Gráfico 25 - Pesos relativos obtidos, pelos inquéritos, para A4.2	97
Gráfico 26 - Pesos relativos obtidos, pelos inquéritos, para A5.14	97
Gráfico 27 - Pesos relativos obtidos, pelos inquéritos, para A3	98
Gráfico 28 - Pesos relativos obtidos, pelos inquéritos, para a etapa de pré-construção	98
Gráfico 29 - Pesos relativos obtidos, pelos inquéritos, para a etapa de produto.....	99
Gráfico 30 - Pesos relativos obtidos, pelos inquéritos, para a etapa de construção.....	99

Índice

1 – FUNDAMENTOS E OBJETIVOS	12
1.1 - Introdução.....	12
1.2 - Objetivos	15
1.3 - Organização da dissertação	16
2 - SISTEMAS DE PESOS NOS DIFERENTES MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE	17
2.1 - Enquadramento	17
2.1.1 - BREAAAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)	18
2.1.2 - LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)	23
2.1.3 - SBTool (Sustainable Building Tool).....	30
2.1.4 - LiderA	34
2.2 - Considerações do capítulo	38
2.2.1 - Comparação dos valores dos pesos globais obtidos pelos 4 sistemas de certificação, analisados neste capítulo	39
3 - ESTRUTURA E CONTEÚDO DA METODOLOGIA MAEP-RB.....	41
3.1 - Enquadramento	41
3.2 - Desenvolvimento da metodologia MAEP-RB.....	42
3.3 - Estrutura da metodologia MAEP-RB.....	44
3.3.1 - Descrição da hierarquia de atributos.....	46
3.3.2 - Definição da escala de importância	50
3.3.3 - Obtenção dos pesos na metodologia MAEP-RB	51
3.4 - Analytic Hierarchy Process (AHP).....	54
3.4.1 - Bases para o uso	55
3.4.2 - Processo de análise hierárquica.....	56
4 - DETERMINAÇÃO DE UM SISTEMA DE PESOS PARA A ESTRUTURA HIERÁRQUICA	61
4.1 - Enquadramento	61
4.2 - Inquérito a profissionais do setor da construção	62
4.2.1 - Amostra.....	62
4.2.2 - Inquérito.....	64
4.3 - Resultados.....	72
4.3.1 - Pesos relativos	72
4.3.2 - Pesos Globais	76
4.4 - Comparação dos pesos relativos e globais	81

4.4.1 - Comparação dos valores referentes aos pesos relativos, obtidos para os parâmetros.....	82
4.4.2 - Comparação dos valores referentes aos pesos relativos, obtidos para os indicadores.....	84
4.4.3 - Comparação dos valores referentes aos pesos relativos, obtidos para os módulos.....	85
4.4.4 - Comparação dos valores referentes aos pesos relativos, obtidos para as etapas.....	86
4.4.5 - Comparação dos valores referentes aos pesos globais, obtidos para os parâmetros.....	87
4.4.6 - Comparação dos valores referentes aos pesos globais, obtidos para os indicadores.....	90
4.4.7 - Comparação dos valores referentes aos pesos relativos, obtidos para os módulos.....	91
4.4.8 - Comparação dos valores referentes aos pesos globais, obtidos para as etapas.....	92
4.5 - Interpretação dos resultados.....	93
4.6 - Considerações finais sobre o capítulo.....	99
5 - CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS	101
5.1 - Conclusões	101
5.2 - Perspetivas futuras	104

1 – FUNDAMENTOS E OBJETIVOS

1.1 - Introdução

A origem da sustentabilidade surge tendo em vista dois conceitos. Inicialmente, na biologia, por meio da ecologia, e posteriormente, na economia, baseando-se no desenvolvimento, em face do crescimento apresentado ao longo do século XX.

Foi no século XX que o conceito do desenvolvimento sustentável começou a surgir. A sociedade começou a ter em vista as consequências geradas, no meio ambiente, pelas políticas de desenvolvimento definidas na altura. Assim, a partir desse mesmo século, a preocupação com o meio ambiente elevou-se e a temática da sustentabilidade tornou-se bastante atrativa. No período, que correspondeu aos meados entre os anos 60 e 70, a ciência e o progresso tecnológico tiveram a sua imagem um pouco denegrida, pois passou-se a considerar essencial para o bem-estar e para a sobrevivência da humanidade, a convivência em harmonia com a natureza.

Na atualidade, um dos maiores reptos desta temática, é a superação do conflito entre desenvolvimento e preservação do meio ambiente. Para muitos entendidos estes são dois conceitos que entram em discordância, sendo que um impossibilita o outro. Para outros esta dialética pode ser amparada pelo desenvolvimento sustentável, desde que surjam, por parte dos agentes económicos e o Estado, esforços mútuos nesse sentido.

A realidade atual caminha em direção oposta às referências defendidas pelo desenvolvimento sustentável, nos quais a procura de uma concordância entre as três dimensões, ambiental, económica e social, é a base deste conceito. A necessidade de as gerações futuras terem, pelo menos, as mesmas possibilidades das gerações atuais, em satisfazerem as suas necessidades é umas das razões pela qual o desenvolvimento sustentável tem de ser encarado com seriedade.

Tendo em conta que a procura dos recursos materiais, provenientes da natureza, tendem para que no futuro, o problema da escassez de determinadas matérias-primas seja um

problema que afete o planeta, é necessário contrariar esse efeito, apostando no desenvolvimento sustentável, defendendo a procura de uma harmonia entre as vertentes social, económica e ambiental.

A indústria da construção, nomeadamente o setor dos edifícios tem um elevado grau de importância na Europa. Contudo, nos dias de hoje, a mão-de-obra não qualificada e a utilização de técnicas construtivas tradicionais, são problemas que afetam este setor. A consequência do subdesenvolvimento na construção, em alguns países, leva ao consumo desmedido de matérias-primas, de recursos energéticos não renováveis e á excessiva produção de resíduos, tudo questões que a pouco e pouco caem para uma tendência de degradação ambiental constante.

No entanto, numa análise ao mercado da construção é possível verificar que já se encontram disponíveis algumas tecnologias comprovadamente mais sustentáveis do que as convencionais. Segundo a Comissão Europeia o principal obstáculo à sua utilização é a falta de interesse que este tema suscita aos construtores e compradores, pois estes julgam erradamente que este tipo de construção é dispendioso, duvidando também da sua fiabilidade e desempenho a longo prazo (Mateus 2009).

É certo que, á medida que o tempo passa, a sociedade em Portugal, começa a adotar a construção sustentável. Isto porque os países mais desenvolvidos já olham para a sustentabilidade como um aspeto crucial na avaliação da qualidade na construção. Esta nova temática servirá para potenciar vendas de produtos sustentáveis, o que fará com que empresas fornecedoras aproveitem a tendência e aumentem significativamente as vendas de produtos, designados mais sustentáveis do que os até agora mais utilizados.

Com o aparecimento de novas tecnologias, a criação de novos produtos e o desenvolvimento de novos processos construtivos, mais sustentáveis, observa-se um aumento da construção sustentável. Consequentemente, surge a necessidade de conseguir avaliar e certificar o nível de sustentabilidade em cada construção. Para isso foram criados sistemas capazes de executar essa mesma tarefa. Hoje em dia existem vários sistemas de certificação da sustentabilidade de edifícios, destacando-se por serem os principais no panorama internacional o Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), desenvolvido pela United States Green Building Council (USGBC), o Sustainable Building Tool (SBTool), que reuniu na sua elaboração representantes de 20 países e o pioneiro Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM), que surgiu no Reino Unido em

1990. (Costa 2012) Em Portugal foi criado o LiderA, que está estabelecido para avaliar e certificar construções sustentáveis a nível nacional.

Estes sistemas de avaliação da sustentabilidade têm por base o estabelecimento de diversos indicadores de sustentabilidade, relacionados com as três dimensões do desenvolvimento sustentável: ambiental; social; e económica.

Além disso, alguns destes sistemas de certificação, da sustentabilidade, tendem a concentrar-se nos aspetos do desempenho da construção, tais como, a eficiência energética ou o uso de matérias-primas e recursos. Enquanto, outros avaliam o impacto ambiental do edifício, seguindo um sistema de pesos, associado aos valores, da pontuação, obtida na avaliação. Assim, é possível diferenciar graus de importância entre os diferentes indicadores avaliados (Suzer 2015).

A metodologia MAEP-RB foi concebida com o objetivo de permitir avaliar o desempenho económico, ao nível da sustentabilidade, de um edifício, durante a sua fase anterior à utilização, tendo por base o seu comportamento durante todo o ciclo de vida. Trata-se de uma abordagem modular que reúne todas as informações sobre as 4 fases do ciclo de vida de um edifício: fase anterior à utilização; fase de utilização; fase do fim do ciclo de vida; fase posterior ao fim do ciclo de vida. Cada uma destas fases está dividida em 4 níveis: etapas, módulos, indicadores e parâmetros. Para já a metodologia MAEP-RB apenas está desenvolvida para a primeira fase do ciclo de vida, a fase anterior à utilização. Em cada nível da hierarquia da metodologia, a informação é obtida consoante é agregada nos níveis inferiores. Para isso é criado um sistema de pesos que define a importância de cada atributo perante a hierarquia (pesos globais).

A determinação dos pesos, nos diferentes sistemas de avaliação e certificação de sustentabilidade, é efetuada de maneiras distintas. Estes podem ser obtidos recorrendo a um conjunto de intervenientes no setor da construção, nomeadamente, construtores, projetistas, arquitetos ou utilizadores, ou mesmo através de um painel de peritos definido pela organização responsável pela ferramenta de certificação. Ainda assim, os mesmos pesos poderão ser determinados através de uma recolha de dados efetuada por meio de um inquérito, que devem ser respondidos por um determinado grupo de pessoas intervenientes no ciclo de vida dos edifícios. Ao optar por este método, deve-se ter sempre em conta a definição da amostra, para que os valores obtidos tenham algum valor científico (Costa, 2012).

1.2 - Objetivos

Os principais objetivos a atingir nesta dissertação são:

1. Desenvolver um sistema de pesos, para a avaliação do desempenho e da sustentabilidade económica de edifícios, baseada na metodologia MAEP-RB, através de um inquérito realizado a diversos intervenientes do setor da construção.
2. Analisar as diferenças existentes nas distintas atribuições de pesos, nos diferentes grupos de inquiridos.
3. Averiguar os diferentes pontos de vista, dos inquiridos, no que diz respeito á sustentabilidade numa vertente económica.

Na realização desta dissertação, foi utilizado, para determinação dos pesos, a criação de um inquérito. Para isso foi necessário definir uma amostra significativa e restringida a um determinado grupo de intervenientes no setor da construção, nomeadamente, arquitetos, construtores e engenheiros.

É pretendido que sejam obtidas o maior número possível de respostas aos inquéritos, a cada um dos três setores da construção inquiridos, arquitetos, engenheiros civis e construtores, para que, através dos diferentes pareceres técnicos, seja possível elaborar uma análise mais abrangente e diversificada. É desejada a obtenção de um número razoável de inquéritos respondidos, pois só assim é possível combater a subjetividade na atribuição dos pesos à hierarquia de atributos da metodologia MAEP-RB e conseguir alcançar diferentes pontos de vista dentro do tema da sustentabilidade económica.

Nesta dissertação é pretendido apresentar algumas metodologias já existentes no domínio da avaliação da construção sustentável, dando ênfase à estrutura do sistema e ponderações de cada uma.

Será apresentada a hierarquia de atributos da metodologia MAEP-RB, que será objeto de estudo e avaliação, com a finalidade da construção do respetivo sistema de pesos.

Formular, fundamentar e aplicar o processo de análise hierárquica AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e desenvolver uma ferramenta AHP para derivação da ponderação entre os 4 níveis da estrutura hierárquica (parâmetros, indicadores, módulos e etapas de ciclo de vida), para definição do sistema de pesos relativos e globais para a estrutura hierárquica de atributos da metodologia MAEP-RB.

Expor os dados obtidos, através da análise das repostas adquiridas nos inquéritos realizados aos diferentes intervenientes do setor da construção, e a respetiva interpretação dos mesmos, sobe forma de gráficos devidamente legendados e fundamentados.

1.3 - Organização da dissertação

Os diversos temas apresentados e desenvolvidos pela presente dissertação encontram-se organizados em cinco capítulos, dos quais o primeiro capítulo e o último capítulo dizem respeito, respetivamente, á introdução e conclusão da dissertação. Os capítulos dois, três e quatro constituem a fundamentação teórica e a apresentação dos dados. Nos parágrafos seguintes é apresentado sumariamente o conteúdo de cada um dos capítulos.

No capítulo 1, é elaborado o enquadramento da dissertação de forma a contextualizar os assuntos que serão desenvolvidos e as metodologias e ferramentas utilizadas ao longo da mesma.

No capítulo 2, serão apresentadas as estruturas e respetivas ponderações desenvolvidas em diferentes métodos de avaliação da sustentabilidade existentes, tanto a nível nacional como a nível internacional, com o intuito de ser possível a perceção das diferentes formas de obtenção dos sistemas de pesos.

No capítulo 3, serão apresentados o desenvolvimento e a estrutura da hierarquia de atributos da metodologia MAEP-RB, bem como a metodologia AHP (*Analytic Hierarchy Process*), com a devida fundamentação e formulação, aplicada à hierarquia, para obtenção dos pesos relativos e absolutos.

No capítulo 4, são apresentados os resultados obtidos, através da análise das repostas dos inquéritos realizados aos três setores da construção inquiridos (arquitetos, engenheiros civis e construtores). São tecidas considerações finais e definido um sistema de pesos para a estrutura hierárquica, baseado nas repostas obtidas.

No capítulo 5, são apresentadas as conclusões retiradas com o desenvolvimento desta dissertação e as perspetivas futuras que se podem alcançar caso o tema desta dissertação seja mais desenvolvido, nomeadamente no que diz respeito á construção do sistema de pesos associado á estrutura hierárquica da metodologia MAEP-RB.

2 - SISTEMAS DE PESOS NOS DIFERENTES MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE

2.1 - Enquadramento

Atualmente a degradação ambiental e o esgotamento dos recursos, são realidades evidentes. Isto leva a que aumente a sensibilidade para as responsabilidades a nível ambiental. Como outros sectores, a indústria da construção terá, em principal foco, a constante procura de alternativas construtivas e novas tecnologias capazes de desenvolver novos materiais, que não tragam consequências tão significativas para o ambiente, logo, que respeitem os princípios emergentes da sustentabilidade (Cole, 1999).

Os sistemas de avaliação e certificação da sustentabilidade foram desenvolvidos com o intuito de, através de um meio legítimo, avaliar cada edifício, tendo em conta uma série de considerações ambientais, económicas e sociais. O aparecimento de novos conceitos como, o desenvolvimento sustentável e sustentabilidade na construção, e a utilização de métodos de certificação, forneceu a experiência prática e teórica, necessária, para a promoção construção de edifícios ditos sustentáveis (Cole, 1999).

Cada sistema de certificação tem o seu método e parâmetros de avaliação diferentes. Em cada um deles existe uma ponderação que diferencia a importância dos parâmetros. A ponderação reconhece-se como uma parte essencial na metodologia dos sistemas de avaliação da sustentabilidade. Duas questões críticas na obtenção destas ponderações, são a base para conseguir os valores dos pesos e a forma como o processo de ponderação afeta a interpretação do resultado final obtido (Ferreira, et al., 2014).

Como se evidenciou, a escolha da ponderação é um dos procedimentos fulcrais em qualquer metodologia, que acarreta sempre algum nível de subjetividade, já que a opção por diferentes conjuntos de pesos pode ter influência no resultado final pretendido, a certificação (Ferreira, et al., 2012).

Neste sentido, de acordo com (Ahlroth, et al., 2011), os principais métodos de determinação de pesos dividem-se em dois grupos, ponderações monetárias e não monetárias, cada um deles subdividindo-se noutras metodologias:

1. Ponderação monetária:
 - 1.1. Disponibilidade revelada para pagar;
 - 1.2. Disponibilidade expressa para pagar;
 - 1.3. Imputação da disponibilidade para pagar;
 - 1.4. Disponibilidade política para pagar;
 - 1.5. Evitar custos.
2. Ponderação não monetária:
 - 2.1. Métodos de proxy;
 - 2.2. Métodos de distância ao alvo;
 - 2.3. Métodos com painel de pesos.

Não existindo ainda consenso sobre a melhor forma de obter as ponderações, pode verificar-se que, ao escolher uma amostra de quatro diferentes ferramentas de avaliação da sustentabilidade na construção (SBTool^{PT}, LiderA, LEED e BREEAM), em todos eles se adotou uma ponderação não monetária (Ferreira, et al., 2012).

No seguimento deste capítulo serão abordados os diferentes sistemas de pesos pertencentes a alguns dos sistemas de avaliação da sustentabilidade na construção. São eles o Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), o Sustainable Building Tool (SBTool), já com uma versão portuguesa, o pioneiro Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM) e o desenvolvido a nível nacional, LiderA.

2.1.1 - BREAAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)

O Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM) foi o primeiro sistema de avaliação da sustentabilidade e surgiu em 1990, no Reino Unido.

Este sistema tem como objetivo avaliar e reduzir os impactos ambientais criados pelos edifícios, e até á data foi aplicada a sua certificação a mais de 260000 construções, em mais de 50 países, o que garante a característica de adaptabilidade do sistema (BREEAM, 2014).

Este sistema tem por base nove categorias fixas e uma adicional, que foi inserida a partir da versão do ano 2011, do sistema BREAAAM, atualmente a versão mais recente deste sistema é o BREAAAM 2014, Novas Construções.

A totalidade percentual é dividida pelas nove categorias fixas existentes, sendo elas: Gestão, saúde e bem-estar, energia, transportes, água, materiais, resíduos, utilização do terreno e ecologia, e por fim, poluição. Posteriormente é atribuído 10% á categoria adicional, denominada por inovação. O gráfico 1 apresenta as ponderações para cada uma das nove secções ambientais incluídas no regime *BREAAAM 2014, Novas Construções*.

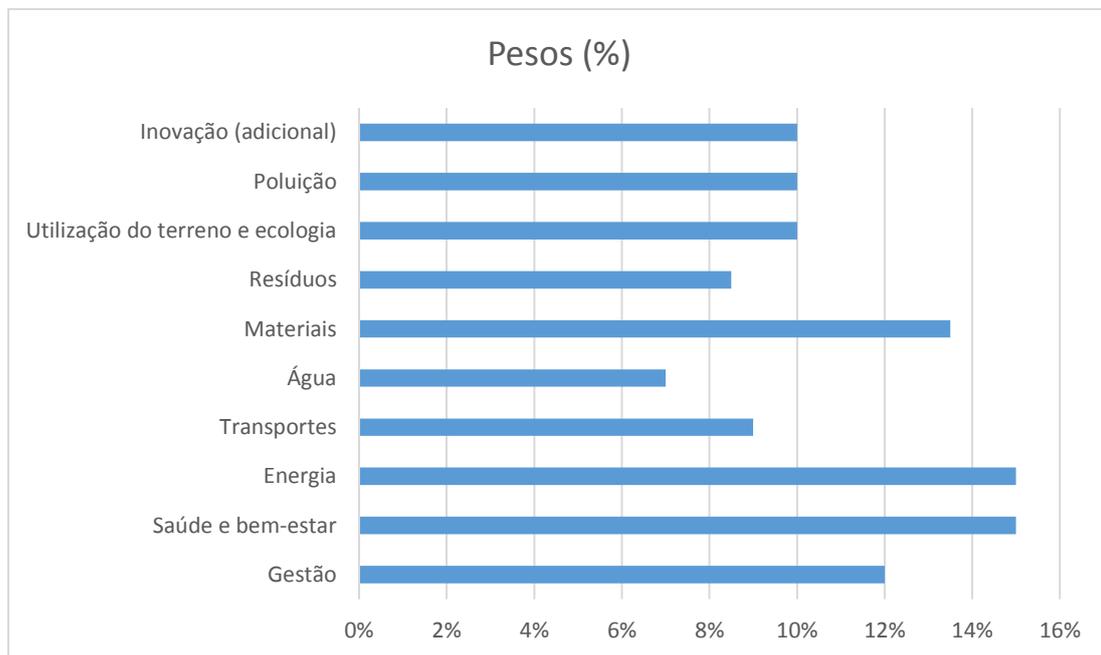


Gráfico 1 - Pesos, em %, atribuídos às respetivas secções ambientais incluídas no regime *BREAAAM 2014, Novas Construções*

O sistema BREEAM usa um sistema de ponderação explícita, que deriva de uma combinação de consensos formados por um painel de peritos. O produto deste exercício, resulta na determinação das ponderações relativas a cada categoria ambiental do BREEAM (BREEAM, 2014). Para poder chegar aos valores dos pesos, expostos no gráfico acima, foi criado um painel de dez especialistas, para responderem a um inquérito, com o objetivo de julgar a importância de treze parâmetros ambientais. As suas respostas individuais foram agregadas para criar um único conjunto de ponderações (BREEAM, 2008). O gráfico 2 apresenta os valores percentuais das ponderações de cada parâmetro.

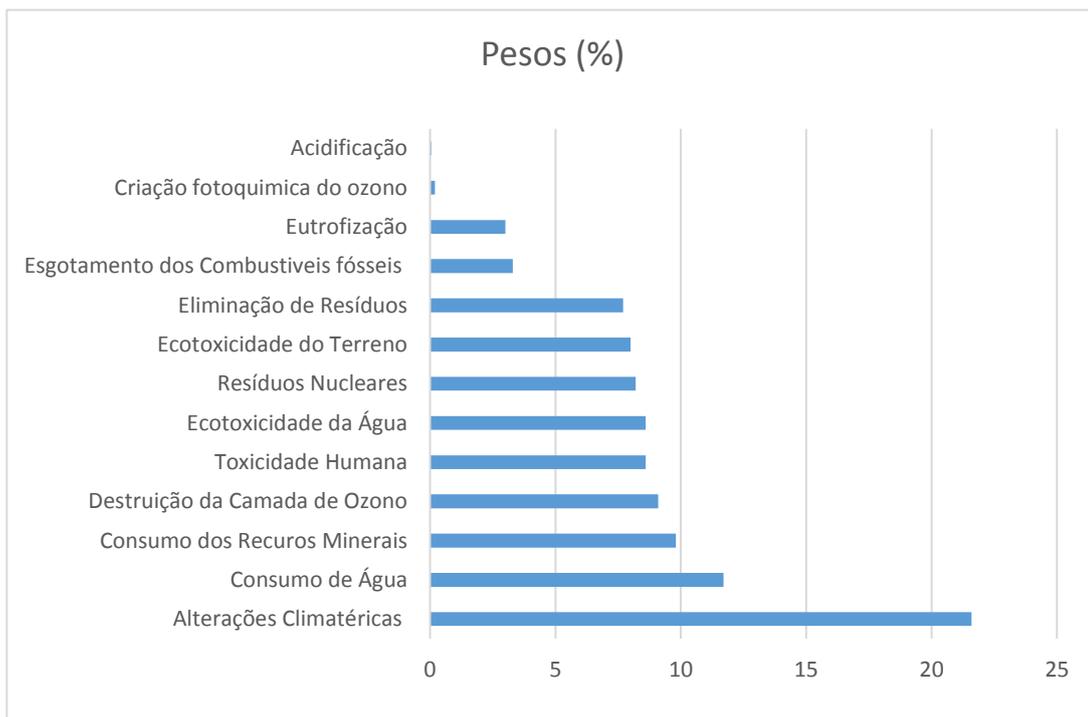


Gráfico 2 - Valores percentuais das ponderações de cada parâmetro, no sistema BREEAM

Estas ponderações podem ser ajustadas de acordo com as condições locais existentes no país onde está a ser avaliado o edifício em questão. A existência de ponderações nacionais ou, se houver uma variação significativa de clima e ambiente, são motivos para as ponderações serem adaptadas (Suzer 2015).

O sistema *BREEAM 2014, Novas construções*, atribui 51 indicadores de avaliação individual, abrangendo as nove categorias fixas mais a décima, adicional. Cada indicador tem um número de créditos associado (BREEAM 2014).

Os créditos são atribuídos conforme os requisitos forem sendo cumpridos, pelo edifício em questão. O número de créditos disponíveis para cada indicador de avaliação é diferente, sendo, geralmente, atribuído maior número de créditos aos indicadores com maior importância na diminuição do seu impacto (BREEAM, 2014).

Para cada uma das categorias, os indicadores de sustentabilidade e os créditos associados a cada um encontram-se apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Tabela de créditos, do sistema BREEAM, atribuídos a cada indicador ambiental, inseridos nas respectivas categorias ambientais.

Categorias	Indicadores	Créditos disponíveis
Gestão	Man 01 - Projeto base e design	4
	Man 02 - Custo do ciclo de vida e planeamento da vida útil	4
	Man 03 - Boas práticas de construção	6

	Man 04 - Comissionamento e entrega	4
	Man 05 - Acompanhamento pós construção	3
Saúde e Bem-Estar	Hea 01 - Conforto visual	Depende do tipo de edifício
	Hea 02 - Qualidade do ar interior	Depende do tipo de edifício
	Hea 03 - Análises laboratoriais (garantia de um ambiente interno saudável)	Depende do tipo de edifício
	Hea 04 - Conforto térmico	3
	Hea 05 - Conforto acústico	Depende do tipo de edifício
	Hea 06 - Proteção e segurança	2
Energia	Ene 01 - Redução de emissões de CO2	12
	Ene 02 - Monitorização de energia	Depende do tipo de edifício
	Ene 03 - Iluminação exterior	1
	Ene 04 - Tecnologias <i>low and zero carbon</i>	3
	Ene 05 - Uso eficiente de energia em dispositivos de baixo ou nula quantidade de carbono	2
	Ene 06 - Sistemas de transporte energeticamente eficientes	3
	Ene 07 - Eficiência energética de sistemas laboratoriais	Depende do tipo de edifício
	Ene 08 - Equipamentos energéticos eficientes	2
	Ene 09 - Espaço para secar roupa	1
Transportes	Tra 01 - Acessibilidades a transportes públicos	Depende do tipo de edifício
	Tra 02 - Proximidade às amenidades	Depende do tipo de edifício
	Tra 03 - Ciclo vias	Depende do tipo de edifício
	Tra 04 - Capacidade máxima do parque de estacionamento	Depende do tipo de edifício
	Tra 05 - Otimização do uso de transportes	1
Água	Wat 01 - Consumo de água	5
	Wat 02 - Monitorização da qualidade da água	1
	Wat 03 - Detecção e prevenção de fugas de água	2
	Wat 04 - Equipamento de água eficiente	1
Materiais	Mat 01- Impactos de ciclo de vida	Depende do tipo de edifício
	Mat 02 - Paisagismo e proteção de fronteira	1
	Mat 03 - Procura responsável de materiais	4
	Mat 04 - Isolamento	1
	Mat 05 - Projetar para durabilidade e resiliência	1
	Mat 06 - Materiais eficientes	1
Resíduos	Wst 01 - Gestão de resíduos de construção	4
	Wst 02 - Agregados reciclados	1
	Wst 03 - Resíduos de utilização	1
	Wst 04 - Escolha dos materiais a utilizar nos pisos e tetos por parte do futuro ocupante	1
	Wst 05 - Adaptação para mudanças de clima	1
	Wst 06 - Fácil e funcional adaptação	1
Utilização do terreno e ecologia	LE 01 - Escolha do local	2
	LE 02 - Valor ecológico do local e proteção dos recursos ecológicos	2

	LE 03 - Mitigar o impacto ecológico	2
	LE 04 - Melhoria da ecologia local	Depende do tipo de edifício
	LE 05 - Impacte a longo prazo sobre a biodiversidade	2
Poluição	Pol 01 - Impacto de fluidos utilizados nos aparelhos de climatização	3
	Pol 02 - Emissões de NOx	Depende do tipo de edifício
	Pol 03 - Mitigar o impacte ecológico	5
	Pol 04 - Melhoria da ecologia do local	1
	Pol 05 - Impacte a longo prazo sobre a biodiversidade	1
Inovação	Inn 01 - Inovação	10

Através dos créditos atribuídos a cada indicador conseguimos saber a quantidade de créditos disponíveis para cada uma das categorias, como podemos ver no gráfico 3.

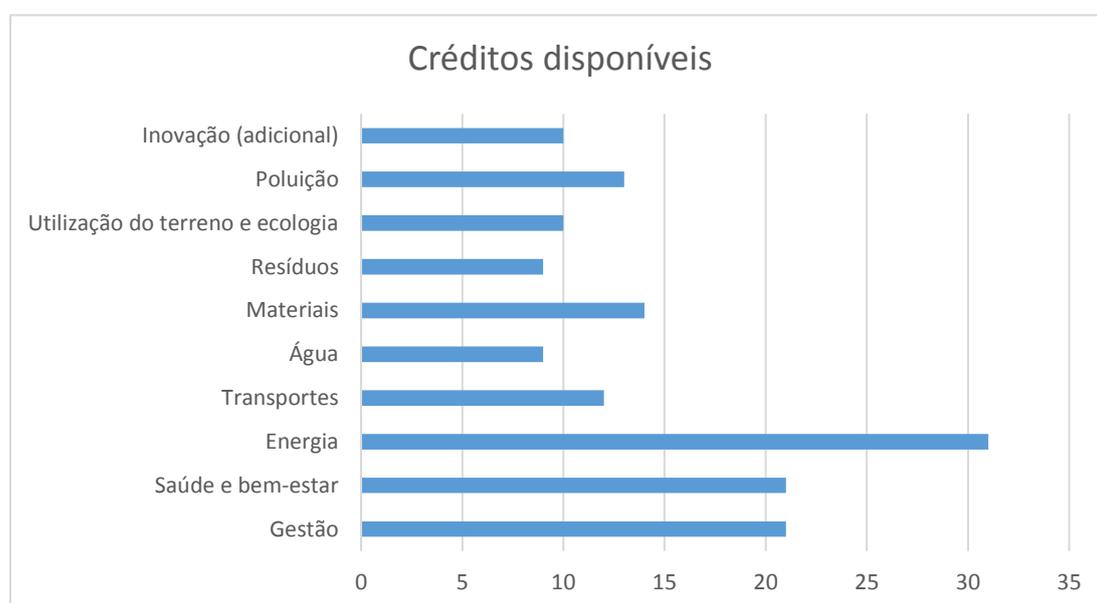


Gráfico 3 - Número de créditos atribuídos a cada categoria, do sistema BREEAM

Para cada categoria que integra o sistema de avaliação BREEAM, é atribuído um número de créditos que resulta dos indicadores de avaliação. De seguida, poderá ser feito o quociente para cada categoria entre os créditos disponíveis e os créditos obtidos. O valor deste mesmo quociente, de cada categoria, poderá ser multiplicado pelo peso da respetiva categoria, obtendo-se o resultado final do edifício (em percentagem). Por fim, através do resultado final saber-se-á a classificação, do edifício, segundo do sistema BREEAM, como podemos ver na tabela 2.

Tabela 2 - Classificação atribuída, pelo sistema BREEAM, de acordo com a pontuação final obtida na avaliação da sustentabilidade

Classificação BREEAM	Avaliação final (%)
Outstanding	>85
Excellent	>70
Very Good	>55
Good	>45
Pass	>30
Unclassified	<30

Dependendo do resultado da avaliação final obtêm-se uma das classificações do quadro acima, para o edifício em questão, para posteriormente poder ser feita a verificação dos requisitos mínimos para esse mesmo desempenho, ao nível de certos indicadores. Os requisitos mínimos podem ser encontrados no manual do sistema *BREEAM 2014, Novas construções*.

2.1.2 - LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)

O LEED é outros dos sistemas capaz de avaliar a sustentabilidade de um edifício. Este sistema de avaliação foi desenvolvido pelo United States Green Building Council (USGBC), e hoje em dia já é o sistema de classificação “verde” mais utilizado em todo o mundo.

A primeira versão do LEED foi lançada no ano 2000 (LEED, v1), e desde então tem sido, a cada ano, atualizado, estando hoje em dia capaz de ser utilizado em várias tipologias de edifícios. A última versão deste sistema é o LEED v4, que foi atualizado em novembro de 2013 (Suzer, 2015).

O processo de avaliação do sistema LEED é muito idêntico ao do BREEAM. Esta ferramenta conta com 8 categorias, mais 1 referente ao projeto, com um número máximo de créditos associados a cada uma delas. Cada categoria subdivide-se em alguns parâmetros de avaliação, uns obrigatórios (pré-requisitos) e outros com créditos associados (Ferreira, et al., 2014). Os parâmetros considerados obrigatórios têm todos de verificar no edifício em questão, caso contrário o mesmo não pode obter a certificação LEED.

Nas primeiras versões do LEED, o que determinava a distribuição dos pontos pelas diferentes categorias do sistema, era um painel de peritos do comitê consultivo técnico. Mas este tipo de determinação tornava-se bastante subjetivo, visto que as ponderações obtidas eram definidas apenas por um grupo de decisores e não de uma forma científica (Owens, et al., 2013).

A partir da versão LEED 2009, a atribuição de créditos aos diferentes critérios baseou-se nos impactos ambientais e nos benefícios humanos de cada critério em relação a um conjunto de categorias de impacto ambiental, definidas pela ferramenta TRACI (*Tool for the Reduction and Assessment Of Chemical and Other Environmental Impacts*). Esta ferramenta foi desenvolvida pela EPA (*United States Environmental Protection Agency*), para auxiliar na avaliação do impacto do ciclo de vida, ecologia industrial, desenvolvimento de processos e prevenção da poluição (USGBC, 2009).

Para além da ferramenta TRACI foram também utilizadas as ponderações elaboradas pelo NIST (*National Institute of Standards and Technology*) de forma a poder realizar uma comparação entre as categorias de impacto definidas na ferramenta TRACI e as categorias do sistema LEED, e assim poder obter-se um peso relativo para cada categoria (USGBC, 2009).

Segundo a versão do LEED 2009, o processo de ponderação dos créditos envolve 3 passos. Primeiro é estabelecido um edifício de referência para se poder estimar os impactos ambientais nas seguintes 13 categorias de impacto ambiental:

- 1- Emissão de gases de efeito de estufa;
- 2- Consumo de água;
- 3- Eutrofização;
- 4- Partículas;
- 5- Esgotamento dos combustíveis fósseis;
- 6- Toxicidade sobre a ecologia;
- 7- Oxidação fotoquímica;
- 8- Utilização do terreno;
- 9- Acidificação;
- 10- Qualidade do ar interior;
- 11- Destruição da camada de ozono;
- 12- Saúde humana: Doenças cancerígenas;
- 13- Saúde humana: Outras doenças.

De seguida, a importância relativa dos impactos de construção em cada categoria é definida para refletir os valores, com base nas ponderações do NIST. Por último, os dados que quantificam os impactos da construção sobre a saúde humana e ambiental, são usados para atribuir créditos a categorias individuais.

Os pesos correspondentes a cada categoria de impacto ambiental são baseados num estudo realizado pela EPA *Science Advisory Board (SAB)* e por um painel de peritos, constituído em 2006 por intervenientes da ferramenta BEES (*Building for Environmental and Economic Sustainability*) (NIST, 2007).

No estudo realizado pela SAB, 10 das 12 categorias de impacto ambiental foram divididas por 3 níveis de risco: (NIST, 2007)

- Problemas de maior risco:
 - Aquecimento global;
 - Alteração de habitats.
- Problemas de alto risco:
 - Qualidade do ar interior;
 - Toxicidade sobre a ecologia;
 - Saúde humana.
- Problemas de Risco médio:
 - Destruição da camada do ozono;
 - Oxidação fotoquímica;
 - Eutrofização;
 - Acidificação;
 - Emissão de gases poluentes.

Para transformar uma avaliação qualitativa, de níveis de risco, numa avaliação quantitativa, numérica, foi usado o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) desenvolvido por Thomas Saaty (NIST, 2007).

Este método atribui uma escala de importância em concordância com a análise qualitativa anterior, efetuando uma comparação “par a par”, de forma a obter uma proposta para a importância relativa de cada categoria apresentada. A escala utilizada está definida de acordo com a tabela 3.

Tabela 3 - Escala utilizada pelo sistema LEED, para determinação da importância relativa, na comparação dos indicadores ambientais

Escala Numérica	Descrição
1	Dois impactos contribuem igualmente para o objetivo
3	A experiência e o juízo favorecem ligeiramente um impacto sobre o outro
5	A experiência e o juízo favorecem um impacto sobre o outro
7	Um impacto é favorecido de forma muito forte sobre o outro, sendo o seu domínio demonstrado na prática
9	As provas favorecendo um impacto em relação a outro é da maior ordem possível de afirmação
2,4,6,8	Quando o compromisso entre os valores de 1,3,5,7 e 9 é necessário

Segundo uma conversão de uma análise qualitativa para uma análise quantitativa, é distribuída a escala numérica pelas comparações de importância verbal, de acordo como está representado na tabela 4.

Tabela 4 - Valor numérico de comparação atribuído á comparação de importância verbal, no sistema LEED (comparação feita pelo método AHP)

Valor numérico de comparação	Comparação de importância verbal
6	Maior Risco vs Pequeno Risco
3	Maior Risco vs Médio Risco
1,5	Maior Risco vs Alto Risco
4	Alto Risco vs Pequeno Risco
2	Alto Risco vs Médio Risco
2	Médio Risco vs Pequeno Risco

Aplicando o método AHP, é construída uma matriz, de forma a executar a comparação, descrita na tabela acima. O cálculo dessa mesma matriz resulta nos valores das importâncias relativas de cada categoria apresentada, como está descrito no gráfico 4.

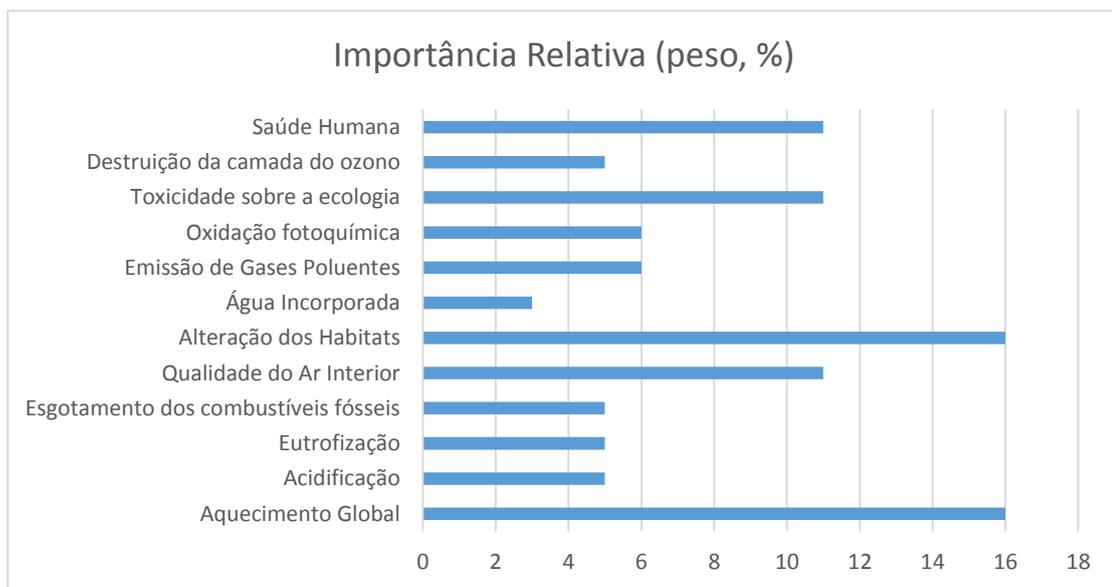


Gráfico 4 - Importância relativa, em %, dos indicadores ambientais considerados pelo sistema LEED.

A recente versão do LEED v4 baseia-se na configuração analítica desenvolvida em 2009 mas aplica um novo conjunto de critérios desenvolvidos apenas para a construção no ambiente (Owens, et al., 2013).

A atribuição dos pesos às diferentes categorias de impacto foi um processo de consenso e teve um resultado semelhante á abordagem tomada na ponderação do LEED v2009. No gráfico 5 estão representadas, em percentagem, os pesos atribuídos a cada uma das categorias (Owens, et al., 2013).

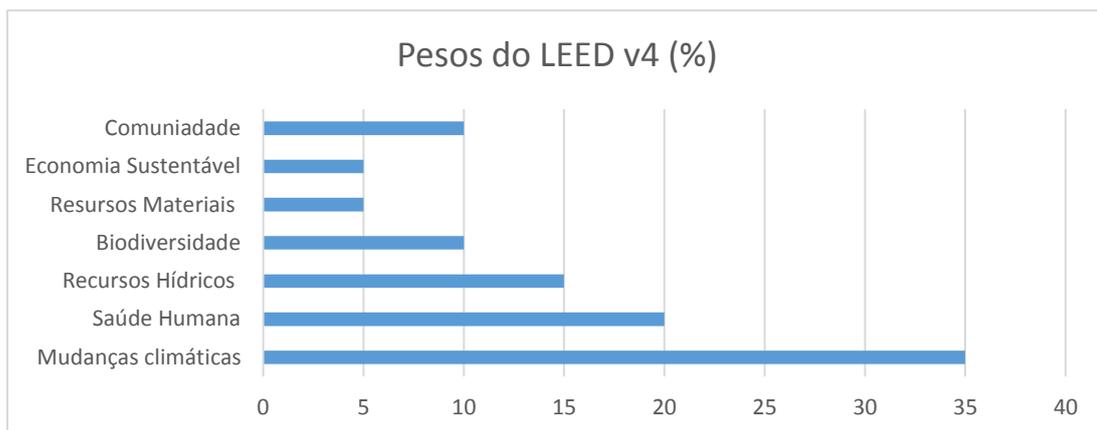


Gráfico 5 - Pesos, em %, atribuídos às categorias do LEED v4

A importância relativa de uma associação entre créditos e categorias de impacto contribui para o valor de cada crédito atribuído. O método utilizado para estabelecer essas relações nem sempre é o mesmo. A determinação da importância relativa, numa relação crédito/categoria de impacto, passa muitas vezes por um exercício quantitativo. Por exemplo, no caso da categoria de impacto “Mudanças climáticas”, é possível estabelecer um limite, numérico, da pegada de CO₂, do projeto em questão. No caso da categoria de impacto, “Economia sustentável”, tal já não é possível, logo será necessário realizar um exercício qualitativo, que estratificará a importância relativa num ranking de baixo, médio e alto (Owens, et al., 2013).

Ambos as técnicas utilizadas, qualitativo e quantitativo, tem o mesmo objetivo final, ou seja, atribuir uma ponderação que relacione todas as categorias de impacto, para que seja possível obter uma hierarquização dessas mesmas categorias.

A certificação começa com a seleção do sistema de classificação e registo do projeto. Em seguida, a equipa de projeto prepara a documentação para todos os pré-requisitos e para os créditos que a equipa escolheu para prosseguir. O projeto terá de ser submetido a avaliações preliminares e finais. A avaliação preliminar fornece um parecer técnico sobre créditos que necessitam de trabalho adicional para que possam ser contabilizados (USGBC, 2013).

Na tabela 5 mostra todas as categorias avaliadas, pela equipa de avaliação, bem como os créditos associados a cada categoria.

Tabela 5 - Categorias avaliadas, no sistema LEED, com os respetivos créditos associados a cada categoria.

Categoria	Avaliação	Pontuação
Processo Integrador (projeto) (0,91%)	Crédito	1
Local e Transportes (14,55%)		16
LEED para local de desenvolvimento de bairro	Crédito	16

Proteção de terras sensíveis	Crédito	1
Local de alta prioridade	Crédito	2
Densidade circunvizinha e usos diversos	Crédito	5
Acesso a vários tipos de transportes	Crédito	5
Vias para bicicletas	Crédito	1
Redução da pegada associada a dependências e facilidades com automóveis privativos	Crédito	1
Veículos Verdes	Crédito	1
Locais sustentáveis (9,09%)		10
Prevenção da poluição na construção	Pré-requisito	Requerido
Avaliação do local	Crédito	1
Desenvolvimento do local - proteção ou restabelecimento de habitats	Crédito	2
Áreas abertas	Crédito	1
Aproveitamento de águas da chuva	Crédito	3
Redução do efeito de ilha térmica	Crédito	2
Redução da poluição luminosa	Crédito	1
Eficiência hídrica (10%)		11
Redução do uso de água no exterior	Pré-requisito	Requerido
Redução do uso de água no interior	Pré-requisito	Requerido
Controlo dos consumos (contadores de água)	Pré-requisito	Requerido
Redução do uso de água no exterior	Crédito	2
Redução do uso de água no interior	Crédito	6
Controlo da água usada em torres de refrigeração	Crédito	2
Medição de consumos de água	Crédito	1
Energia e Atmosfera (30%)		33
Seguir as boas práticas da construção tendo sempre em conta as exigências ambientais.	Pré-requisito	Requerido
Desempenho mínimo de energia	Pré-requisito	Requerido
Controlo de consumos (contador da eletricidade)	Pré-requisito	Requerido
Controlo dos gases utilizados na refrigeração	Pré-requisito	Requerido
Seguir as boas práticas da construção tendo sempre em conta as exigências ambientais.	Crédito	6
Aperfeiçoamento do desempenho da energia	Crédito	18
Avançados controlos de consumos	Crédito	1
Utilização de tecnologias avançadas para obtenção de consumos mais baixos	Crédito	2
Produção de energia renovável	Crédito	3
Controlo dos gases utilizados na refrigeração	Crédito	1
Uso de tecnologias verdes e redução nas emissões de gases de efeito de estufa	Crédito	2
Materiais e Recursos (11,82%)		13
Armazenamento e recolha de reciclados	Pré-requisito	Requerido
Plano de controlo de Resíduos de construção e demolição	Pré-requisito	Requerido
Redução do impacto do ciclo de vida do edifício	Crédito	5
Divulgação dos produtos e otimização - produtos ambientais	Crédito	2
Divulgação dos produtos e otimização - procura de matérias primas	Crédito	2
Divulgação dos produtos e otimização - constituição dos materiais	Crédito	2
Controlo de Resíduos de construção e demolição	Crédito	2
Qualidade do ambiente interior (14,55%)		16
Garantir a qualidade mínima do ar interior	Pré-requisito	Requerido
Controlo do fumo do tabaco no ambiente	Pré-requisito	Requerido
Estratégias de controlo da qualidade do ar interior	Crédito	2
Materiais com baixas emissões	Crédito	3
Planeamento e controlo da qualidade do ar interior	Crédito	1

Qualidade do ar interior	Crédito	2
Conforto térmico	Crédito	1
Luz interior	Crédito	2
Luz natural	Crédito	3
Bom desempenho visual	Crédito	1
Desempenho acústico	Crédito	1
Inovação (5,45%)		6
Inovação	Crédito	5
LEED - Profissional creditado	Crédito	1
Prioridade regional (3,64%)		4
Prioridade regional	Crédito	1

O método de determinação do valor global para a sustentabilidade é muito mais simples, uma vez que não existe nenhuma ponderação explícita. O valor é obtido através da realização de um somatório de todos os créditos concedidos a cada parâmetro avaliado (Ferreira, et al., 2014).

A avaliação final contém a pontuação final do projeto e o seu nível de certificação. Existem quatro possíveis níveis de certificação, segundo o sistema LEED v4, dependendo das diferentes pontuações que o projeto possa obter. Os níveis de certificação podem ser "certificado", "prata", "ouro" e "platina". Não esquecendo que, para o edifício poder obter uma certificação LEED terá de conseguir cumprir todos os pré-requisitos, referenciados na tabela acima, e conseguir atingir, no mínimo, 40 dos 110 créditos distribuídos pelas oito categorias, mais a categoria extra do projeto (USGBC, 2013).

Na tabela 6 a baixo apresenta todas as certificações LEED e os respetivos intervalos de pontuação.

Tabela 6 - Intervalos de pontuação respetivos às diferentes certificações LEED

Certified	40-49 points
Silver	50-59 points
Gold	60-79 points
Platinum	>80 points

Neste sistema as ponderações de cada categoria variam conforme o nível de importância que o mesmo lhes confere. Como é perceptível na tabela referenciada acima, o sistema LEED dá maior foco à categoria que corresponde à Energia e Atmosfera, com 33 créditos possíveis, logo com uma ponderação de 30%. Assim como a categoria que corresponde ao projeto é a menos cotada, com apenas 1 crédito possível, logo tem um peso pouco significativo (0,91%) para a certificação final.

2.1.3 - SBTool (Sustainable Building Tool)

O Sustainable Building Tool, com o acrónimo de SBTool, foi desenvolvido a partir do, já existente, GBTool (Green Building Tool) pela iiSBE (International Initiative for a Sustainable Built Environment) e obteve a sua primeira versão no ano de 1995 (Suzer, 2015). De acordo com o desenvolvimento da sustentabilidade, na atualidade, também esta ferramenta foi evoluindo, apresentando a sua última versão SBTool2015, nesse mesmo ano.

O SBTool é uma ferramenta de avaliação do desempenho de construções, criado com o intuito de classificar o desempenho sustentável de um local, edifício ou projeto. O sistema está configurado para permitir a fácil adaptação a critérios locais em diferentes idiomas, existindo já uma versão em português, o SBTool^{PT}, desenvolvida na Universidade do Minho (iiSBE 2015).

Este sistema baseia-se no princípio do ciclo de vida, assim como praticamente todas as outras ferramentas (Ferreira, et al., 2014).

Na última versão do SBTool, do ano de 2015, o programa está definido por 7 categorias (de A até G), compostas por vários indicadores de sustentabilidade, que por sua vez incluem a análise de alguns parâmetros. No SBTool 2015 existe um total de 116 parâmetros avaliáveis, dos quais, não é necessário a avaliação de todos, pois é feita a seleção dos que se revelam importantes para o edifício em questão. No entanto, existem parâmetros de avaliação obrigatória, que se encontram devidamente sinalizados na folha de cálculo do sistema.

Na tabela 7 estão representados todas as categorias e indicadores que integram a ferramenta SBTool2015. Apenas os parâmetros não foram colocados, pois são bastante numerosos e é possível consulta-los na página web do iiSBE.

Tabela 7 - Categorias e indicadores que integram a ferramenta SBTool2015

Categorias	Indicadores
A – Recuperação do local e desenvolvimento, urbanismo e infraestruturas	A1 - Recuperação do local e desenvolvimento
	A2 – Urbanismo
	A3 - Projeto de Infraestruturas e Serviços
B – Consumo de energias e de recursos	B1 - Ciclo de Vida total de energias não renováveis
	B2 - Pico de energia exigido
	B3 - Uso de materiais
	B4 - Consumo de água potável, águas pluviais e águas cinzentas
C – Cargas ambientais	C1 - Emissão de gases de efeito de estufa
	C2 - Emissão de outros gases
	C3 - Resíduos sólidos e líquidos

	C4 - Impactes no local
	C5 - Outros impactes locais e regionais
D – Qualidade ambiental no interior	D1 - Qualidade do ar interior e ventilação
	D2 - Temperatura do ar e humidade relativa
	D3 - Iluminação natural e artificial
	D4 - Ruído e acústica
E – Qualidade do serviço	E1 - Segurança e Proteção
	E2 - Funcionalidade e Eficiência
	E3 - Controlabilidade
	E4 - Flexibilidade e adaptabilidade
	E5 - Otimização e manutenção do desempenho ambiental
F – Aspectos sociais, culturais e percentuais	F1 - Aspectos sociais
	F2 - Cultura e património
	F3 - Aspectos percentuais
G – Custo e aspectos económicos	G1 - Custo e economia

Desta forma, estabeleceu-se uma estrutura que permite que os pesos possam ser ajustados por entidades independentes autorizadas, de acordo com as necessidades regionais. Neste sistema, a soma total do peso de todos os critérios é sempre 100% (iiSBE, 2011).

Para obter maior consistência na atribuição dos pesos, o SBTool conta com um algoritmo que automaticamente nomeia um valor para o peso, baseado na relevância das categorias com maior impacto, mas também em 4 aspetos que são, a existência de efeito potencial, a duração do efeito potencial, a intensidade do efeito potencial e o sistema primário diretamente afetado. Para os mesmos aspetos são atribuídas pontuações, de acordo com a importância, como está descrito nas seguintes tabelas 8, 9, 10, 11 e 12 (iiSBE, 2015).

Tabela 8 - Pontuação atribuída à avaliação da existência de efeito potencial

Pontuação	Existência de efeito potencial
1	Edifício
2	Local/Projeto
3	Vizinhança
4	Zona urbana/Região
5	Global

Tabela 9 - Pontuação atribuída à avaliação da duração do efeito potencial

Pontuação	Duração do efeito potencial
1	1 a 3 anos
2	3 a 10 anos
3	10 a 30 anos
4	30 a 75 anos
5	Mais de 75 anos

Tabela 10 - Pontuação atribuída à avaliação da Intensidade do efeito potencial

Pontuação	Intensidade do efeito potencial
1	Menor
2	Moderado
3	Maior

Tabela 11 - Pontuação atribuída à avaliação do sistema primário diretamente afetado

Pontuação	Sistema primário diretamente afetado
1	Funcionalidade e serviço
1	Custos e economia
2	Bem-estar, segurança e produtividade
2	Questões socioculturais
3	Recursos da natureza
3	Recursos materiais não renováveis
3	Recursos hídricos não renováveis
4	Recursos energéticos não renováveis
3	Ecossistema (s)
4	Atmosfera local e regional
5	Clima global

Para além destes 4 aspetos, podem existir ajustes, do valor do peso na ordem dos 10%, relativos aos efeitos locais, dependendo da classificação atribuída, como está descrito na tabela 12.

Tabela 12 - Pontuação atribuída à avaliação do efeito local

Pontuação	Efeito Local
1	Muito menor
2	Menor
3	Moderado
4	Maior
5	Muito maior

Depois de realizar esta análise, adquire-se os pesos para cada parâmetro avaliado. Posteriormente, obtém-se o valor do peso do indicador, fazendo o somatório dos pesos dos parâmetros que compõem esse mesmo indicador. Por exemplo, o peso do indicador D3 – Iluminação natural e artificial é obtido pelo somatório de todos os parâmetros que o compõem, nomeadamente, D3.1 – Iluminação natural em áreas utilização primária e D3.2 – Controlo da iluminação natural.

Depois de obtidos os pesos de todos os indicadores, segue-se para a determinação dos pesos das categorias. Este procedimento segue as mesmas bases do anterior, pois para obter o peso de uma categoria é necessário realizar o somatório dos pesos dos indicadores que compõem essa mesma categoria. Por exemplo, o peso da categoria A é obtido pelo somatório dos pesos dos indicadores que a compõem, nomeadamente, A1 - Recuperação do local e desenvolvimento, A2 – Urbanismo e A3 - Projeto de infraestruturas e serviços.

Para avaliar todos os parâmetros selecionados, o sistema SBTool, recorre a um sistema de Benchmarks. Os Benchmarks permitem classificar de forma relativa o desempenho do edifício em avaliação, ao nível de cada um dos parâmetros, usando uma escala pré-definida (Costa, 2012).

Os Benchmarks podem ser expressos em valores numéricos (parâmetros quantitativos) ou podem ser descritos em forma de texto (parâmetros qualitativos). Nos dois casos, os valores de desempenho estão relacionados com uma escala que varia de -1 a 5, tal como se apresenta na tabela 13 (iiSBE, 2007).

Tabela 13 - Classificação, do sistema SBTool, de acordo com o valor da escala obtido na avaliação da sustentabilidade

Escala	Classificação
-1	Negativo
0	Desempenho mínimo aceitável
3	Boas práticas
5	Melhores práticas

A utilização deste sistema de Benchmarks é o que transmite ao programa SBTool a sua capacidade de adaptação a diferentes tipos de edifícios construídos em diferentes localizações (iiSBE, 2015).

Depois de avaliados todos os parâmetros, indicadores e categorias, tendo em conta o edifício em questão, de acordo com o sistema de Benchmarks são obtidos os pesos respetivos a cada um dos níveis do sistema SBTool. Tendo isto, é possível realizar a classificação SBTool.



Figura 1 - Certificado de sustentabilidade - etiqueta de sustentabilidade, do sistema SBTool^{PT}

2.1.4 - LiderA

O LiderA, acrónimo de liderar pelo ambiente para a construção sustentável, viu a sua primeira versão concluída em 2005. É um sistema Português criado com o objetivo de poder avaliar e certificar ambientes construídos que procurem a sustentabilidade como por exemplo, edifícios, zonas urbanas, empreendimentos, materiais e produtos.

O LiderA é uma ferramenta definida de acordo com diretrizes internacionais (Ferreira et al. 2014), que surgiu no âmbito de uma investigação iniciada, em 2000, por Manuel Pinheiro, com o objetivo de criar um sistema de apoio, ao desenvolvimento da sustentabilidade, tanto ao nível dos edifícios como ao nível dos espaços exteriores e zonas construídas (Pinheiro, 2010).

Este sistema tem por base o conceito de reposicionar o ambiente na construção, na perspetiva da sustentabilidade (Pinheiro, 2011). Desta forma, divide-se em 6 vertentes, que dão origem a 22 áreas, com um total de 43 critérios que traduzem o conceito da sustentabilidade para níveis de desempenho. Os critérios, que formam o modelo de avaliação, pressupõem que as exigências legais são cumpridas e que são adotados os requisitos mínimos nas diferentes áreas consideradas (Pinheiro, 2011).

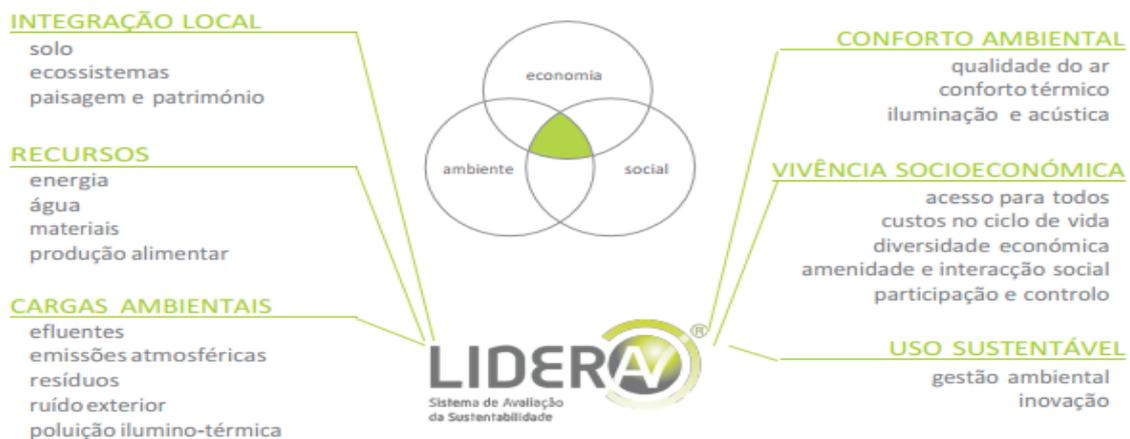


Figura 2 - Seis vertentes, que dão origem a 22 áreas, que traduzem o conceito da sustentabilidade, do sistema LiderA

No sistema nacional, LiderA, os níveis de desempenho estão numa escala numérica, que está entre 1 e 10, que posteriormente são convertidos para uma escala de classes, que pode ir de G até A++.

Para cada um dos 43 critérios é atribuída uma avaliação, que está dentro da escala atrás mencionada. Posteriormente através de uma ponderação, definida pela ferramenta, é possível obter a classificação final para o edifício.

A escala dos níveis de desempenho, que podem ser atribuídos, subdivide-se a partir de 3 pontos de referência. O primeiro nível é estipulado considerando a prática construtiva mais usual, baseada na aplicação dos processos construtivos e escolha de materiais mais comuns (Classe E). O segundo nível corresponde á obtenção de um bom desempenho, logo pressupõem-se a utilização da melhor prática construtiva (Classe C, B até A). O terceiro estabelece-se na definição do nível de sustentabilidade elevado, que corresponde a edifícios autossustentáveis ou mesmo regenerativos (por exemplo, produz mais energia do que necessita, disponibiliza a água melhor do que a existente quando a recebe), este nível e classe é utilizada apenas para casos de investigação e de atribuição individual a critérios específicos (Classes A+++) (Pinheiro, 2011).



Figura 3 - Hierarquia das certificações de sustentabilidade atribuídas pelo LiderA

Na ferramenta LiderA, geralmente, todos os critérios têm a mesma importância, o que facilita o cálculo dos pesos globais (Pinheiro, 2011).

Para calcular o valor do peso global apenas é necessário realizar o somatório dos produtos entre os valores de cada classe pelo seu peso unitário (Ferreira, et al., 2014).

Através do gráfico 6, o sistema LiderA, demonstra que assume a área da ENERGIA como sendo a mais relevante, obtendo um peso de 17%. De seguida, e também importantes a ferramenta destaca ainda mais três áreas, o SOLO, a ÁGUA e a GESTÃO AMBIENTAL, com os respetivos pesos de 7%, 8% e 6%.



Gráfico 6 - Ponderação, em %, para as 22 áreas do LiderA

Os pesos unitários, do sistema nacional LiderA, foram obtidos por meio de investigações feitas, com base em dados obtidos por meio de inquéritos, a diferentes intervenientes no sector da construção e do ambiente. Os resultados obtidos foram analisados através do método de Saaty, utilizando o software M-MACBETH. Assim, através de matrizes eram realizadas comparações "par a par", dos diferentes critérios e áreas, de modo a poder obter os valores das ponderações. Este tipo de metodologia apenas é eficaz se existir uma interação próxima com os inqueridos para que imediatamente, se necessário, seja corrigido possíveis respostas inconsistentes (Ferreira, et al., 2014).

Depois de analisados os vários questionários, calculou-se uma média dos valores para se obter o peso ponderal médio de cada componente em cada nível hierárquico, ao que se seguiu uma análise de sensibilidade e uma comparação entre duas amostras escolhidas.

Então, através de uma análise t-student para um grau de confiança de 98% pôde finalmente verificar-se que, de uma forma geral, os resultados dos dois conjuntos convergiam (Ferreira, et al., 2012).

Na tabela 14 estão representadas todas as áreas pertencentes ao sistema LiderA, bem como os critérios correspondentes a cada uma delas.

Tabela 14 - 22 áreas que constituem o sistema LiderA e os critérios correspondentes a cada uma delas

Vertente	Área	Pesos	Critérios
Integração Local (6 critérios – 14%)	Solo	7%	Valorização territorial Otimização ambiental da implantação
	Ecosistemas Naturais	5%	Valorização ecológica Interligação de habitats
	Paisagem	2%	Integração paisagística local Proteção e valorização do património
Recursos (9 critérios – 32%)	Energia	17%	Certificação energética Desempenho passivo Intensidade em carbono (eficiência dos equipamentos)
	Água	8%	Consumo de água potável Gestão das águas locais
	Materiais	5%	Durabilidade Materiais locais Materiais de baixo impacte
	Produção Alimentar	2%	Produção local de alimentos
Cargas Ambientais (8 critérios – 12%)	Efluentes	3%	Tipo de tratamento das águas residuais Caudal de reutilização de águas usadas
	Emissões Atmosféricas	2%	Partículas e/ou substância acidificante
	Resíduos	3%	Produção de resíduos Gestão de resíduos perigosos Reciclagem de resíduos
	Ruído Exterior	3%	Fontes de ruído para o exterior
	Poluição Ilumino-Térmica	1%	Efeitos térmicos (ilha de calor) e luminosidade
Conforto Ambiental (4 critérios – 15%)	Qualidade do ar	5%	Níveis de qualidade do ar
	Conforto Térmico	5%	Conforto térmico
	Iluminação e Acústica	5%	Níveis de iluminação Níveis sonoros
Vivências Socioeconómicas (13 critérios – 19%)	Acesso para todos	5%	Acesso a transportes públicos Mobilidade de baixo impacte Acesso para todos – Soluções inclusivas
	Diversidade Económica	4%	Flexibilidade/Adaptabilidade de usos Dinâmica económica local

			Trabalho local
	Amenidades e Interação social	4%	Amenidades locais Interação com a comunidade
	Participação e Controle	4%	Capacidade de controle Condições de participação e governância Controle dos riscos naturais – Segurança Controle das ameaças humanas – Controle de criminalidade
	Custo no Ciclo de vida	2%	Custos no ciclo de vida
	Gestão Ambiental	6%	Condições de utilização ambiental
Gestão Ambiental e Inovação (3 critérios – 8%)			Sistema de gestão ambiental
	Inovação	2%	Inovação de práticas, soluções ou integrações

2.2 - Considerações do capítulo

Neste capítulo foi realizado uma análise de como cada um dos quatro sistemas de avaliação de sustentabilidade, em edifícios, escolhidos (LiderA, SBTool, BREEAM e LEED) procederam para obter as ponderações respectivas.

Apesar da adoção de metodologias distintas, todos os quatro sistemas estudados neste capítulo, seguiram formas de ponderação explícitas, obtendo as ponderações através de inquéritos realizados a vários intervenientes na área da construção, que posteriormente foram analisados com recurso a ferramentas analíticas.

Por consequência destas ponderações, surge um valor global ponderado, que faz a ponte de ligação entre a análise quantitativa e a análise qualitativa. A análise qualitativa do edifício é apresentada pela forma de uma escala de fácil interpretação, mesmo por indivíduos pouco experientes ou sem experiência na área.

Atualmente, as ferramentas mais recentes são estruturadas por uma série de critérios baseados na avaliação do ciclo de vida. Estes critérios denominam-se por indicadores de impacto ambiental.

Contudo, os processos de ponderação utilizados por estes quatro sistemas de certificação, trazem sempre alguma subjetividade, pois baseiam-se em inquéritos e em opiniões de peritos. Assim sendo, segundo (Ferreira, et al., 2012), as respostas irão depender sempre:

- Da experiência profissional de cada elemento;

- Da interpretação que cada inquirido tem da sua própria experiência profissional e das consequências de cada componente em avaliação;
- Do tipo e do modo como é elaborado o inquérito;
- Da pré-disposição momentânea para a resposta;
- Do estado psicológico durante o inquérito, que pode fazer variar algumas respostas que noutras circunstâncias podem ser diferentes;
- Do tempo disponível para o inquérito, que diminui a acuidade da resposta ao longo de todo o processo.

Contudo as opiniões técnicas são bastante importantes e a subjetividade que estas acarretam pode ser minimizada caso a amostra seja alargada a vários especialistas de vários pontos geográficos. Todavia, é sempre impossível excluí-la na totalidade.

2.2.1 - Comparação dos valores dos pesos globais obtidos pelos 4 sistemas de certificação, analisados neste capítulo

De acordo com as categorias que estruturam cada um destes sistemas, obtém-se os valores dos pesos globais, discriminados na tabela 15.

Tabela 15 - Comparação dos 4 sistemas estudados, nas três dimensões da sustentabilidade.

Dimensão	SBTool	LiderA	BREEAM	LEED
Ambiental	40%	58%	66%	65%
Social	30%	38% ^(*)	34% ^(*)	30%
Económica	30%	4%	-	5%

(*)A esta percentagem esta somada a percentagem referente á inovação

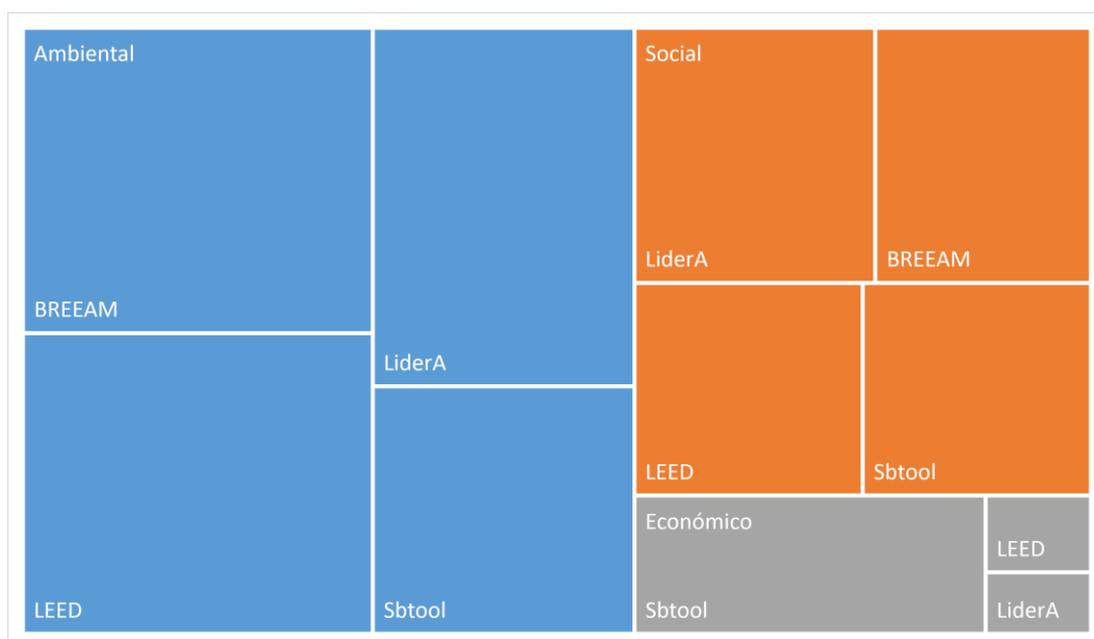


Gráfico 7 - Comparação das três vertentes da sustentabilidade, dos sistemas de certificação estudados

De acordo com a tabela e o respetivo gráfico, que traduz os valores tabelados, verifica-se que todas as ferramentas da sustentabilidade, comparadas, dão mais ênfase à dimensão ambiental, isto porque atualmente o tema da sustentabilidade, incide mais sobre essa mesma dimensão.

Isto resulta num desenvolvimento a um nível mais superficial das outras dimensões, principalmente da económica, como é possível observar na tabela, através dos valores tabelados, e no gráfico, através do tamanho das barras circulares, atualmente, apenas o sistema SBTool atribui uma importância significativa (30%) a essa dimensão.

Por esta razão, um dos objetivos desta dissertação passa pelo estudo e posterior desenvolvimento de uma análise de dados com o objetivo de desenvolver um sistema de pesos para a hierarquia de atributos da metodologia MAEP-RB, que tem como foco a vertente económica da sustentabilidade. Com esta dissertação pretende-se contribuir para o desenvolvimento da dimensão económica da sustentabilidade na construção.

3 - Estrutura e conteúdo da metodologia MAEP-RB

3.1 - Enquadramento

A questão do desenvolvimento sustentável é ampla e gera preocupação a nível global, por isso é fundamental definir em que medida os aspetos económicos, ambientais e sociais são considerados num processo de desenvolvimento sustentável (ISO 15392, 2008).

A avaliação, completa, da sustentabilidade de um determinado edifício deve ser realizada contemplando as três dimensões, a económica, a social e a ambiental. Porém, tal não implica que apenas seja direcionado o estudo para uma dimensão, tudo depende do objetivo da avaliação.

As atividades de construção, ao longo do seu ciclo de vida, absorvem recursos consideráveis, como resultado, consequências a nível económico, ambiental e da saúde humana tem de ser tidos em consideração (ISO 15392, 2008). Para isso, o conjunto de Normas Europeias elaboradas pelo CEN/TC 350 “Sustainability of construction works”, propõem um sistema para a avaliação da sustentabilidade em edifícios com base na análise do ciclo de vida. (AVC). Tal, passa por quantificar impactes e aspetos de forma a avaliar o desempenho, do edifício, nas três dimensões da sustentabilidade, utilizando indicadores quantitativos e qualitativos, medidos sem juízos de valores, não estabelecendo valores de referência ou níveis de desempenho.

A metodologia MAEP-RB (Methodology of Assessment of Economic Performance - Residential Buildings) avalia de forma sistemática o desempenho económico de um edifício dentro do conceito sustentabilidade, com base na análise do ciclo de vida (ACV) na fase anterior à utilização, conforme as regras estabelecidas na EN 15643-4:2012 - Sustainability of construction works - Assessment of buildings Part 4: Framework for the assessment of economic performance e na EN 16627:2015 - Sustainability of construction works - Assessment of economic performance of buildings - Calculation method. (Ribas, 2015).

O desenvolvimento de um sistema de pesos tendo por base o estudo da importância relativa entre todos os níveis que constituem a estrutura hierárquica da metodologia MAEP-RB, viabiliza a atribuição de índices de sustentabilidade económica para o edifício avaliado. No futuro, será possível integrar esta metodologia numa avaliação da sustentabilidade mais global, onde sejam consideradas todas as dimensões da sustentabilidade, com o objetivo de poder atribuir índices de sustentabilidade globais.

Na metodologia MAEP-RB a avaliação do índice de sustentabilidade económica é obtida por agregação dos valores parâmetros, dos indicadores, dos módulos e das etapas do ciclo de vida. Portanto o peso que se atribui a cada parâmetro da estrutura hierárquica da metodologia condiciona significativamente os resultados obtidos. Apesar de não haver dúvidas que existem alguns parâmetros que são mais importantes para a sustentabilidade económica de que outros, não existe atualmente nenhum método que permita a definição consensual do peso relativo de cada um. O sistema de pesos a adotar depende, entre outros fatores, do contexto e das prioridades locais e das diferentes opiniões dos diversos intervenientes no ciclo de vida dos edifícios(Ribas, 2015).

Neste capítulo serão apresentados todos níveis que constituem a hierarquia da metodologia MAEP-RB, desde dos parâmetros, passando pelos indicadores, por consequente os módulos e por fim as etapas de ciclo de vida. A esta hierarquia será aplicada a ferramenta AHP, com o objetivo da derivação da ponderação para definição do sistema de pesos relativos e globais para a estrutura de hierárquica de atributos da metodologia MAEP-RB.

3.2 - Desenvolvimento da metodologia MAEP-RB

Uma estrutura hierárquica pressupõe organização através de uma serie contínua de níveis, em ordem crescente ou decrescente, onde exista subordinação sucessiva dos níveis mais altos para os mais baixos.

Construir uma estrutura hierárquica representa repartir numa série de atributos, de forma que cada um deles pertença a um pequeno grupo no mesmo nível, todos eles relacionados a um atributo único no nível imediatamente superior. O problema de decisão pode ser, então, descrito graficamente na forma de uma hierarquia de atributos, em que, de um lado, esteja a decisão a ser tomada e, de outro, as alternativas a classificar, dentre as quais deve-se eleger uma preferida. (D. Ribas, M Morais, et al., 2015)

O desenvolvimento desta metodologia de avaliação do desempenho económico MAEP-RB assentou nas seguintes prioridades:

- a) Contribuir para o desenvolvimento da dimensão económica do desenvolvimento sustentável. Algumas das metodologias existentes estão sobretudo orientadas para a dimensão ambiental, relegam para segundo plano e muitas ignoram a dimensão económica do desenvolvimento sustentável;
- b) Ser baseado no atual estado da arte. No desenvolvimento desta metodologia foram considerados os últimos desenvolvimentos nos sistemas de avaliação da sustentabilidade existentes essencialmente na EN 16627:2015 que estabelece as regras de cálculo para a avaliação do desempenho económico dos edifícios novos ou existentes;
- c) Criar uma metodologia de avaliação sistemática do desempenho e da sustentabilidade económica do edifício, como base na análise do ciclo de vida (ACV), conforme as regras estabelecidas na EN 16627:2015; (Ribas, 2015)

Na definição de um sistema de pesos para a hierarquia MAEP-RB, a maior dificuldade está sempre e atribuir pesos cardinais para uma série de atributos em simultâneo. Assim, é preferível realizar comparações par a par, até que todas as possibilidades de comparação sejam esgotadas. Apesar do método de comparações por pares, em grandes matrizes tornar-se complicado, devido ao maior risco de inconsistência, a atribuição de pesos por este método é dos mais viáveis, pois só assim, é possível obter um conjunto de pesos consistente e normalizado.

A metodologia (MAEP-RB) foi desenvolvida com o objetivo de permitir a avaliação do desempenho e da sustentabilidade económica de um edifício durante a fase de conceção, isto é, tendo por base o comportamento previsto para a totalidade do ciclo de vida do edifício. Sendo sempre aconselhável que à avaliação seja realizada nas fases mais preliminares de um projeto de construção para que, desde o início, se possa estimar o desempenho e o índice de sustentabilidade económica do edifício e introduzir atempadamente medidas que permitam incrementar melhorias no seu desempenho e contribuam para o aumento do desempenho económico e melhoria do índice de sustentabilidade. Os resultados das avaliações são dados importantes no suporte das tomadas de decisão, pois desta forma as equipas de projeto terão acesso, desde o início, ao desempenho esperado para o edifício a construir, podendo dessa forma avaliar o impacto de soluções alternativas.

3.3 - Estrutura da metodologia MAEP-RB

Na metodologia MAEP-RB apresentada, a avaliação do desempenho económico do edifício incidiu exclusivamente sobre a *fase anterior à utilização* (ver figura 4), sendo quantificados os aspetos e impactes económicos que estão diretamente ligados aos processos e operações necessários à construção do edifício, utiliza indicadores quantitativos e qualitativos, medidos sem juízo de valor. (Ribas, 2015)

Na *fase anterior à utilização*, os custos associados aos módulos A0 a A5 corresponde aos custos diretos e indiretos que ocorrem dentro da fronteira do edifício, associados à globalidade das fases de conceção e construção do edifício e definem a fronteira que limita a área de intervenção desta metodologia de avaliação, relativamente ao ciclo de vida do edifício. Individualizando cada um dos módulos, teremos os seguintes limites (Ribas et al., 2014):

- a) Módulo A0, inclui os custos ocorridos anteriores às etapas de produto e de construção;
- b) Módulos A1-A3, incluem os custos ocorridos na etapa do produto, ou seja, os custos associados ao produto do “berço” ao portão da fábrica;
- c) Módulos A4-A5, incluem todos os custos dos materiais desde o portão da fábrica até ao estaleiro e os custos relativos aos processos necessários à construção do edifício.

Como se pode observar na figura 4 são quantificados os custos de todos os *módulos* de cada *etapa* que integram a *fase anterior à utilização* do ciclo de vida, nomeadamente a *Etapa de Pré-construção*, a *Etapa do Produto* e a *Etapa da Construção*. (Ribas, 2015)

De forma a determinar um sistema de pesos, será aplicada a ferramenta AHP à estrutura hierárquica da metodologia MAEP-RB. Na figura que se segue estará representada a estrutura hierárquica definida, com indicação dos níveis da hierarquia de atributos. Esta é constituída por quatro níveis de atributos, hierarquizados da seguinte forma:

- Nível 1: Etapas de ciclo de vida (topo da hierarquia)
- Nível 2: Módulos
- Nível 3: Indicadores
- Nível 4: Parâmetros (base da hierarquia)

Na figura 4 está representada toda a estrutura hierárquica, desde do nível 1: Etapas de ciclo de vida, passando pelo nível 2: Módulos, Nível 3: Indicadores, até ao último nível 4:

Parâmetros, da metodologia MAEP-RB, onde será aplicada a ferramenta AHP, para obtenção dos pesos relativos e absoluto.

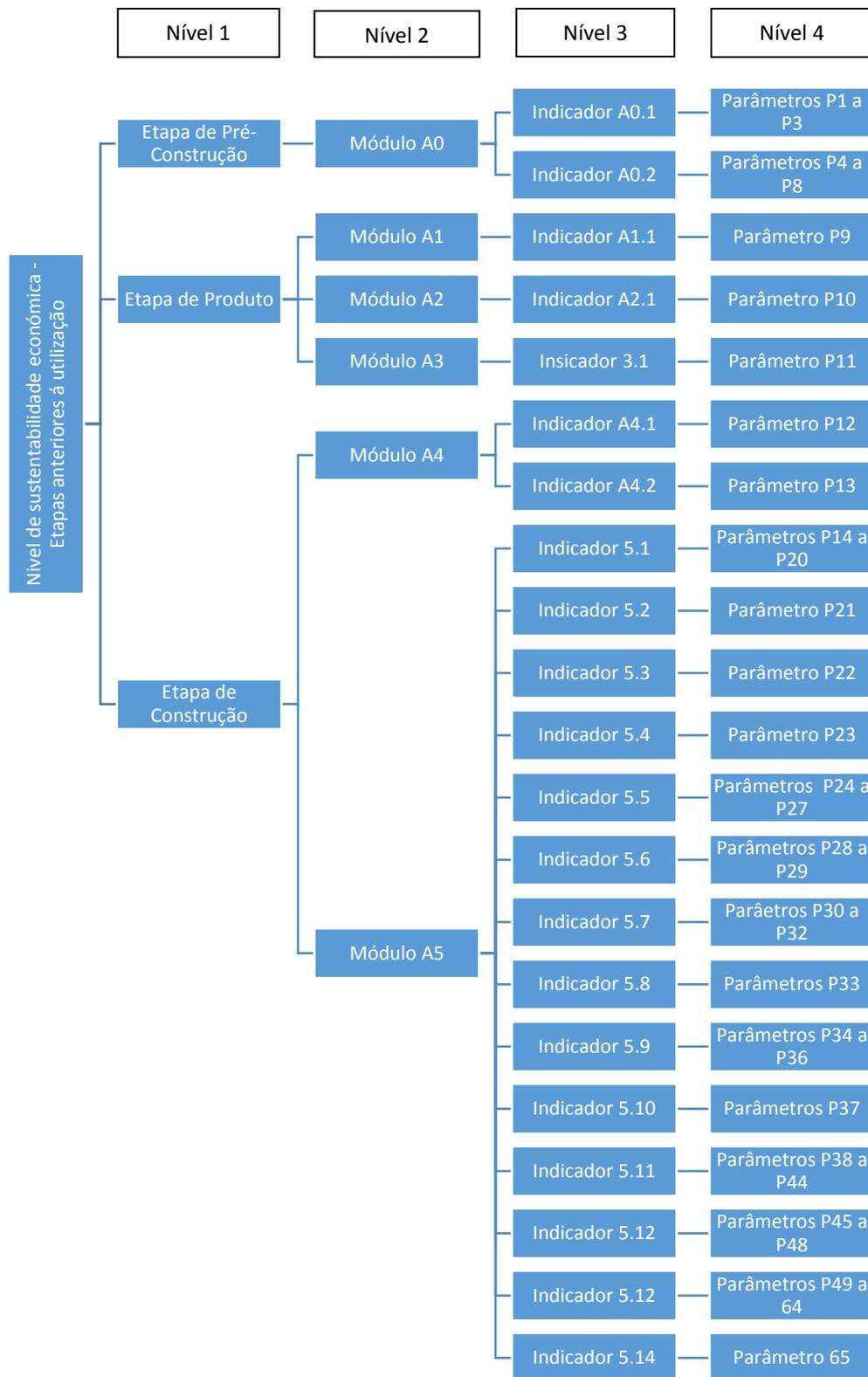


Figura 4 - Estrutura hierárquica da metodologia MAEP-RB

3.3.1 - Descrição da hierarquia de atributos

Como é possível observar no esquema atrás representado, a estrutura hierárquica definida para metodologia MAEP-RB é estruturada em 4 níveis hierárquicos de forma a hierarquizar todos os atributos existentes, correspondendo o nível 1 às etapas de ciclo de vida, o nível 2 aos módulos, o nível 3 aos indicadores e o nível 4 aos parâmetros.

Na tabela 16 é possível observar a descrição correspondente a cada um dos atributos distribuídos hierarquicamente por cada um dos quatro níveis da hierarquia da metodologia MAEP-RB.

Tabela 16 - Descrição da hierarquia de atributos da metodologia MAEP-RB

Pré-construção	A0: Terrenos, taxas associadas e aconselhamento	A0.1: Custo de compra/aluguer de terreno/edifício existente, taxas e impostos associados	P1: Valor do terreno P2: IMT - Imposto municipal sobre as transmissões onerosas de imóveis P3: IS – Imposto de selo	
		A0.2: Honorários de profissionais relacionados com a aquisição do terreno	P4: Custos referentes à medição imobiliária P5: Custos de estudos e viabilidade P6: Custos de acessória jurídica P7: Custos de emolumentos do notário P8: Custos de registo predial	
	Produto	A1: Fornecimento de matérias-primas	A1.1: Custo das matérias-primas	P9: Percentagem em custo de cada tipo de material utilizado
		A2: Transporte das matérias-primas	A2.1: Custo do transporte das matérias-primas	P10: Percentagem em custo de cada tipo de material utilizado
		A3: Produção do produto	A3.1: Custo da transformação das matérias-primas	P11: Percentagem em custo de cada tipo de material utilizado
	Construção	A4: Transporte	A4.1: Custo de transporte de materiais e produtos da fábrica até ao estaleiro	P12: Percentagem em custo de cada tipo de material utilizado
			A4.2: Custo do transporte de equipamento de e para o estaleiro da obra	P13: Percentagem em custo de estaleiro
		A5: Processo de construção e instalação	A5.1: Custo com arranjos exteriores e obras de paisagismo	P14: Custo do movimento de terras P15: Custo de estruturas e vedação

	P16: Custo das pavimentações
	P17: Custo das redes hidráulicas
	P18: Custo da iluminação exterior
	P19: Custo de equipamentos de lazer
	P20: Custo de sementeiras e plantações
A5.2: Custo de armazenamento dos produtos	P21: Percentagem em custo por cada tipo de material utilizado
A5.3: Custo de transporte dos materiais dentro do estaleiro	P22: Custo dos equipamentos relacionados com a realização dos subcomponentes
A5.4: Custo de trabalhos temporários necessários a implantação de obra, incluindo fora do estaleiro	P23: Custo de estaleiro, percentual do valor global dos custos diretos
A5.5: Custo de produção e transformação de um produto dentro do estaleiro	P24: Custo de mão-de-obra
	P25: Custo de equipamento
	P26: Custo de combustível
	P27: Custo da água
A5.6: Custo de aquecimento, arrefecimento, ventilação e controle de humidade no processo de construção	P28: Custo do equipamento
	P29: Custo da eletricidade
A5.7: Custo e instalação de produtos dentro da edificação	P30: Custo da mão-de-obra
	P31: Custo de equipamento
	P32: Custo de materiais auxiliares
A5.8: Custo da água para refrigeração e limpeza de máquinas no estaleiro	P33: Custo da água de refrigeração e limpeza
A5.9: Custo de gestão de resíduos RCD	P34: Custo da triagem dos RCD
	P35: Custo de acondicionamento dos RCD
	P36: Valor das taxas

A5.10: Custo de transporte de resíduos RCD	P37: Custo de transporte dos RCD
A5.11: Custos inerentes a dotar o edifício de condições de entrega, pronto a utilizar	P38: Custo do ramal de saneamento de águas residuais domésticas P39: Custo do ramal de saneamento de águas residuais pluviais P40: Custo do ramal de abastecimento de água P41: Custo do ramal de eletricidade P42: Custo do ramal de abastecimento de gás P43: Custo do ramal de telecomunicações P44: Custo de limpeza
A5.12: Custos relativos a honorários de profissionais relacionados com a construção	P45: Honorários da equipa de projeto P46: Honorários de fiscalização P47: Honorários do diretor técnico P48: Honorários da equipa de segurança e saúde no trabalho
A5.13: Custos relativos a impostos, taxas, licenças de construção e inspeções	P49: Taxa de licenciamento P50: Taxa da licença de construção P51: Taxa de certificações do projeto de gás P52: Taxa de certificação do projeto térmico P53: Taxa de certificação do projeto elétrico P54: Taxa de verificação do projeto de segurança contra incêndios P55: Taxa de certificação do projeto de telecomunicações P56: Taxa de certificação do projeto de SNS P57: Taxa de certificação da rede de gás P58: Taxa de certificação da rede energética P59: Taxa de certificação da rede elétrica P60: Taxa de certificação da rede de telecomunicações

	P61: Taxa de vistorias dos Serviços Municipalizados
	P62: Taxa de vistoria dos ANPC
	P63: Taxa de vistoria do SNS
	P64: Taxa do IVA
A5.14: Incentivos ou subsídios	P65: Valor do incentivo

A estrutura hierárquica da metodologia MAEP-RB representada na Figura 4 segue o princípio da modularidade e ilustra como são processados os fluxos de informação relativos aos aspetos e impactes que influenciam o desempenho económico e o índice de sustentabilidade na fase anterior à utilização. O fluxo de informação tem início no nível mais baixo da hierarquia, ou seja, na quantificação dos parâmetros (P1 até P65), que são quantificados através dos elementos de projeto (Ribas, 2015).

A estrutura hierárquica da metodologia de avaliação do desempenho económico foi desenvolvida dentro do conceito da sustentabilidade com base na análise do ciclo de vida do edifício, conforme as regras estabelecidas na EN 16627:2015. Para proceder-se a avaliação de sustentabilidade económica com atribuição de um índice de sustentabilidade, se procede a normalização dos parâmetros e à definição de um sistema de pesos para a estrutura hierárquica da metodologia MAEP-RB. A normalização e o sistema de pesos possibilitam a integração desta metodologia numa avaliação da sustentabilidade dos edifícios em que são avaliados conjuntamente a dimensão económica, social e ambiental, com atribuição de índices de sustentabilidade individualmente para cada dimensão e/ou global (D. Ribas, M Morais, et al., 2015).

Depois de completados todas as comparações possíveis entre todos os pares de elementos, com relação ao atributo imediatamente acima na hierarquia, é possível obter os valores dos pesos relativos de todos os elementos avaliados. Para cada nível da hierarquia de atributos serão constituídas matrizes de comparação de várias dimensões, formadas a partir dos elementos pertencentes aos quatro níveis da hierarquia de atributos, distribuídos da seguinte forma (Ribas, 2015):

- a) Vinte e uma matrizes de comparação par a par posicionadas no nível 4 da hierarquia de atributos, referentes à determinação da importância relativa entre parâmetros subordinados aos respetivos indicadores económicos;

- b) Seis matrizes de comparação par a par posicionadas no nível 3 da hierarquia de atributos, referentes à determinação das importâncias relativas entre indicadores subordinados aos respectivos módulos económicos;
- c) Três matrizes de comparação par a par posicionadas no nível 2 da hierarquia de atributos, referentes à determinação da importância relativa entre módulos subordinados às respetivas etapas;
- d) Uma matriz de comparação par a par posicionada no nível 1 da hierarquia de atributos, referente à determinação da importância entre etapas de ciclo de vida subordinados à fase anterior à utilização.

A tabela 17 apresenta, numa forma sintetizada, o número de matrizes de comparação e a respetiva ordem de cada uma delas. É ainda possível observar o número de matrizes que estão associadas a cada nível da hierarquia, bem como a que parâmetros, indicadores, módulos e etapas do ciclo de vida estão relacionadas.

Tabela 17 - Número de matrizes de comparação e respetivas ordens de cada matriz

Ordem	(1x1)	(2x2)	(3x3)	(4x4)	(5x5)	(7x7)	(14x14)	(16x16)
Matrizes								
Nível 1			EPC EP EC					
Nº Matrizes			1					
Nível 2	A0	A1 A2 A3	A4 A5					
Nº Matrizes	1	1	1					
Nível 3	A1.1 A2.1 A3.1	A0.1-A0.2 A4.1-A4.2					A5.1- A5.14	
Nº Matrizes	3	2					1	
Nível 4	P9-P13 P21-P23 P33 P37 P65	P28-P29	P1-P3 P30-P32 P34-P36	P24-P27 P45-P48	P4-P8	P14-P20		P38-P44
Nº Matrizes	11	1	3	2	1	2		1
TOTAL	15	4	5	2	1	2	1	1

3.3.2 - Definição da escala de importância

Tal como nos restantes métodos aditivos e como foi referenciado anteriormente, os julgamentos realizados no AHP são cardinais, isto é, na comparação de cada par de atributos, o agente de decisão específica não só qual atributo considera mais importante, como também, quanto mais importante é considerado em relação ao atributo concorrente (Silva & Agopyan, 2003).

A escala definida por Saaty (Saaty, 2008) é linear e é dada num intervalo de 1 a 9, onde 1 representa a igualdade de importância entre dois atributos e 9 significa uma importância muito maior de um atributo sobre outro. Ou seja, a escala é crescente no sentido em que quanto maior o valor atribuído á comparação, entre dois atributos, maior é a importância de um determinado atributo sobre o outro. Caso o atributo seja menos importante que o atributo concorrente, utiliza-se o inverso da escala (1, 1/2, 1/3, ...,1/9).

Para facilitar a avaliação, no que diz respeito a atribuição da escala às comparações dos atributos, optou-se por reduzir o número de intervalos da escala clássica originalmente proposta por Saaty (Saaty, 2008) de 9 para 5. Utilizando assim uma escala proposta por Haurie (Haurie, 2001), (1/4, 1/2, 1, 2, 4), a fim de evitar problemas de inconsistência que poderiam surgir nos julgamentos de três ou mais atributos. Na tabela 18 está representada a escala definida para avaliação das comparações dos atributos.

Tabela 18 - Escala definida para avaliação das comparações dos atributos

Definição	Muito mais importante	Muito importante	Igualmente importante	Menos importante	Muito menos importante
Importância	4	2	1	1/2	1/4

3.3.3 - Obtenção dos pesos na metodologia MAEP-RB

A hierarquia de atributos elaborada para a metodologia MAEP-RB, utilizada nesta dissertação de mestrado, foi concebida pelo Prof. Domingos Ribas no âmbito do desenvolvimento da sua tese de doutoramento, com o título de “*Metodologia de avaliação da sustentabilidade económica de edifícios com base no ciclo de vida*”.

Para a construção do sistema de pesos para a metodologia MAEP-RB, foi aplicada a ferramenta AHP através do software Microsoft Excel, com recursos básicos a MS Visual Basic, que permite a constante atualização dos dados no sistema (Ribas, 2015).

Esta ferramenta foi utilizada por um grupo de especialistas no ramo da construção, definida previamente pelo autor. A amostra contemplou três intervenientes do setor da construção sendo estes, engenheiros civis, arquitetos e construtores.

Inicialmente foi realizado um estudo com o intuito de ser possível obter um parecer, que contemplasse estes três setores do ramo da construção, a um nível distrital na cidade de Viana do Castelo, de forma a que os valores pudessem ser estatisticamente válidos. No entanto verificou-se que o número da *população* que teria de ser considerada para obter o

tamanho da *amostra* era bastante elevado, tal levou a que o número necessário de inquiridos, para poder obter valores estatisticamente válidos, fosse muito alto, e dadas as limitações a nível de calendarização não seria possível optar por um estudo tão aprofundado. Neste sentido, ficou definido pelo autor que a amostra seria constituída por 30 elementos de cada grupo profissional, conseguindo um total de 90 pareceres técnicos, nos três sectores do ramo da construção, tentando reduzir ao máximo a subjetividade existente neste tipo de questionários.

A amostra associada a esta dissertação não possibilita a representação de qualquer população estatística a nível distrital na cidade de Viana do Castelo, apenas representa um caso de estudo que poderá posteriormente ser aproveitado para um futuro estudo neste sentido.

Mesmo não sendo viável para esta dissertação de mestrado a execução de um inquérito que representasse estatisticamente o ramo da construção no distrito de Viana do Castelo, foi previamente definido, pelo autor, com base na obtenção de dados com uma natureza sólida e credível, a seguinte amostra:

- 30 Engenheiros civis;
- 30 Arquitetos e,
- 30 Construtores.

Os questionários foram elaborados com vista a obter uma perceção quanto á importância relativa entre os atributos; etapas de ciclo de vida, módulos, indicadores e parâmetros, pertencentes ao respetivo nível de atributos, com base nos julgamentos dos diferentes técnicos inquiridos. Como foi possível observar no capítulo 2 desta dissertação, houve já algumas ferramentas de avaliação da sustentabilidade que procederam de forma idêntica para construir os respetivos sistemas de pesos.

Foi apresentada aos votantes a estrutura hierárquica de atributos da metodologia MAEP-RB representada na Tabela 16. Esta mesma hierarquia é repetida e detalhada na construção das folhas de cálculo do Microsoft Excel, onde os atributos são comparados par a par (Ribas, 2015).

De acordo com a estrutura de atributos associada a metodologia MAEP-RB cada especialista faz então a comparação par a par dos atributos, preenchendo sequencialmente as folhas de

cálculo previamente desenvolvida para aplicação do AHP, com a seguinte sequência (Ribas, 2015):

- a) Vinte e uma matrizes de comparação par a par posicionadas no nível 4 da hierarquia de atributos, referentes a determinação da importância relativa entre parâmetros subordinados aos respectivos indicadores económicos;
- b) Seis matrizes de comparação par a par posicionadas no nível 3 da hierarquia de atributos, referentes a determinação da importância relativa entre indicadores subordinados aos respectivos módulos económicos;
- c) Três matrizes de comparação par a par posicionadas no nível 2 da hierarquia de atributos, referentes a determinação da importância relativa entre módulos subordinados as respectivas etapas;
- d) Uma matriz de comparação par a par posicionadas no nível 1 da hierarquia de atributos, referentes a determinação da importância entre etapas subordinados à *fase anterior à utilização*.

No final do preenchimento de cada matriz de comparação é calculada automaticamente a Razão de Consistência (RC) e se o valor for menor que 0.10, então os julgamentos da matriz de decisão são considerados consistentes sendo emitida uma mensagem "*<0,10 OK! Passe a folha seguinte!*", caso contrário, verifica-se alguma inconsistência nos julgamentos e é solicitado ao especialista para rever a sua opinião pela mensagem "*> 0,10 Por favor, reveja o julgamento!*" (Ribas, 2015).

Como foi referido anteriormente, foram construídas 31 matrizes de comparação de várias ordens para determinar os pesos relativos e a razão de consistência da matriz de comparação. Só 21 das 31 matrizes de comparação que totalizam o sistema de pesos foram apresentadas aos avaliadores, dado que 10 das matrizes serem de ordem 1x1 e consequentemente o peso relativo do atributo é igual a 1 (100%) e o valor da razão de consistência ser igual a 0 (Ribas. 2015).

As folhas de cálculo foram estruturadas para permitir a análise da importância sempre por comparação de pares de opções (uma linha x uma coluna). Para facilitar a interação com o utilizador e reduzir o tempo de preenchimento, só as células da diagonal superior da matriz de comparação (assinaladas a azul claro) estão acessíveis para preenchimento, por seleção dos valores definidos na escala de importância (4,2,1,1/2,1/4). A diagonal inferior da matriz (assinalada a cinza) e a coluna da importância relativa (pesos) são calculadas

automaticamente e preenchidas aquando do preenchimento da diagonal superior (Ribas, 2015).

3.4 - Analytic Hierarchy Process (AHP)

Atualmente, os conceitos de “Edifício Verde” e “Sustentabilidade na Construção” têm estado na ordem do dia.

Para avaliar e certificar um determinado edifício, numa escala de sustentabilidade, foram criadas diversas ferramentas, em todo mundo, estando algumas delas apresentadas no capítulo 2 deste trabalho.

Todas as ferramentas de avaliação da sustentabilidade, têm o seu sistema de pesos, que foi obtido maioritariamente por tratamento de dados, obtidos por questionários. Para realizar esse tratamento de dados, é necessário recorrer a métodos auxiliares, como por exemplo o AHP (Analytical Hierarchy Process).

Depois da análise do sistema de pesos às diversas ferramentas de avaliação da sustentabilidade de edifícios constatam-se que, não existe consenso quanto á metodologia a adotar. Esta situação justifica algumas diferenças encontradas, quando se comparam os pesos atribuídos a um mesmo parâmetro em sistemas de avaliação distintos (Ribas, 2015)

Diante da ausência de uma base objetiva para ponderação de parâmetros de sustentabilidade, o AHP (Analytic Hierarchy Process) é incutido para determinação da ponderação entre etapas do ciclo de vida, categorias, indicadores e parâmetros a avaliar, pois:

- 1) Tanto o texto de trabalho da ISO AWI 21932 - Indicadores de Sustentabilidade, quanto o Manual do usuário da GBTool recomendam a adoção de técnicas de análise de decisão multi-atributos (Cole & Larsson, 2002);
- 2) É um dos cinco métodos MADA (Multiattribute decision analysis) apontados por (Marchall & Norris, 1995) como adequados para a análise de problemas relacionados com edifícios e seus subsistemas;
- 3) É reconhecido pela ASTM (American Society for Testing and Materials), através de (1) sua adoção pelos subcomités ASTM E06.05 (Whole-building Performance) e ASTM E06.81 (Building Economics) em trabalho conjunto consolidado sobre decisões relacionadas a atributos de edifícios; (2) da norma ASTM E 1765-95, sobre a aplicação

do AHP à análise de decisão multi-atributos de investimentos relacionados a edifícios e sistemas de edifícios; e (3) do software de apoio à referida norma (Chapman & Marshall, 1998).

O AHP transforma as comparações, muitas vezes empíricas, em valores numéricos que são processados e comparados. O peso de cada um dos fatores permite a avaliação de cada um dos elementos dentro da hierarquia definida. Essa capacidade de conversão de dados empíricos em modelos matemáticos é a principal diferença do AHP em relação a outras técnicas comparativas (Vargas, 2010).

O AHP ajuda na redução da tendenciosidade no processo de tomada de decisão, e pode minimizar dificuldades comuns da tomada de decisão em equipa, tais como a falta de foco, de planeamento, de participações ou propriedade, que em última análise são condicionantes que podem impedir as equipas de efetuar a escolha correta (Ali & Al Nsairart, 2009).

Neste capítulo, o processo de análise hierárquica AHP será apresentado, dando a conhecer a sua aplicação e respetiva formulação. Esta ferramenta será aplicada á estrutura hierárquica da metodologia MAEP-RB de forma a obter as ponderações entre parâmetros, módulos, indicadores e etapas de ciclo de vida que a representam, com o objetivo final de construir um sistema de pesos relativos e globais para a mesma estrutura.

3.4.1 - Bases para o uso

O método Analytic Hierarchy Process (AHP) é um método de análise multicritério, que surgiu na década 70 do século XX e foi desenvolvido por Thomas L. Saaty e, que desde essa data tem vindo a ser estudado e utilizado (Costa, 2012). Pertence ao grupo dos métodos aditivos simples, que por sua vez, são uma das classes de técnicas de análise de decisão multi-atributos (MADA – Multiattribute Decision Analysis) e tem como objetivo quantificar prioridades relativas num determinado conjunto de alternativas, com recurso a uma escala de razão, que tem por base julgamentos de vários peritos. É importante que os julgamentos sejam intuitivos e consistentes na comparação das alternativas (Al-Harbi, 2001). O AHP, objetiva a seleção de alternativas, em um processo que considere diferentes critérios de avaliação. Segundo (Costa, 2002) este método está baseado em três princípios do pensamento analítico:

- a) **Construção de hierarquias:** No AHP o problema é estruturado em níveis hierárquicos, como forma de buscar uma melhor compreensão e avaliação do

mesmo. A construção de hierarquias é uma etapa fundamental do processo de raciocínio humano. No exercício desta atividade identificam-se os elementos chave para a tomada de decisão, agrupando-os em conjunto afins, os quais são alocados em camadas específicas.

- b) Definição de prioridades:** O ajuste das prioridades no AHP fundamenta-se na habilidade do ser humano de perceber o relacionamento entre objetos e situações observadas, comparando pares à luz de um determinado foco ou critério.
- c) Consistência lógica:** No AHP, é possível avaliar o modelo de priorização construído quanto à sua consistência.

3.4.2 - Processo de análise hierárquica

O AHP foi originalmente desenvolvido e aplicado por Saaty e trata-se de uma ferramenta analítica aplicável a problemas de decisão multi-atributos que possam ser formulados como uma árvore de decisão, onde cada nível hierárquico envolve vários tipos de atributos. Aplica-se a hierarquias construídas, tendo por base elementos de decisão, para posteriormente utilizarem-se matrizes de comparação para comparar cada par possível em cada grupo (Silva & Agopyan, 2003).

Segundo (Saaty, 2008) para tomar uma decisão de uma forma organizada de gerar prioridades, é necessário decompor a decisão pelos seguintes passos:

1. Definir o problema e determinar o tipo de conhecimento que é procurado;
2. Estruturar a hierarquia a partir do topo, com o objetivo principal, então depois com os objetivos numa perspectiva mais ampla, ocupando os níveis intermédios, até chegar aos níveis mais baixos da hierarquia, que correspondem normalmente ao conjunto de alternativas;
3. Construir um conjunto de matrizes de decisão, de forma a ser possível realizar comparações “par a par”. Cada elemento num nível superior é comparado com um elemento de um nível imediatamente abaixo, que lhe diga respeito;
4. Usar as prioridades obtidas a partir das comparações efetuadas, para obter os seus pesos. De seguida, obter os pesos respetivos aos níveis mais baixos, de forma a poder realizar um somatório e obter o peso global, num nível superior. Continuar este processo até que se obtenha os valores dos pesos para todos os níveis.

A matriz decisão é composta por uma linha correspondente a cada alternativa e a coluna correspondente a cada atributo. Desse modo, um problema com m alternativas

caracterizadas por “n” atributos é descrito por uma matriz X, (“m” x “n”), tal como está apresentado na figura 5 (Silva & Agopyan, 2003).

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & & X_{1n} \\ \text{(informação sobre Alternativa 1 em relação ao Atributo 1)} & & \text{(informação sobre Alternativa 1 em relação ao Atributo n)} \\ & X_{ij} & \\ & \text{(informação sobre Alternativa i em relação ao Atributo j)} & \\ & & \\ X_{m1} & & X_{mn} \\ \text{(informação sobre Alternativa m em relação ao Atributo 1)} & & \text{(informação sobre Alternativa m em relação ao Atributo n)} \end{bmatrix} = [X_{ij}]$$

Figura 5 - Figura representativa da matriz (mxn), exemplo

Para efetuar comparações, é necessário que exista uma escala de números que indiquem quantas vezes é mais importante um elemento sobre um outro, ou seja, é necessário que exista uma escala que traduza a importância das comparações. A Tabela 19 mostra a escala definida por Thomas Saaty.

Tabela 19 - Escala definida por Thomas Saaty

Escala numérica da importância	Definição	Explicação
1	A mesma importância	Dois elementos contribuem de igual forma para o mesmo objetivo.
2	Fraco	
3	Importância moderada	Um elemento é ligeiramente favorecido em relação a outro.
4	Mais do que moderada	
5	Importância forte	Um elemento é fortemente favorecido em relação a outro.
6	Mais do que forte	
7	Importância demonstrada	Um elemento é muito favorecido em relação a outro; na prática, é demonstrado um domínio de um elemento sobre o outro.
8	Muito, muito forte	
9	Estrema importância	As evidências favorecem um elemento em detrimento de outro.

A escala é atribuída á matriz de forma a existir uma comparação entre um determinado critério A e um critério B.

O problema de decisão no AHP é como comparar a importância relativa dos atributos de modo sistemático e quantitativo. Matematicamente, esta ferramenta tem como objetivo determinar os pesos, w_i , dos atributos, a_i , para i variando de 1 a, onde n é o número de atributos (Haurie, 2001).

1) Identidade

A abordagem AHP assume que, por definição, uma matriz de comparação atende a três propriedades (D.A. Ribas et al., 2015);

Pelo princípio de identidade, todos os elementos na diagonal da matriz são iguais a 1, visto que um determinado atributo é sempre igual a si mesmo, logo a comparação de um atributo igual fornece relação entre pesos igual a 1.

Este princípio reduz a quantidade de respostas necessárias para apenas $n(n-1)/2$, sendo n o número de atributos;

2) Reciprocidade

Pelo princípio de reciprocidade, se o atributo A é referido como x vezes mais importante que o atributo B, então o atributo B é $1/x$ vez tão importante quanto o atributo A. Assim, qualquer elemento abaixo da diagonal tem o seu valor definido como o inverso do elemento correspondente acima da diagonal. Esta propriedade da matriz comparação define-se por, $a_{ij}=1/a_{ji}$, para todos os i e j .

3) Consistência

Por consistência entende-se que, para quaisquer três A, B e C, se A é julgado como x vezes mais importantes que B, e B é considerado como y vezes mais importante que C, então A deve ser xy vezes mais importante C. Em outras palavras, as colunas da matriz de comparação são múltiplas escalares entre si. Assim as colunas normalizadas, dividindo cada célula pela soma da coluna, são idênticas.

Assim, pelo teorema de álgebra linear, o vetor dos pesos, w , é o vetor eigen (vetor próprio) da matriz comparação, com valor eigen (valor próprio) λ , tal que:

$$Aw = \lambda w \quad (3.1)$$

Com este procedimento, o AHP formaliza a conversão de um problema de atribuição de pesos a atributos em um problema mais palpável de realizar uma série de comparações entre pares de atributos concorrentes. Esta série de comparações em pares é sumarizada em matrizes de comparação, que são matrizes quadradas contendo as relações entre os elementos comparados (subatributos, atributos ou alternativas), na forma geral mostrada na tabela 20.

Tabela 20 - Tabela representativa de uma matriz de comparação de ordem 3

Matriz (3x3)	Atributo 1	Atributo 2	Atributo 3
Atributo 1	1	Peso do atributo 1 em relação ao atributo 2	Peso do atributo 1 em relação ao atributo 3
Atributo 2	Peso do atributo 2 em relação ao atributo 1	1	Peso do atributo 2 em relação ao atributo 3
Atributo 3	Peso do atributo 3 em relação ao atributo 1	Peso do atributo 3 em relação ao atributo 2	1

No método AHP, criado por Saaty (Saaty, 1980), o vetor das prioridades gerado pela comparação par a par dos elementos é obtido pelo cálculo do vetor eigen que está associado ao valor próprio máximo da matriz de decisão.

Para o cálculo do vetor eigen, existem diversas metodologias que podem ser divididas em dois grupos (Golony & Kress, 1993):

- a) Método da abordagem do valor próprio e,
- b) Método da minimização de distância entre a matriz de decisão e a matriz consistente mais próxima, que se subdivide em:
 - Método dos valores normalizados;
 - Método da média geométrica

O cálculo do vetor eigen da matriz de comparação, pode ser realizada utilizando uma abordagem simplificada que calcula a média geométrica de cada linha (ISOAWI21932, 2002). Neste caso, o peso w_i normalizado correspondente a cada atributo pode ser obtido por:

$$W_i = \frac{(\prod_{j=1}^n a_{ij})^{\frac{1}{n}}}{\sum_{i=1}^n (\prod_{j=1}^n a_{ij})^{\frac{1}{n}}}, \text{ para } i = 1, \quad (3.2)$$

Segue-se imediatamente que,

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1 \quad (3.3)$$

O cálculo do valor próprio máximo ou principal ($\lambda_{m\acute{a}x}$) associado ao vetor calculado foram calculados de acordo com a equação que se segue. O valor resultante é o chamado de valor próprio máximo ou principal ($\lambda_{m\acute{a}x}$).

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(Aw)_i}{w_i} \quad (3.4)$$

Conforme foi referido anteriormente a matriz de decisão é uma matriz recíproca, positiva e consistente possui apenas um valor próprio diferente de zero e igual ao número de ordem da matriz. A igualdade somente é possível quando a matriz for consistente.

O índice de consistência (IC) foi definido pela equação seguinte:

$$IC = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n-1)} \quad (3.5)$$

O índice de consistência (IC) calculado para a matriz de decisão é comparado com o valor de RI (Random Index) para fornecer a Razão de Consistência (RC), de forma que $RC=IC/RI$. Se RC for menor que 0,10, então os julgamentos da matriz de decisão são considerados consistentes, caso contrário, existe alguma inconsistência nos julgamentos e o especialista pode ser solicitado para rever a sua opinião.

Quando a ordem da matriz é grande, ou seja, o número de comparações par a par é elevado, podem surgir matrizes inconsistentes. Por exemplo, supondo que são considerados 3 critérios e o perito avalia que o primeiro critério é um pouco mais importante que o segundo critério, enquanto que o segundo critério é um pouco mais importante que o terceiro critério. Uma inconsistência surge se o perito avaliar por engano que o terceiro critério é tão ou mais importante que o primeiro critério. Este tipo de situações pode surgir quando existe um elevado número de comparações par a par, por isso o AHP utiliza como ferramenta a fórmula do índice de consistência, de forma a conseguir detetar qualquer inconsistência na decisão (Saaty, 1980).

Saaty (Saaty, 1987), (Saaty, 1991) propôs os índices aleatórios, do inglês Random Index (RI), para as matrizes de ordem n apresentados na tabela 21. Para as matrizes de ordem 1 e 2 não é necessário calcular o IC porque são sempre consistentes.

Tabela 21 - Valores de RI de acordo com a ordem, n, da matriz, para calcular o IC (índice de consistência)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	-	-	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49
n	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
RI	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59	1,60	1,61	1,62	1,63	1,63

4 - DETERMINAÇÃO DE UM SISTEMA DE PESOS PARA A ESTRUTURA HIERÁRQUICA

4.1 - Enquadramento

Para a hierarquia de atributos, da metodologia MAEP-RB, abordada nesta dissertação, é necessário desenvolver um sistema de pesos que distinga, de forma percentual, a importância relativa, existente entre todos os atributos.

O desenvolvimento de um sistema de pesos com base no estudo da importância relativa entre parâmetros, indicadores, módulos e etapas do ciclo de vida que constituem a estrutura hierárquica da metodologia MAEP-RB e a normalização de todos os parâmetros, viabiliza a avaliação do desempenho e sustentabilidade económica expresso respetivamente em unidades monetárias e em índices de sustentabilidade económica para o edifício avaliado (D. A. Ribas et al., 2015).

O peso que se atribui a cada parâmetro da estrutura hierárquica da metodologia condiciona significativamente os resultados obtidos. Apesar de não haver dúvidas que existem alguns parâmetros que são mais importantes para a sustentabilidade económica de que outros, não existe atualmente nenhum método que permita a definição consensual do peso relativo de cada um. O sistema de pesos a adotar depende, entre outros fatores, do contexto e das prioridades locais e das diferentes opiniões dos diversos intervenientes no ciclo de vida dos edifícios (D. Ribas, M. Morais, et al., 2015).

Para tal, esta dissertação, desenvolveu um inquérito que, obtendo um número aceitável de respostas, conseguisse determinar os valores pretendidos, na determinação das ponderações, para a mesma hierarquia de atributos.

Os inquéritos estatísticos são usados para recolher informação quantitativa. Um inquérito pode incidir sobre opiniões ou informação factual, dependendo do seu objetivo. A realização de um inquérito é vantajosa no sentido em que, são uma forma eficiente de recolher informação de um grande número de inquiridos e por apresentarem características flexíveis,

pois podem ser usados para recolher uma grande variedade de informação. Contudo, dependem da motivação, honestidade, memória e capacidade de resposta dos sujeitos inquiridos, tornando a obtenção de respostas um pouco lenta. Para além desta desvantagem, existe ainda a necessidade de definir previamente uma amostra representativa da população, que ira ditar o número de inquéritos que serão necessários para poder obter resultados estatísticos aceitáveis (Vieira et al., 2008).

Com o objetivo inicial de desenvolver um inquérito estatístico, a principal preocupação foi definir a amostra.

Amostragem consiste na seleção de uma parte da população a observar, e sobre a qual temos um modo de estimar algo, sobre toda a População (Ávila C. A., 2006).

População ou universo é o conjunto de objetos, indivíduos (não necessariamente pessoas) ou resultados experimentais, acerca do qual se pretende estudar alguma característica comum (Ávila C. A., 2006).

Esta etapa do processo de elaboração de um inquérito é bastante importante, visto que a amostra deve ter a dimensão adequada para que se obtenha a precisão pretendida.

Uma vez selecionada a amostra, é necessário verificar que a amostra é representativa da população, caso contrário resultado serão enviesados. Uma amostra representativa é aquela que reflete os aspetos típicos da população (Vieira et al., 2008).

A partir desde facto, verificou-se que estudar uma amostra que fosse representativa da população seria extremamente demorado para uma estrutura de trabalho, como é a desta dissertação de mestrado. Assim, a quantidade de inquéritos ficou restrito apenas a um determinado número, dentro das três atividades profissionais do setor da construção, mas com a consequência da impossibilidade de poder extrapolar os resultados obtidos para uma realidade estatística.

4.2 - Inquérito a profissionais do setor da construção

4.2.1 - Amostra

Inicialmente um dos grandes objetivos para esta dissertação de mestrado, era definir uma amostra com base numa população definida previamente, para que os pareceres recolhidos através dos inquéritos pudessem ter uma determinada importância estatística.

Com o este fim foi realizado um breve estudo de forma a calcular o número de inquéritos que seriam necessários responder para que os valores obtidos pudessem ser representativos dos três intervenientes no setor da construção, arquitetos, construtores e engenheiros civis, no concelho de Viana do Castelo.

Este estudo iniciou com a determinação da população que seria alvo para o cálculo da amostra. Assim foi realizada uma breve pesquisa com o intuito de obter os totais de engenheiros civis, arquitetos e empresas de construção existentes no conselho de Viana do Castelo.

Para a obtenção do número de arquitetos e engenheiros civis, existentes em Viana do Castelo foi questionado às respetivas ordens o número de inscritos em cada um das duas actividades profissionais. Já no caso do número de empresas de construções existentes na mesa cidade, o valor foi obtido através do site www.infoempresas.com.pt/ que fornece este tipo de informação para todo o país.

Assim foi determinado que no conselho de Viana do Castelo existiam:

- 451 Engenheiros Civis
- 402 Arquitetos
- 239 Empresas de construção (ligadas á engenheira civil)

Logo a população alvo deste inquérito seria de 1092 indivíduos

Assim para populações finitas, com uma dimensão de 1092, com um nível de confiança de 95%, para um erro amostragem de 4% e para um valor de Z de 1,96%, a dimensão da amostra seria de 387, ou seja, percentualmente, 160 engenheiros civis, 143 arquitetos e 85 empresas de construção.

Desde logo foi notório que uma amostra desta dimensão seria inviável para uma tese de dissertação de mestrado devido á angariação de um número tão elevado de julgamentos.

Tendo isto foi estipulado pelo autor uma meta de 30 inquéritos em cada um dos três setores profissionais, que daria um total de 90 inquéritos preenchidos.

Contudo, durante a fase de recolha de inquéritos respondidos, comprovou-se a dificuldade de resposta ao mesmo. A compreensão dos vários parâmetros e a formatação, em tabela, que o inquérito exigia, devido á necessidade de executar comparações “par a par”, tornaram-no moroso e complexo no seu preenchimento, principalmente para arquitetos e

construtores, que geralmente não tem tanta ligação a estas matérias. Em consequência, foram recolhidos 22 inquéritos a 22 engenheiros civis, na região de Viana do Castelo, que constituíram a base dos dados que iram ser apresentados no seguinte capítulo.

4.2.2 - Inquérito

O inquérito segue uma formatação com base em matrizes, que torna possível a realização de comparações “par a par” entre todos os atributos, que constituem a matriz (método AHP). A importância atribuída, pelo inquerido, às diferentes comparações segue uma escala definida pelo autor com a formatação apresentada na tabela 22.

Tabela 22 - Escala de importância, aplicável às comparações "par a par"

Escala	Importância
4	Muito mais importante
2	Mais importante
1	Igualmente importante
1/2	Menos importante
1/4	Muito menos importante

A aplicação desta escala ao inquérito, torna possível o cálculo dos pesos relativos de todos os atributos que constituem a matriz. Os pesos relativos diferenciam os atributos dentro da matriz, pela sua importância. Na figura 6 está representada uma matriz, na sua forma geral, que constitui o inquérito.

Matriz de comparação par a par entre parâmetros subordinados do indicador económico: A0.1: Custo do terreno, taxas e impostos associados																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Escala de importância relativa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Muito mais importante</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Mais importante</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Igualmente importante</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Menos importante</td> <td>1/2</td> </tr> <tr> <td>Muito menos importante</td> <td>1/4</td> </tr> </tbody> </table>	Escala de importância relativa		Muito mais importante	4	Mais importante	2	Igualmente importante	1	Menos importante	1/2	Muito menos importante	1/4	P1: Valor do terreno	P2: IMT - Imposto municipal sobre as transações onerosas de imóveis	P3: IS - Imposto de selo	Importância relativa (%)
	Escala de importância relativa															
	Muito mais importante	4														
	Mais importante	2														
	Igualmente importante	1														
Menos importante	1/2															
Muito menos importante	1/4															
P1: Valor do terreno	1	2	2	0,493												
P2: IMT - Imposto municipal sobre as transações onerosas de imóveis	0,5	1	2	0,311												
P3: IS - Imposto de selo	0,5	0,5	1	0,196												
Razão de consistência (RC) =	0,046 < 0,10 OK!, Passe a folha seguinte!															

Figura 6 - Matriz de comparação par a par entre parâmetros subordinados do indicador económico

O preenchimento da matriz apenas se cinge às células azuis visto que, as células brancas na diagonal, apresentam valores de 1, ao representarem a comparação entre dois atributos iguais e as células cinza são preenchidas automaticamente, por representarem matematicamente o inverso do julgamento dado nas células azuis.

O peso relativo ou importância relativa, em percentagem, é calculado automaticamente pela normalização das colunas, para tal é aplicada a seguinte formula a todas as linhas da matriz.

$$(P1 * P2 * \dots * Pn)^{\frac{1}{n}} = \quad (4.1)$$

Linha 1 $= (1 * 4 * 4)^{\frac{1}{3}} = 2,520$

Linha 2 $= (0,25 * 1 * 2)^{\frac{1}{3}} = 0,794$

Linha 3 $= (0,25 * 0,5 * 1)^{\frac{1}{3}} = 0,500$

O peso relativo, %, é determinada segundo o cálculo da razão dos valores obtidos anteriormente, em cada umas das linhas, pelo somatório dos valores obtidos em todas as linhas.

Linha 1	$\frac{2,520}{2,520+0,794+0,500} = \frac{2,520}{3,814} = 0,661$	A0.1	P1	P2	P3	Peso relativo (%)
Linha 2	$\frac{0,794}{2,520+0,794+0,500} = \frac{0,794}{3,814} = 0,208$	P1	1	4	4	0,661
Linha 3	$\frac{0,500}{2,520+0,794+0,500} = \frac{0,500}{3,814} = 0,131$	P2	0,25	1	2	0,208
		P3	0,25	0,5	1	0,131
		Somatório				1

Figura 7 - Matriz do indicador A0.1

O somatório dos pesos relativos, %, referentes aos atributos de uma matriz é sempre 1. Isto acontece pelo facto das mesmas representarem o peso que cada atributo tem em relação aos outros atributos que constituem a matriz.

A razão de consistência representa se o julgamento dado às várias comparações entre todos os atributos da matriz é consistente ou inconsistente, ou seja, este cálculo determina se o julgamento é ou não contraditório. Tendo isto em conta o sujeito inquirido apenas poderá passar ao julgamento das próximas matrizes caso a RC seja menor que 0,1. Esta ferramenta de análise da consistência dos julgamentos é bastante útil e necessária, principalmente em matrizes de elevada ordem.

Matriz de comparação par a par entre parâmetros subordinados do indicador económico: A0.1: Custo do terreno, taxas e impostos associados																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Escala de importância relativa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Muito mais importante</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Mais importante</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Igualmente importante</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Menos importante</td> <td>1/2</td> </tr> <tr> <td>Muito menos importante</td> <td>1/4</td> </tr> </tbody> </table>		Escala de importância relativa		Muito mais importante	4	Mais importante	2	Igualmente importante	1	Menos importante	1/2	Muito menos importante	1/4	P1: Valor do terreno	P2: IMT - Imposto municipal sobre as transações onerosas de imóveis	P3: IS - Imposto de selo	Importância relativa (%)
Escala de importância relativa																	
Muito mais importante	4																
Mais importante	2																
Igualmente importante	1																
Menos importante	1/2																
Muito menos importante	1/4																
P1: Valor do terreno	1	2	0,5	0,333													
P2: IMT - Imposto municipal sobre as transações onerosas de imóveis	0,5	1	2	0,333													
P3: IS - Imposto de selo	2	0,5	1	0,333													
Razão de consistência (RC) = 0,431 > 0,10 Por favor, reveja o julgamento!																	

Figura 8 - Exemplo de uma matriz inconsistente

A matriz apresentada na figura 8, é dita inconsistente pois, é atribuída á comparação entre o valor do terreno e o IMT o valor da escala 2, mais importante e de seguida é atribuído á comparação entre o valor do terreno e o IS o valor da escala ½, menos importante. Por esta ordem de ideias o IS teria de ser mais importante do que o IMT, o que não acontece no julgamento feito pelo sujeito inquirido, que atribui o valor da escala 2, muito importante. Logo a razão de consistência, RC, é igual a 0,431 maior do que 0,10, o que faz o que o sistema ordene á revisão do julgamento.

Matriz de comparação par a par entre parâmetros subordinados do indicador económico: A0.1: Custo do terreno, taxas e impostos associados																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Escala de importância relativa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Muito mais importante</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Mais importante</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Igualmente importante</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Menos importante</td> <td>1/2</td> </tr> <tr> <td>Muito menos importante</td> <td>1/4</td> </tr> </tbody> </table>		Escala de importância relativa		Muito mais importante	4	Mais importante	2	Igualmente importante	1	Menos importante	1/2	Muito menos importante	1/4	P1: Valor do terreno	P2: IMT - Imposto municipal sobre as transações onerosas de imóveis	P3: IS - Imposto de selo	Importância relativa (%)
Escala de importância relativa																	
Muito mais importante	4																
Mais importante	2																
Igualmente importante	1																
Menos importante	1/2																
Muito menos importante	1/4																
P1: Valor do terreno	1	4	4	0,661													
P2: IMT - Imposto municipal sobre as transações onerosas de imóveis	0,25	1	2	0,208													
P3: IS - Imposto de selo	0,25	0,5	1	0,131													
Razão de consistência (RC) = 0,046 < 0,10 OK!, Passe a folha seguinte!																	

Figura 9 - Exemplo da mesma matriz, mas com um julgamento consistente

A matriz apresentada na figura 9 foi julgada com consistência, visto que obteve uma razão de consistência de 0,046, um valor menor que 0,10. A consistência deste julgamento é traduzida pela avaliação que é feita às várias comparações entre os diferentes atributos. Sendo o valor do terreno muito mais importante (4) que o IMT e o IS não impede que o IMT seja mais importante (2) que o IS, por esta razão a razão de consistência, RC, nunca poderia ser superior a 0,10.

O inquérito inicia com uma página, que apresenta as seguintes instruções necessárias para o seu preenchimento:

1. Preencher somente as células a azul claro, seguindo a escala de importância relativa ($\frac{1}{4}$; $\frac{1}{2}$; 1; 2; 4);
2. Os campos em branco (diagonal da matriz) têm sempre valor fixo =1;
3. Os campos em cinza são preenchidos automaticamente;
4. A importância relativa entre alternativas (%) é calculada automaticamente;
5. Verificar se o valor da razão de consistência (RC) é inferior ou igual a 0,10;
 - Se sim, “OK!, Passe á folha seguinte!”;
 - Se não, “Por favor, reveja o julgamento!”.

As tabelas 23 à 38 são referentes ao inquérito modelo. Em cada tabela está representada uma matriz onde o sujeito inquerido efetuou o julgamento de cada comparação “par a par”, entre atributos.

Tabela 23 - Matriz A0.1: Custo de compra/aluguer de terreno/edifício existente, taxas e impostos associados

A0.1	P1	P2	P3	Importância Relativa (%)
P1	1	4	4	0,661
P2	0,25	1	2	0,208
P3	0,25	0,5	1	0,131
Razão de consistência = 0,046 < 0,10 OK!				

Tabela 24 - Honorários de profissionais relacionados com aquisição do terreno

A0.2	P4	P5	P6	P7	P8	Importância Relativa (%)
P4	1	4	4	4	4	0,481
P5	0,25	1	2	2	4	0,209
P6	0,25	0,50	1	1	2	0,120
P7	0,25	0,50	1	1	2	0,120
P8	0,25	0,25	0,50	0,50	1	0,069
Razão de consistência = 0,035 < 0,10 OK						

Tabela 25 - Custo com arranjos exteriores e obras de paisagismo

A5.1	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	Importância Relativa (%)
P14	1	0,5	0,5	1	2	1	1	0,122
P15	2	1	2	2	2	2	2	0,243
P16	2	0,5	1	1	2	2	2	0,181
P17	1	0,5	1	1	1	2	4	0,164
P18	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	0,100
P19	1	0,5	0,5	0,5	1	1	1	0,100
P20	1	0,5	0,5	0,25	1	1	1	0,090

Razão de consistência = 0,036 < 0,10 OK!

Tabela 26 - Custo de produção e transformação de um produto dentro do estaleiro

A5.5	P24	P25	P26	P27	Importância Relativa (%)
P24	1	4	4	4	0,562
P25	0,25	1	2	2	0,199
P26	0,25	0,5	1	2	0,140
P27	0,25	0,5	0,5	1	0,099

Razão de consistência = 0,045 < 0,10 OK!

Tabela 27 - Custo de aquecimento, arrefecimento, ventilação e controle de humidade no processo de construção

A5.6	P28	P29	Importância Relativa (%)
P28	1	2	0,667
P29	0,5	1	0,333

Razão de consistência = 0,000 < 0,10 OK!

Tabela 28 - Custo de instalação de produtos dentro da edificação

A5.7	P30	P31	P32	Importância Relativa (%)
P30	1	2	4	0,547
P31	0,5	1	4	0,345
P32	0,25	0,25	1	0,109

Razão de consistência = 0,046 < 0,10 OK!

Tabela 29 - Custo de gestão de resíduos RCD

A5.9	P34	P35	P36	Importância Relativa (%)
P34	1	2	2	0,493
P35	0,5	1	2	0,311
P36	0,5	0,5	1	0,196

Razão de consistência = 0,046 < 0,10 OK!

Tabela 30 - Custos inerentes a dotar o edifício de condições de entrega, pronto a utilizar

A5.11	P38	P39	P40	P41	P42	P43	P44	Importância Relativa (%)
P38	1	1	1	1	1	2	2	0,166
P39	1	1	1	1	1	2	2	0,166
P40	1	1	1	1	1	2	2	0,166
P41	1	1	1	1	1	4	2	0,184
P42	1	1	1	1	1	1	2	0,151
P43	0,5	0,5	0,5	0,25	1	1	2	0,092
P44	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,075

Razão de consistência = 0,028 < 0,10 OK!

Tabela 31 - Custos relativos a honorários de profissionais relacionados com a construção

A5.12	P45	P46	P47	P48	Importância Relativa (%)
P45	1	2	4	2	0,451
P46	0,5	1	2	1	0,225
P47	0,25	0,5	1	1	0,134
P48	0,5	1	1	1	0,190

Razão de consistência = 0,022 < 0,10 OK!

Tabela 32 - Custos relativos a impostos taxas, licenças de construção e inspeções

A5.13	P49	P50	P51	P52	P53	P54	P55	P56	P57	P58	P59	P60	P61	P62	P63	P64	Importância Relativa (%)
P49	1	0,25	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,031
P50	4	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0,25	0,155
P51	1	0,25	1	1	1	1	1	1	0,5	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	0,25	0,027
P52	1	0,25	1	1	1	1	1	1	0,5	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,029
P53	1	0,25	1	1	1	1	1	1	0,5	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,030
P54	1	0,25	1	1	1	1	1	1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	0,25	0,026
P55	1	0,25	1	1	1	1	1	1	0,5	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,030
P56	1	0,25	1	1	1	1	1	1	0,5	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,030
P57	2	0,25	2	2	2	4	2	2	1	0,25	0,5	0,5	1	1	1	0,25	0,050
P58	2	0,25	4	4	4	4	4	4	4	1	2	2	4	4	4	0,25	0,115
P59	2	0,25	4	4	2	4	2	2	2	0,5	1	2	4	4	4	0,25	0,088
P60	2	0,25	4	2	2	4	2	2	2	0,5	0,5	1	1	1	1	0,25	0,060
P61	2	0,25	2	2	2	2	2	2	1	0,25	0,25	1	1	1	1	0,25	0,048
P62	2	0,25	2	2	2	2	2	2	1	0,25	0,25	1	1	1	1	0,25	0,048
P63	2	0,25	2	2	2	2	2	2	1	0,25	0,25	1	1	1	1	0,25	0,048
P64	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	0,184

Razão de consistência = 0,039 < 0,10 OK!

Tabela 33 - Terrenos, taxas associadas e aconselhamento

A0	A0.1	A0.2	Importância Relativa (%)
A0.1	1	4	0,800
A0.2	0,25	1	0,200

Razão de consistência = 0,000 < 0,10 OK!

Tabela 34 - Transporte

A4	A4.1	A4.2	Importância Relativa (%)
A4.1	1	2	0,667
A4.2	0,5	1	0,333

Razão de consistência = 0,000 < 0,10 OK!

Tabela 35 - Processo de construção e instalação

A5	A5.1	A5.2	A5.3	A5.4	A5.5	A5.6	A5.7	A5.8	A5.9	A5.10	A5.11	A5.12	A5.13	A5.14	Importância Relativa (%)
A5.1	1	4	4	2	2	4	2	4	4	4	2	2	2	0,25	0,125
A5.2	0,25	1	0,5	0,25	0,25	0,5	0,25	2	0,5	1	0,5	0,5	0,25	0,25	0,026
A5.3	0,25	2	1	0,5	0,25	1	0,5	2	1	2	0,5	0,5	0,25	0,25	0,036
A5.4	0,5	4	2	1	0,5	4	2	4	4	4	1	2	2	0,25	0,093
A5.5	0,5	4	4	2	1	4	4	4	4	4	2	2	2	0,25	0,119
A5.6	0,25	2	1	0,25	0,25	1	0,5	2	1	1	0,5	0,5	0,25	0,25	0,033
A5.7	0,5	4	2	0,5	0,25	2	1	2	2	2	1	0,5	0,5	0,25	0,054
A5.8	0,25	0,5	0,5	0,25	0,25	0,5	0,5	1	0,25	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,021
A5.9	0,25	2	1	0,25	0,25	1	0,5	4	1	1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,031
A5.10	0,25	1	0,5	0,25	0,25	1	0,5	2	1	1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,027
A5.11	0,5	2	2	1	0,5	2	1	2	4	4	1	2	0,5	0,25	0,069
A5.12	0,5	2	2	0,5	0,5	2	2	4	4	4	0,5	1	0,5	0,25	0,066
A5.13	0,5	4	4	0,5	0,5	4	2	4	4	4	2	2	1	0,25	0,093
A5.14	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	0,206

Razão de consistência = 0,050 < 0,10 OK!

Tabela 36 - Etapa de produto

Etapa de Produto	A1	A2	A3	Importância Relativa (%)
A1	1	2	0,5	0,286
A2	0,5	1	0,25	0,143
A3	2	4	1	0,571
Razão de consistência = 0,000 < 0,10 OK!				

Tabela 37 - Etapa de construção

Etapa de Construção	A4	A5	Importância Relativa (%)
A4	1	0,25	0,200
A5	4	1	0,800
Razão de consistência = 0,000 < 0,10 OK!			

Tabela 38 - Etapa anterior à utilização

Etapa anterior à utilização	Etapa de Pré-Construção	Etapa de Produto	Etapa de Construção	Importância Relativa (%)
Etapa de Pré-Construção	1	2	0,5	0,286
Etapa de Produto	0,5	1	0,25	0,143
Etapa de Construção	2	4	1	0,571
Razão de consistência = 0,000 < 0,10 OK!				

As matrizes em falta não constaram nos inquéritos pois apenas eram constituídas por um atributo, o que faz com que seja apenas possível a atribuição de um julgamento, 1 – igualmente importante.

A recolha de um elevado número de inquéritos é bastante benéfica, na medida em que os valores obtidos para os pesos relativos e posteriormente para os pesos globais são bem mais fiáveis.

Com a angariação de um painel de 22 Engenheiros Civis, inqueridos todos eles na região de Viana do Castelo, foi possível, com o preenchimento dos inquéritos, obter vários pareceres técnicos, e assim, calcular uma média de todos os pesos relativos pertencente a cada atributo.

Depois de organizados os pesos relativos respetivos a cada atributo da hierarquia é possível iniciar o cálculo dos pesos globais.

Os pesos globais representam a importância que cada atributo tem na estrutura hierárquica na metodologia MAEP-RB. Para determinar os pesos globais de todos os atributos da hierarquia, efetuou-se a multiplicação dos pesos relativos por ordem hierárquica, ou seja, para determinar o peso absoluto do módulo A1 é necessário calcular a multiplicação entre os pesos relativos referentes á fase de produto e ao módulo A1. Este valor reflete a importância do módulo A1 na fase de produto.

Exemplo de cálculo:

$$P10_{\text{peso global}} = \text{Produto}_{\text{peso relativo}} * A2_{\text{peso relativo}} * A2.1_{\text{peso relativo}} * P10_{\text{peso relativo}} \quad (4.2)$$

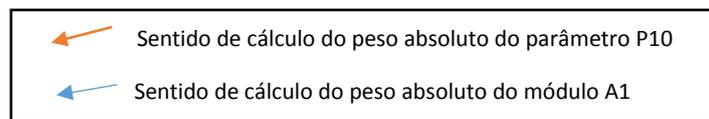
$$A1_{\text{peso global}} = \text{Produto}_{\text{peso relativo}} * A1_{\text{peso relativo}} \quad (4.3)$$

P9	1,000	A1.1	1,000	A1	0,371	Produto	0,121
P10	1,000	A2.1	1,000	A2	0,277		
P11	1,000	A3.1	1,000	A3	0,352		

Figura 10 - Pesos relativos (cálculo dos pesos globais)

P9	0,045	A1.1	0,045	A1	0,045	Produto	0,121
P10	0,033	A2.1	0,033	A2	0,033		
P11	0,042	A3.1	0,042	A3	0,042		

Figura 11 - Pesos globais (cálculo dos pesos globais)



A aplicação da ferramenta AHP nesta hierarquia de atributos da metodologia MAEP-RB tornou possível a determinação dos pesos globais para cada um dos 65 parâmetros, que foram propostos a julgamento. Assim, é possível saber quais os parâmetros que interferem mais nos níveis posteriores do modelo hierárquico apresentado. Este tipo de característica é bastante útil, numa fase de orçamentação de obra, num ponto de vista de controlo de custos. Os resultados das avaliações são dados importantes no suporte das tomadas de decisão, pois desta forma as equipas de projeto terão acesso, desde o início, ao desempenho esperado para o edifício a construir, podendo dessa forma avaliar o impacte de soluções alternativas. O resultado de uma avaliação pode constituir uma oportunidade para os promotores, utilizadores e projetistas tomarem decisões no sentido da otimização da sustentabilidade económica dos edifícios (Ribas, 2015).

4.3 - Resultados

4.3.1 - Pesos relativos

Os pesos relativos representam a importância que cada atributo tem no atributo que lhe sucede na hierarquia.

Estes estão entre os atributos dos quatro níveis da estrutura de atributos da metodologia MAEP-RB foram determinados pelo cálculo da média aritmética dos pesos relativos obtidos através da análise AHP das 31 matrizes de comparação par a par, presentes em cada um dos 22 inquéritos realizados. Estes estão representados nas tabelas 39 á 50 que constituem o sistema de pesos da metodologia MAEP-RB.

Tabela 39 - Pesos relativos das Etapas

	Fase anterior à utilização		
Pesos	0,319	0,122	0,559
Etapas	Pré-construção	Produto	Construção

Tabela 40 - Pesos relativos dos módulos

Etapas	Pré-construção		Produto		Construção	
Pesos	1,000	0,327	0,191	0,483	0,279	0,721
Módulos	A0	A1	A2	A3	A4	A5

Tabela 41 - Pesos relativos dos indicadores

Módulos	A0		A1	A2	A3	A4	
Pesos	0,726	0,274	1,000	1,000	1,000	0,580	0,420
Indicadores	A0.1	A0.2	A1.1	A2.1	A3.1	A4.1	A4.2

Tabela 42 - Pesos relativos dos indicadores (cont.)

Módulos	A5							
Pesos	0,084	0,052	0,055	0,073	0,077	0,060	0,062	0,063
Indicadores	A5.1	A5.2	A5.3	A5.4	A5.5	A5.6	A5.7	A5.8

Tabela 43 - Pesos relativos dos indicadores (cont.)

Módulos	A5 (continua)					
Pesos	0,073	0,061	0,068	0,080	0,075	0,119
Indicadores	A5.9	A5.10	A5.11	A5.12	A5.13	A5.14

Tabela 44 - Pesos relativos dos parâmetros

Indicadores	A0.1			A0.2				A1.1	
Pesos	0,569	0,225	0,206	0,384	0,203	0,155	0,129	0,129	1,000
Parâmetros	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9

Tabela 45 - Pesos relativos dos parâmetros (continuação)

Indicadores	A2.1	A3.1	A4.1	A4.2	A5.1					
Pesos	1,000	1,000	1,000	1,000	0,174	0,181	0,126	0,185	0,158	0,099
Parâmetros	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19

Tabela 46 - Pesos relativos dos parâmetros (continuação)

Indicadores	A5.1	A5.2	A5.3	A5.4	A5.5				A5.6	
Pesos	0,077	1,000	1,000	1,000	0,473	0,220	0,167	0,140	0,583	0,417
Parâmetros	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29

Tabela 47 - Pesos relativos dos parâmetros (continuação)

Indicadores	A5.7		A5.8		A5.9		A5.10		A5.11	
Pesos	0,499	0,310	0,191	1,000	0,416	0,328	0,256	1,000	0,153	0,151
Parâmetros	P30	P31	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38	P39

Tabela 48 - Pesos relativos dos parâmetros (continuação)

Indicadores	A5.11 (cont.)				A5.12				A5.13	
Pesos	0,160	0,161	0,151	0,119	0,105	0,362	0,229	0,198	0,212	0,064
Parâmetros	P40	P41	P42	P43	P44	P45	P46	P47	P48	P49

Tabela 49 – Pesos relativos dos parâmetros (continuação)

Indicadores	A5.13 (cont.)								
Pesos	0,101	0,048	0,054	0,051	0,051	0,047	0,050	0,064	0,081
Parâmetros	P50	P51	P52	P53	P54	P55	P56	P57	P58

Tabela 50 - Pesos relativos dos parâmetros (continuação)

Indicadores	A5.13 (cont.)						A5.14
Pesos	0,068	0,059	0,054	0,052	0,056	0,100	1,000
Parâmetros	P59	P60	P61	P62	P63	P64	P65

Valores da razão de consistência (RC)

Para que uma matriz de comparação par a par seja aceitável, sua razão de consistência (RC) deve ser inferior a 0,10, afirma Saaty (Saaty, 1991). Segundo Rabbani (Rabbani, 1996), a razão de consistência não deve ter um valor igual para todas as matrizes. A razão de consistência com valor inferior ou igual a 0,10 é adequada para comparações par a par de cinco ou mais elementos. Para uma comparação de quatro elementos a razão de consistência deverá ser inferior ou igual a 0,08 e para a comparação de três elementos a razão de consistência deve ser inferior ou igual a 0,05. Afirmam ainda, que comparação entre dois elementos a análise da consistência não é necessária. Os valores obtidos para a razão de consistência para as trinta e uma matrizes de comparação são apresentados nas tabelas 51 á 53.

Tabela 51 - Valores da razão de consistência (RC) para todas as matrizes de todos os inquéritos recolhidos

Matrizes inquiridas	Ordem da matriz (nxn)	INQ_1	INQ_2	INQ_3	INQ_4	INQ_5	INQ_6	INQ_7
A0.1	3	0,000	0,046	0,000	0,000	0,000	0,000	0,046
A0.2	5	0,000	0,035	0,048	0,039	0,000	0,035	0,085
A5.1	7	0,018	0,036	0,051	0,056	0,018	0,086	0,094
A5.5	4	0,045	0,045	0,022	0,022	0,022	0,045	0,022
A5.6	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A5.7	3	0,000	0,046	0,000	0,000	0,046	0,046	0,000
A5.9	3	0,000	0,046	0,046	0,046	0,000	0,000	0,000
A5.11	7	0,000	0,028	0,000	0,048	0,015	0,096	0,058
A5.12	4	0,022	0,022	0,045	0,045	0,022	0,022	0,022
A5.13	16	0,040	0,039	0,020	0,020	0,005	0,073	0,023
A0	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A4	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A5	14	0,054	0,050	0,018	0,027	0,024	0,082	0,067
Etapa de Produto	3	0,000	0,000	0,046	0,000	0,000	0,046	0,046
Etapa de Construção	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Etapa anterior á utilização	3	0,000	0,000	0,000	0,046	0,046	0,000	0,046

Tabela 52 - Valores da razão de consistência (RC) para todas as matrizes de todos os inquéritos recolhidos (cont.)

Matrizes inquiridas	Ordem da matriz (nxn)	INQ_15	INQ_16	INQ_17	INQ_18	INQ_19	INQ_20	INQ_21	INQ_22
A0.1	3	0,000	0,046	0,000	0,000	0,000	0,046	0,046	0,000
A0.2	5	0,026	0,013	0,017	0,000	0,035	0,022	0,044	0,000
A5.1	7	0,067	0,048	0,026	0,018	0,058	0,021	0,038	0,018
A5.5	4	0,000	0,068	0,045	0,022	0,045	0,045	0,068	0,045
A5.6	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A5.7	3	0,046	0,046	0,000	0,046	0,046	0,046	0,000	0,000
A5.9	3	0,000	0,000	0,046	0,000	0,000	0,046	0,000	0,000
A5.11	7	0,013	0,045	0,026	0,037	0,030	0,000	0,000	0,000
A5.12	4	0,000	0,068	0,022	0,022	0,068	0,000	0,000	0,022
A5.13	16	0,047	0,051	0,007	0,057	0,007	0,022	0,036	0,040
A0	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A4	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A5	14	0,078	0,098	0,031	0,024	0,011	0,029	0,043	0,054
Etapa de Produto	3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,046	0,000	0,046	0,000
Etapa de Construção	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Etapa anterior á utilização	3	0,000	0,000	0,046	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabela 53 - Valores da razão de consistência (RC) para todas as matrizes de todos os inquéritos recolhidos (cont.)

Matrizes inquiridas	Ordem da matriz (nxn)	INQ_8	INQ_9	INQ_10	INQ_11	INQ_12	INQ_13	INQ_14
A0.1	3	0,046	0,046	0,046	0,046	0,000	0,000	0,046
A0.2	5	0,035	0,013	0,000	0,067	0,030	0,000	0,048
A5.1	7	0,034	0,000	0,040	0,058	0,026	0,040	0,039
A5.5	4	0,022	0,022	0,045	0,022	0,000	0,022	0,022
A5.6	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A5.7	3	0,046	0,000	0,000	0,046	0,046	0,000	0,000
A5.9	3	0,000	0,046	0,046	0,046	0,000	0,046	0,000
A5.11	7	0,000	0,000	0,000	0,036	0,000	0,000	0,000
A5.12	4	0,022	0,000	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022
A5.13	16	0,031	0,000	0,033	0,015	0,024	0,033	0,012
A0	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A4	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A5	14	0,066	0,015	0,054	0,022	0,036	0,054	0,053
Etapa de Produto	3	0,046	0,046	0,000	0,046	0,046	0,000	0,000
Etapa de Construção	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Etapa anterior á utilização	3	0,000	0,046	0,000	0,046	0,000	0,000	0,000

Como se pode observar pelas tabelas 51 á 53 todos os valores da Razão de Consistência (RC) obtidos, respeitam os valores limites em função da ordem da matriz, apontadas por Saaty (Saaty, 1991) e por Rabbani (Rabbani, 1996).

Os maiores valores apontados nas análises de consistência são registados, como previsto nas matrizes de maior dimensão.

Na tabela 54 é possível observar que a percentagem de razões de consistência, RC, superiores a 0,08 é bastante reduzida e que metade das matrizes obterão uma razão de consistência menor que 0,05, este facto reforça a consistência dos dados conseguidos através dos julgamentos feitos pelos sujeitos inquiridos.

Tabela 54 - Intervalos da razão de consistência

Matrizes	Quantidade	Percentagem
RC=0	154	44%
0,05<RC≤0,08	15	4%
RC≥0,08	6	2%
RC≤0,05	177	50%
Total	352	100%

4.3.2 - Pesos Globais

Além da importância relativa entre atributos do mesmo nível hierárquico foram também determinados os pesos globais, ou seja, a importância que os atributos pertencentes aos diferentes níveis hierárquicos têm em relação ao objetivo principal da hierarquia, a sustentabilidade económica na fase anterior à utilização. Os pesos globais dos parâmetros P_i pertencentes ao nível 4 da hierarquia de atributos foram determinados pela equação 4.4.

$$WGP_i = WP_i \times WI_{j,(i)} \times WM_{k,(if)} \times WE_{l,(ijk)}, \quad \sum_{i=1}^n WGP_i = 1 \quad (4.4)$$

Onde:

WGP_i – é o peso global do parâmetro P_i subordinado da fase anterior à utilização;

WP_i – é o peso relativo do parâmetro P_i subordinado do indicador $WI_{j,(i)}$;

$WI_{j,(i)}$ – é o peso relativo do indicador I_j subordinado do módulo $WM_{k,(ij)}$;

$WM_{k,(if)}$ – é o peso relativo do módulo M_k subordinado da etapa $WE_{l,(ijk)}$;

$WE_{l,(ijk)}$ - é o peso relativo da etapa E_l subordinada da fase anterior à utilização.

Por exemplo, o peso global do parâmetro P10 pode ser obtido:

$$WGP_{10} = WP_{10} \times WI_{A2.1, (P10)} \times WM_{A2, (A2.1, P10)} \times WE_{Produto, (A2, A2.1, P10)} = 0,023 \quad (4.5)$$

Com os valores dos pesos relativos indicados nas tabelas 44 a 50, calculam-se os pesos globais de cada parâmetro. Estes estão representados nas tabelas 55 á 62 que constituem o sistema de pesos, no nível dos parâmetros, da metodologia MAEP-RB.

Tabela 55 - Pesos globais dos parâmetros

Indicadores	A0.1				A0.2			A1.1		
Pesos	0,131	0,052	0,048	0,034	0,018	0,014	0,011	0,011	0,040	
Parâmetros	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	

Tabela 56 - Pesos globais dos parâmetros (continuação)

Indicadores	A2.1	A3.1	A4.1	A4.2	A5.1					
Pesos	0,023	0,059	0,090	0,065	0,006	0,006	0,004	0,006	0,005	0,003
Parâmetros	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19

Tabela 57 - Pesos globais dos parâmetros (continuação)

Indicadores	A5.1 (cont.)		A5.2	A5.3	A5.4	A5.5			A5.6	
Pesos	0,003	0,021	0,022	0,029	0,015	0,007	0,005	0,004	0,014	0,010
Parâmetros	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29

Tabela 58 - Pesos globais dos parâmetros (continuação)

Indicadores	A5.7		A5.8		A5.9		A5.10		A5.11	
Pesos	0,013	0,008	0,005	0,025	0,012	0,010	0,008	0,025	0,004	0,004
Parâmetros	P30	P31	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38	P39

Tabela 59 - Pesos globais dos parâmetros (continuação)

Indicadores	A5.11 (cont.)					A5.12			
Pesos	0,004	0,004	0,004	0,003	0,003	0,012	0,007	0,006	0,007
Parâmetros	P40	P41	P42	P43	P44	P45	P46	P47	P48

Tabela 60 - Pesos globais dos parâmetros (continuação)

Indicadores	A5.13								
Pesos	0,002	0,003	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002
Parâmetros	P49	P50	P51	P52	P53	P54	P55	P56	P57

Tabela 61 - Pesos globais dos parâmetros (continuação)

Indicadores	A5.13 (cont.)							A5.14	
Pesos	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,048	
Parâmetros	P58	P59	P60	P61	P62	P63	P64	P65	

De acordo com o gráfico 8, é de notar que o parâmetro P1: (*Os custos com o local*) tem um peso total WGP_1 (uma influência global) igual a 13,1% no nível de sustentabilidade económica na *fase anterior à utilização*, e é, por conseguinte, o parâmetro com uma maior influência no índice de sustentabilidade económica de um edifício. Em termos de influência global, segue-se o parâmetro P12: (*Custo de transporte de materiais e produtos a partir do portão da fábrica para o local de construção*) com o peso total de 9%. De seguida, e com uma importância global muito próxima, encontram-se os parâmetros P11: (*Custo de transformação de matérias-primas*) e P13: (*Custo de transporte do equipamento dentro do estaleiro*), respetivamente, com o peso total de 5,9% e 6,5%, apenas afastados por 6%.

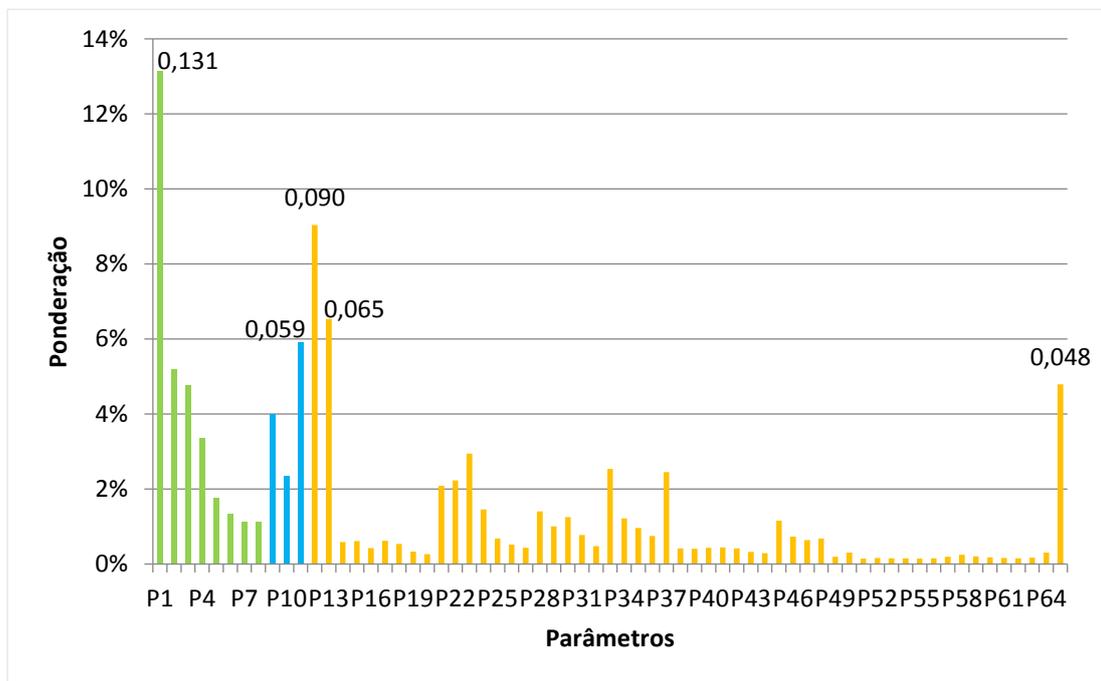


Gráfico 8 - Representação de WGP_i peso global de cada parâmetro

Os pesos globais dos atributos integrados no nível 3 (Indicadores), 2 (Módulos) e 1 (Etapas) são obtidos pelas equações 4.6, 4.7 e 4.8 respetivamente.

$$WGI_j = WI_j \times WM_{k,(k)} \times WE_{l,(jk)}, \quad \sum_{j=1}^n WGI_j = 1 \quad (4.6)$$

$$WGM_k = WM_k \times WE_{l,(k)}, \quad \sum_{k=1}^n WGM_k = 1 \quad (4.7)$$

$$WGE_l = WE_l, \quad \sum_{l=1}^n WGE_l = 1 \quad (4.8)$$

Nas tabelas 62, 63 e 64 estão representados os pesos globais dos indicadores, WGI_j , na fase anterior à utilização.

Tabela 62 - Pesos globais dos indicadores

Módulos	A0		A1	A2	A3	A4	
Pesos	0,231	0,087	0,040	0,023	0,059	0,090	0,065
Indicadores	A0.1	A0.2	A1.1	A2.1	A3.1	A4.1	A4.2

Tabela 63 - Pesos globais dos indicadores (continuação)

Módulos	A5							
Pesos	0,034	0,021	0,022	0,029	0,031	0,024	0,025	0,025
Indicadores	A5.1	A5.2	A5.3	A5.4	A5.5	A5.6	A5.7	A5.8

Tabela 64 - Pesos globais dos indicadores (continuação)

Módulos	A5 (continua)					
Pesos	0,029	0,025	0,027	0,032	0,030	0,048
Indicadores	A5.9	A5.10	A5.11	A5.12	A5.13	A5.14

De acordo com o gráfico 9, o indicador A0.1: (*Custo de compra/aluguer de terreno, taxas e impostos associados*) tem um peso global de 23,1% no nível de sustentabilidade económica na fase anterior à utilização, sendo o indicador com maior influência no nível de sustentabilidade económica do edifício. De seguida, e com uma importância global muito próxima, encontram-se os indicadores A0.2: (*Honorários de profissionais relacionados com aquisição do terreno*) e A4.1: (*Custo do transporte de equipamento de construção de e para o estaleiro da obra*), respetivamente, com o peso total de 8,7% e 9%, apenas afastados por 3%.

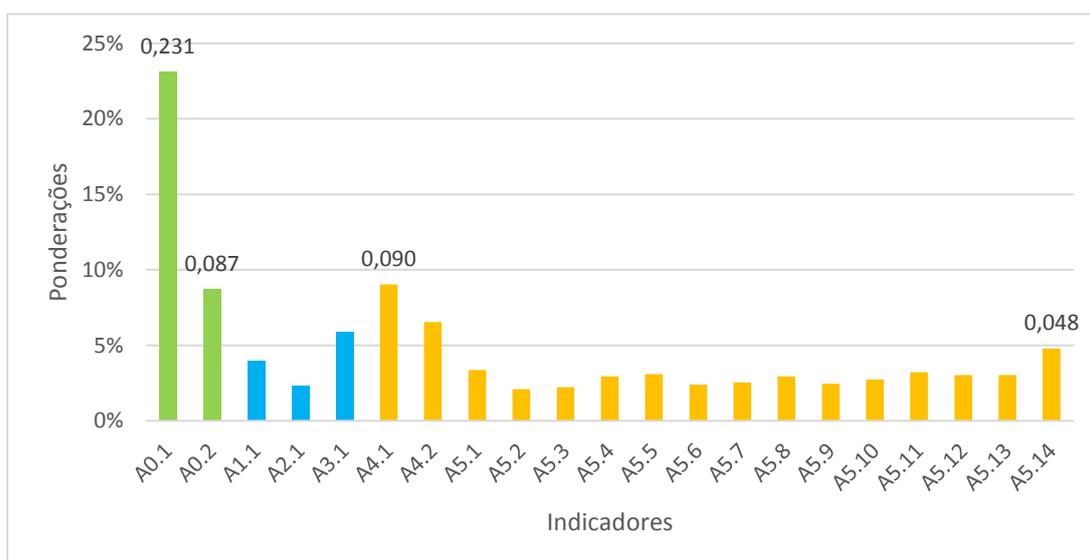


Gráfico 9 - Representação do WGj peso global de cada indicador

Na tabela 65 estão representados os pesos globais dos módulos, WGM_k , na fase anterior à utilização.

Tabela 65 - Pesos globais dos módulos

Etapas	Pré-construção		Produto		Construção	
Pesos	0,319	0,040	0,023	0,059	0,156	0,403
Módulos	A0	A1	A2	A3	A4	A5

No gráfico 10 estão representados os pesos globais dos módulos, WGM_k , na fase anterior à utilização. O módulo A5: (*Processos de construção e instalação*) tem um peso global de 40,3%, sendo assim o módulo com maior influência no índice de sustentabilidade económica de um edifício. O módulo A0: (*Terrenos, taxas associadas e aconselhamento*), com um peso global de 0,319, é o que apresenta a segunda maior importância global, estando os seguintes módulos num patamar de importância um pouco mais abaixo.

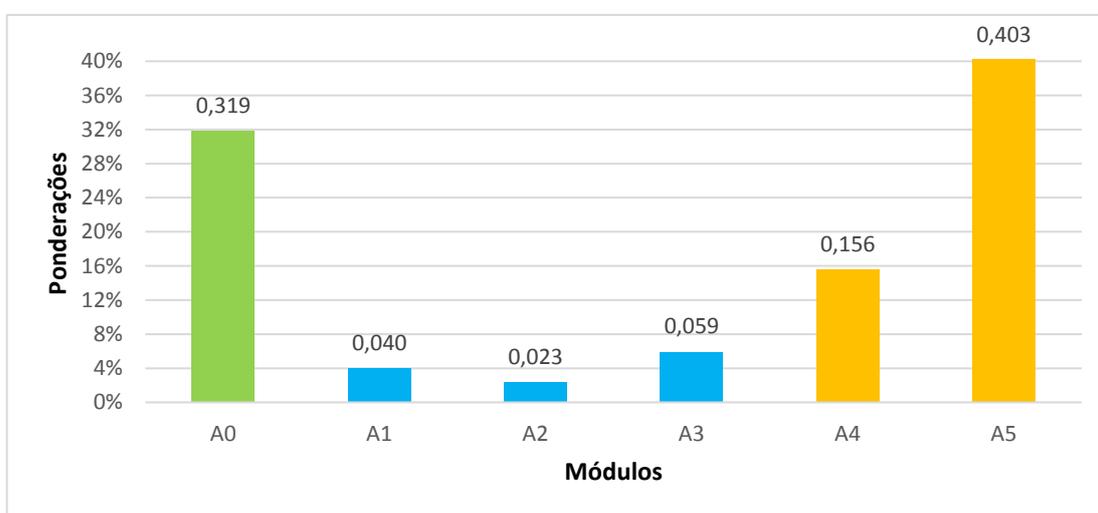


Gráfico 10 - Representação de WGM_k peso global de cada módulo do ciclo de vida

Na Tabela 66 estão representados os pesos globais dos atributos das *Etapas*, WGE_l , na fase anterior à utilização.

Tabela 66 - Pesos globais das Etapas

	Fase anterior à utilização		
Pesos	0,319	0,122	0,559
Etapas	Pré-construção	Produto	Construção

Segundo o gráfico 11 a *etapa* Processos de Construção tem um peso de 55,9% no nível de sustentabilidade económica dos edifícios na fase anterior à utilização, sendo a etapa com maior importância global na hierarquia de atributos da metodologia MAEP-RB. A etapa da Pré-construção é de seguida a que obtém maior influência, com um peso global de 31,9%, ficando por último a etapa de produto com um peso global de 12,2%, sendo a etapa com menor importância no índice de sustentabilidade económica de um edifício.

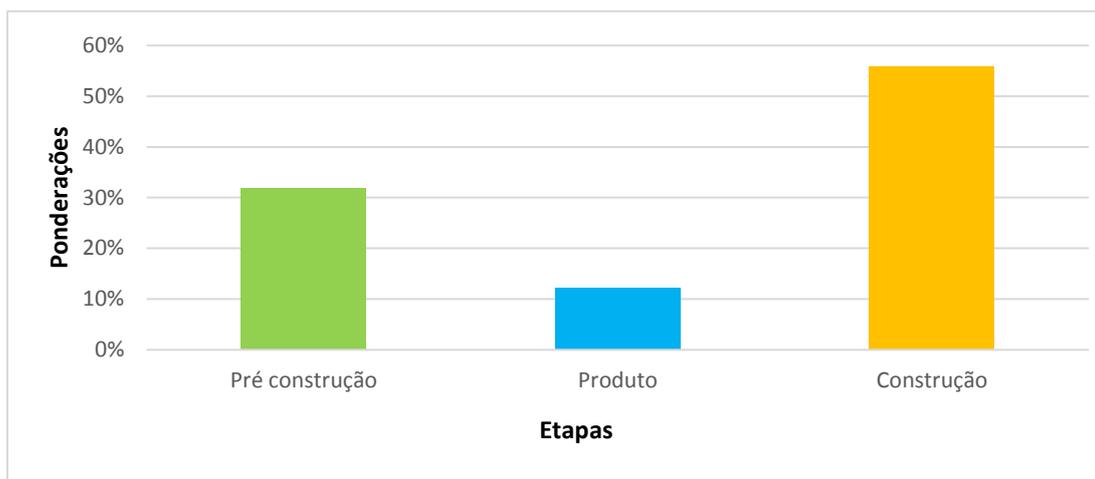


Gráfico 11 - Representação WGEI peso global de cada etapa do ciclo de vida

Na tabela 67 estão representados por ordem crescente, os valores determinados para os pesos globais dos *parâmetros, indicadores, módulos e etapas do ciclo de vida dos edifícios*, relativamente ao nível de sustentabilidade económica do edifício na fase anterior à utilização. Com a representação conjunta dos pesos globais, torna-se mais fácil de compreender a importância de cada um dos atributos (parâmetros, indicadores, módulos, etapas) para atingir o nível da sustentabilidade económica do edifício na *fase anterior à utilização*.

Tabela 67 - Pesos globais (Parâmetros, Indicadores, Módulos, Etapas)

Peso Global	Parâmetros	Indicadores	Módulos	Etapas
$0,00 < WG \leq 0,04$	P14 – P64; P4 – P10	A1.1 – A2.1; A5.1 – A5.13	A1 – A2	
$0,04 < WG \leq 0,08$	P2 – P3; P11; P13; P65	A3.1; A4.2; A5.14	A3	
$0,08 < WG \leq 0,12$	P12	A0.2; A4.1		
$0,12 < WG \leq 0,20$	P1		A4	Produto
$0,20 < WG \leq 0,30$		A0.1		
$0,30 < WG \leq 0,40$			A0	Pré-construção
$0,40 < WG \leq 0,50$			A5	
$WG > 0,50$				Construção

4.4 - Comparação dos pesos relativos e globais

O presente subcapítulo tem como objetivo comparar os valores dos pesos relativos e globais definidos para a metodologia MAEP-RB (Ribas, 2015) e os valores obtidos na presente dissertação.

Para o estabelecimento do sistema de pesos para a metodologia MAEP-RB foi desenvolvida uma ferramenta AHP em ambiente Microsoft Excel, com recursos básicos MS Visual Basic, que permitia a aquisição e registo sistemático das entradas de dados. Esta ferramenta foi

utilizada pelo autor da metodologia MAEP-RB, que exprimiu a sua percepção quanto à importância relativa entre os atributos; parâmetros, indicadores, módulos e etapas do ciclo de vida, pertencentes ao respetivo nível de atributos, com base em seu conhecimento.

A metodologia utilizada na presente dissertação, para a determinação dos valores referentes aos pesos relativos e globais, baseou-se na realização de um inquérito aplicado a uma amostra constituída por 22 Engenheiros Civis.

4.4.1 - Comparação dos valores referentes aos pesos relativos, obtidos para os parâmetros.

Na tabela 68 estão representados os pesos relativos, referentes aos parâmetros, definidos na metodologia MAEP-RB e pelos inquéritos, para estrutura hierarquia. Como é possível observar os valores obtidos pela diferença dos pesos relativos, entre os dois métodos em comparação, variam entre 0% e 9,7%, ou seja, observando-se uma diferença média de 3,1%.

Tabela 68 - Diferença dos pesos relativos, referentes aos parâmetros

Pesos relativos			
Parâmetros	MAEP-RB	Inquéritos	Diferença
P1	0,661	0,569	0,092
P2	0,208	0,225	0,017
P3	0,131	0,206	0,075
P4	0,481	0,384	0,097
P5	0,209	0,203	0,006
P6	0,120	0,155	0,035
P7	0,120	0,129	0,009
P8	0,069	0,129	0,059
P9	1,000	1,000	0,000
P10	1,000	1,000	0,000
P11	1,000	1,000	0,000
P12	1,000	1,000	0,000
P13	1,000	1,000	0,000
P14	0,122	0,174	0,052
P15	0,243	0,181	0,062
P16	0,181	0,126	0,055
P17	0,164	0,185	0,021
P18	0,100	0,158	0,058
P19	0,100	0,099	0,000
P20	0,090	0,077	0,013
P21	1,000	1,000	0,000
P22	1,000	1,000	0,000
P23	1,000	1,000	0,000
P24	0,562	0,473	0,089
P25	0,199	0,220	0,022
P26	0,140	0,167	0,026
P27	0,099	0,140	0,040
P28	0,667	0,583	0,083

Parâmetros	MAEP-RB	Inquéritos	Diferença
P29	0,333	0,417	0,083
P30	0,547	0,499	0,048
P31	0,345	0,310	0,034
P32	0,109	0,191	0,083
P33	1,000	1,000	0,000
P34	0,493	0,416	0,078
P35	0,311	0,328	0,017
P36	0,196	0,256	0,061
P37	1,000	1,000	0,000
P38	0,166	0,153	0,013
P39	0,166	0,151	0,016
P40	0,166	0,160	0,006
P41	0,184	0,161	0,023
P42	0,151	0,151	0,001
P43	0,092	0,119	0,027
P44	0,075	0,105	0,030
P45	0,451	0,362	0,089
P46	0,225	0,229	0,003
P47	0,134	0,198	0,064
P48	0,190	0,212	0,022
P49	0,031	0,064	0,033
P50	0,155	0,101	0,054
P51	0,027	0,048	0,021
P52	0,029	0,054	0,025
P53	0,030	0,051	0,021
P54	0,026	0,051	0,025
P55	0,030	0,047	0,017
P56	0,030	0,050	0,020
P57	0,050	0,064	0,014
P58	0,115	0,081	0,034
P59	0,088	0,068	0,020
P60	0,060	0,059	0,001
P61	0,048	0,054	0,006
P62	0,048	0,052	0,004
P63	0,048	0,056	0,008
P64	0,184	0,100	0,084
P65	1,000	1,000	0,000

O gráfico 12 representa a comparação dos pesos relativos obtidos pela média dos resultados alcançados pelos inquéritos e dos valores definidos na metodologia MAEP-RB, referentes aos parâmetros. Como é possível observar, os valores dos pesos relativos referentes aos dados obtidos pelos inquéritos estão em linha com os definidos na metodologia. Os parâmetros P1 (*Valor do terreno*), P4 (*Custos referentes á mediação imobiliária*), P24 (*Custos de mão de obra*) e P45 (*Honorários da equipa de projeto*) são os que, segundo o gráfico, apresentam maior diferença, contudo nunca apresentando diferenças superiores a 0,10 (10%).

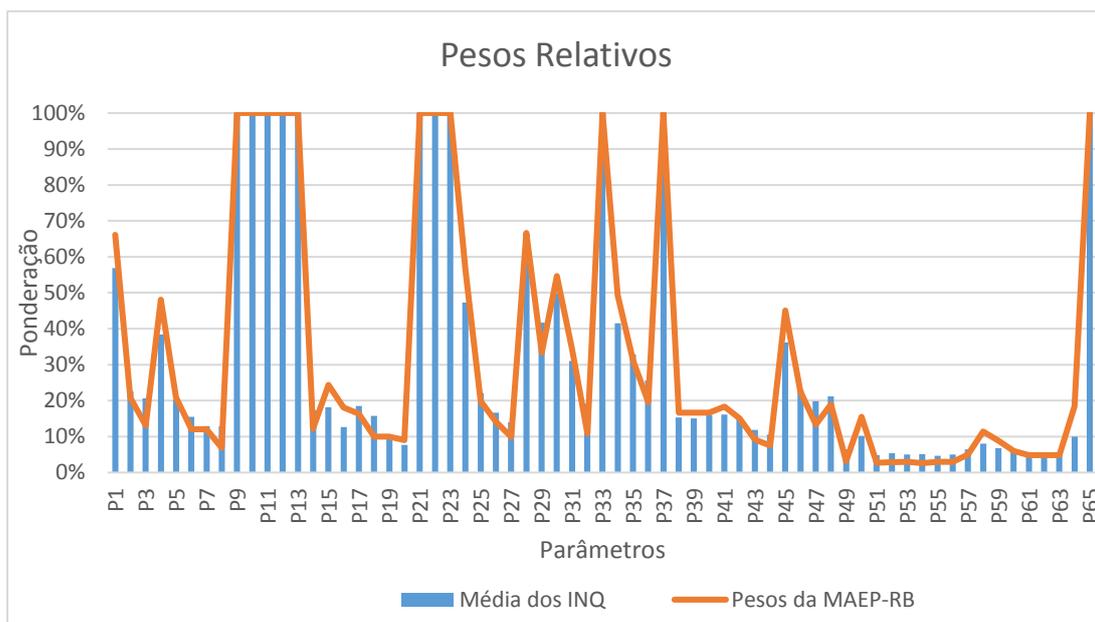


Gráfico 12 - Comparação dos pesos relativos, referentes aos parâmetros

4.4.2 - Comparação dos valores referentes aos pesos relativos, obtidos para os indicadores.

Na tabela 69 estão representados os pesos relativos, definidos na metodologia MAEP-RB e os valores médios dos pesos obtidos nos inquéritos, referentes aos indicadores da estrutura hierarquia da metodologia. Como é possível observar os valores obtidos pela diferença dos pesos relativos, variam entre 0% e 8,7% ou seja, observando-se uma diferença média de 3,5%.

Tabela 69 - Diferença dos pesos relativos, referentes aos indicadores

Pesos relativos			
Indicadores	MAEP-RB	Inquéritos	Diferença
A0.1	0,800	0,726	0,074
A0.2	0,200	0,274	0,074
A1.1	1,000	1,000	0,000
A2.1	1,000	1,000	0,000
A3.1	1,000	1,000	0,000
A4.1	0,667	0,580	0,086
A4.2	0,333	0,420	0,086
A5.1	0,125	0,084	0,042
A5.2	0,026	0,052	0,026
A5.3	0,036	0,055	0,019
A5.4	0,093	0,073	0,020
A5.5	0,119	0,077	0,043
A5.6	0,033	0,060	0,027
A5.7	0,054	0,062	0,008
A5.8	0,021	0,063	0,042
A5.9	0,031	0,073	0,030

Indicadores	MAEP-RB	Inquéritos	Diferença
A5.10	0,027	0,061	0,042
A5.11	0,069	0,068	0,001
A5.12	0,066	0,080	0,014
A5.13	0,093	0,075	0,018
A5.14	0,206	0,119	0,087

O gráfico 13 representa a comparação dos pesos relativos obtidos pela média dos resultados alcançados pelos inquéritos e os valores definidos na metodologia MAEP-RB, referentes aos indicadores da estrutura hierárquica da metodologia. Como é possível observar os valores dos pesos relativos referentes aos dados obtidos pelos inquéritos seguem em linha com os definidos na metodologia MAEP-RB. Os indicadores A4.1 (*Custo de transporte de materiais e produtos de fábrica até ao estaleiro*), A4.2 (*Custo do transporte de equipamento de e para o estaleiro da obra*) e A5.14 (*Incentivos ou subsídios*) são os que, segundo o gráfico, apresentam maior diferença representativa.

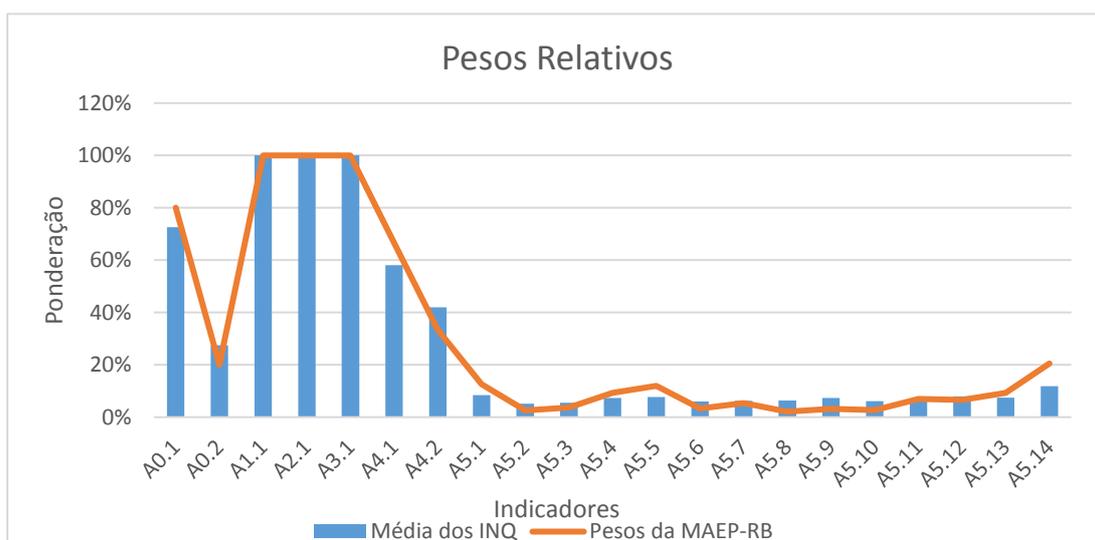


Gráfico 13 - Comparação dos pesos relativos, referentes aos indicadores

4.4.3 - Comparação dos valores referentes aos pesos relativos, obtidos para os módulos.

Na tabela 70 estão representados os pesos relativos, definidos na metodologia MAEP-RB e os valores médios dos pesos obtidos nos inquéritos, referentes aos módulos da estrutura hierarquia da metodologia. Como é possível observar os valores obtidos pela diferença dos pesos relativos, variam entre 0% e 8,9%, ou seja, observando-se uma diferença média de 5,6%.

Tabela 70 - Diferença dos pesos relativos, referentes aos módulos

Pesos relativos			
Módulos	MAEP-RB	Inquéritos	Diferença
A0	1,000	1,000	0,000
A1	0,286	0,327	0,041
A2	0,143	0,191	0,048
A3	0,571	0,483	0,089
A4	0,200	0,279	0,079
A5	0,800	0,721	0,079

O gráfico 14 representa a comparação dos pesos relativos obtidos pela média dos resultados alcançados pelos inquéritos e dos valores definidos na metodologia MAEP-RB, referentes aos módulos da estrutura hierárquica. Como é possível observar os valores dos pesos relativos referentes aos dados obtidos pelos inquéritos seguem a linha com os valores definidos na metodologia. Os módulos A3 (*Produção do produto*), A4 (*Transporte*) e A5 (*Processo de construção e instalação*) são os que, segundo o gráfico, apresentam maior diferença representativa, contudo verificando sempre concordância na atribuição das importâncias relativas.

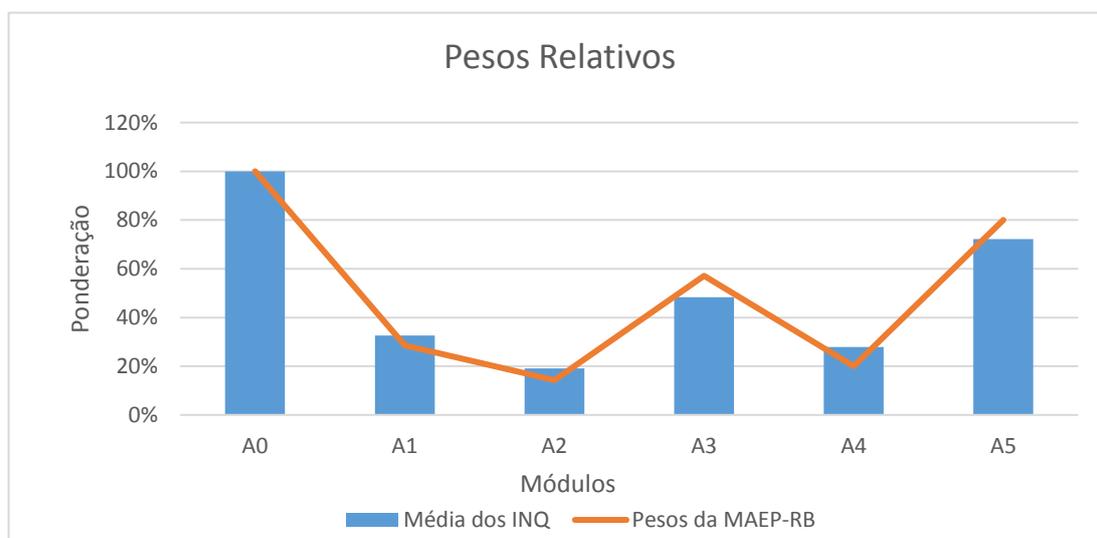


Gráfico 14 - Comparação dos pesos relativos, referentes aos módulos

4.4.4 - Comparação dos valores referentes aos pesos relativos, obtidos para as etapas.

Na tabela 71 estão representados os pesos relativos, definidos na metodologia MAEP-RB e os valores médios dos pesos obtidos pelos inquéritos, referentes às etapas da estrutura hierárquica. Como é possível observar os valores obtidos nesta diferença, não passam além de 0,04, ou seja, 4%. Neste nível da hierarquia MAEP-RB, ao contrário do nível anterior, a diferença existente entre os pesos globais é bastante reduzida, não atingindo sequer os 3,5%,

observando-se uma diferença média de 2,2%. Assim, onde existe maior diferença é na etapa de pré-construção, com uma diferença de 3,3%.

Tabela 71 - Diferença dos pesos relativos, referente às etapas

Pesos relativos			
Etapas	MAEP-RB	Inquéritos	Diferença
Pré-construção	0,286	0,319	0,033
Produto	0,143	0,122	0,021
Construção	0,571	0,559	0,013

O gráfico 15 representa a comparação dos pesos relativos obtidos pela média dos resultados alcançados pelos inquéritos e dos valores definidos na metodologia MAEP-RB Pesos da MAEP-RB, referente às etapas. Como é possível observar os valores dos pesos relativos referentes aos dados obtidos pelos inquéritos, estes seguem a linha dos pesos definidos na metodologia. A Etapa da pré-construção é a que, segundo o gráfico, apresenta maior diferença, mesmo não sendo uma diferença muito significativa. No último nível da hierarquia da metodologia MAEP-RB, observa-se uma concordância entre as ponderações obtidas.

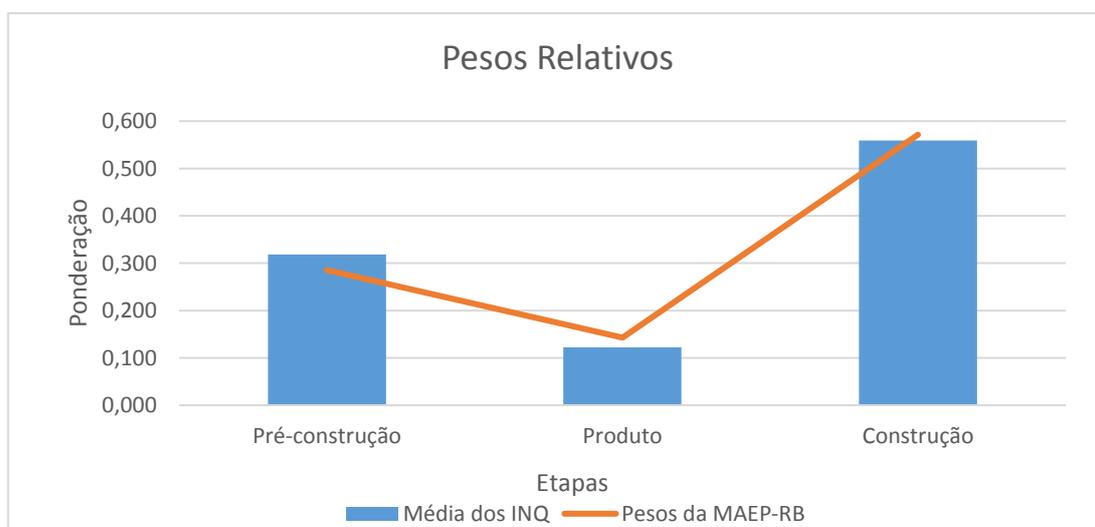


Gráfico 15 - Comparação dos pesos relativos, referente às Etapas

4.4.5 - Comparação dos valores referentes aos pesos globais, obtidos para os parâmetros

Na tabela 72 estão representados os pesos globais, definidos na metodologia MAEP-RB e os obtidos pelos inquéritos, referentes aos parâmetros da estrutura hierarquia. Como é possível observar os valores obtidos pela diferença dos pesos globais, variam entre 0% e 4,6%, ou seja, observando-se uma diferença média de 0,5%.

Tabela 72 - Diferença dos pesos globais referentes aos parâmetros

Pesos globais			
Parâmetros	MAEP-RB	Inquéritos	Diferença
P1	0,151	0,131	0,020
P2	0,048	0,052	0,004
P3	0,030	0,048	0,018
P4	0,027	0,034	0,006
P5	0,012	0,018	0,006
P6	0,007	0,014	0,007
P7	0,007	0,011	0,004
P8	0,004	0,011	0,007
P9	0,041	0,040	0,001
P10	0,020	0,023	0,003
P11	0,082	0,059	0,022
P12	0,076	0,090	0,014
P13	0,038	0,065	0,027
P14	0,007	0,006	0,001
P15	0,014	0,006	0,008
P16	0,010	0,004	0,006
P17	0,009	0,006	0,003
P18	0,006	0,005	0,000
P19	0,006	0,003	0,002
P20	0,005	0,003	0,003
P21	0,012	0,021	0,009
P22	0,017	0,022	0,006
P23	0,043	0,029	0,013
P24	0,031	0,015	0,016
P25	0,011	0,007	0,004
P26	0,008	0,005	0,003
P27	0,005	0,004	0,001
P28	0,010	0,014	0,004
P29	0,005	0,010	0,005
P30	0,014	0,013	0,001
P31	0,009	0,008	0,001
P32	0,003	0,005	0,002
P33	0,010	0,025	0,016
P34	0,007	0,012	0,005
P35	0,004	0,010	0,005
P36	0,003	0,008	0,005
P37	0,012	0,025	0,012
P38	0,005	0,004	0,001
P39	0,005	0,004	0,001
P40	0,005	0,004	0,001
P41	0,006	0,004	0,001
P42	0,005	0,004	0,001
P43	0,003	0,003	0,000
P44	0,002	0,003	0,000
P45	0,014	0,012	0,002
P46	0,007	0,007	0,001
P47	0,004	0,006	0,002
P48	0,006	0,007	0,001
P49	0,001	0,002	0,001
P50	0,007	0,003	0,004

Parâmetros	MAEP-RB	Inquéritos	Diferença
P51	0,001	0,001	0,000
P52	0,001	0,002	0,000
P53	0,001	0,002	0,000
P54	0,001	0,002	0,000
P55	0,001	0,001	0,000
P56	0,001	0,002	0,000
P57	0,002	0,002	0,000
P58	0,005	0,002	0,002
P59	0,004	0,002	0,002
P60	0,003	0,002	0,001
P61	0,002	0,002	0,000
P62	0,002	0,002	0,000
P63	0,002	0,002	0,000
P64	0,008	0,003	0,005
P65	0,094	0,048	0,046

O gráfico 16 representa a comparação dos pesos globais obtidos pela média dos resultados alcançados pelos inquéritos e dos valores dos pesos globais determinados com base nos pesos relativos definidos para os parâmetros da metodologia MAEP-RB. Como é possível observar os valores dos pesos globais obtidos pelos inquéritos seguem em conformidade os definidos na metodologia. estudo. Os parâmetros P1, P11, P13, P31, P37 e P65 são os que, segundo o gráfico, apresentam maior diferença representativa.

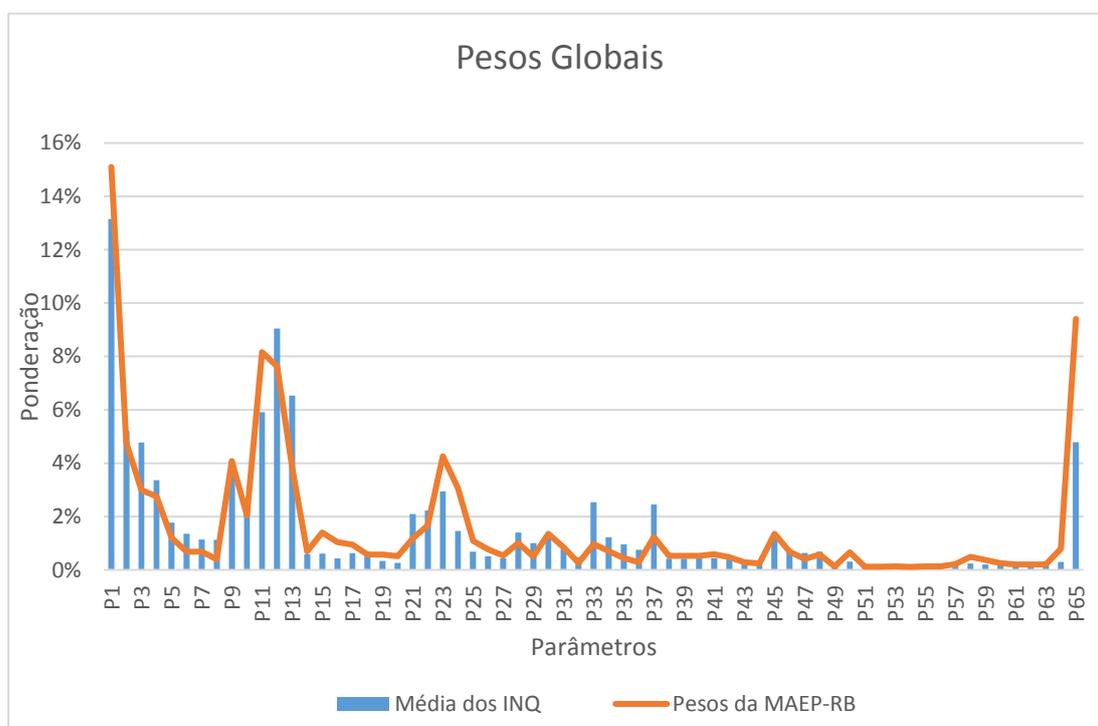


Gráfico 16 - Comparação dos pesos globais referentes aos parâmetros

4.4.6 - Comparação dos valores referentes aos pesos globais, obtidos para os indicadores.

Na tabela 73 estão representados os pesos globais, definidos na metodologia MAEP-RB e os obtidos pelos inquéritos, referentes aos indicadores da estrutura hierarquia. Como é possível observar os valores obtidos pela diferença variam entre 0% e 4,6%, ou seja, observando-se uma diferença média de 1,4%

Tabela 73 - Diferença dos pesos globais, referentes aos indicadores

Pesos globais			
Indicadores	MAEP-RB	Inquéritos	Diferença
A0.1	0,229	0,231	0,003
A0.2	0,057	0,087	0,030
A1.1	0,041	0,040	0,001
A2.1	0,020	0,023	0,003
A3.1	0,082	0,059	0,022
A4.1	0,076	0,090	0,014
A4.2	0,038	0,065	0,027
A5.1	0,057	0,034	0,024
A5.2	0,012	0,021	0,009
A5.3	0,017	0,022	0,006
A5.4	0,043	0,029	0,013
A5.5	0,055	0,031	0,024
A5.6	0,015	0,024	0,009
A5.7	0,025	0,025	0,000
A5.8	0,010	0,025	0,015
A5.9	0,014	0,029	0,015
A5.10	0,012	0,025	0,013
A5.11	0,032	0,027	0,005
A5.12	0,030	0,032	0,002
A5.13	0,043	0,030	0,012
A5.14	0,094	0,048	0,046

O gráfico 17 representa a comparação dos pesos globais obtidos pela média dos resultados alcançados pelos inquéritos e os obtidos pela utilização dos valores definidos na MAEP-RB, referentes aos indicadores. Como é possível observar os valores dos pesos globais referentes aos dados obtidos pelos inquéritos seguem maioritariamente a linha que representa os dados obtidos pelos pesos definidos na MAEP-RB. Os indicadores A0.2, A4.2, A5.1, A5.5 e A5.14 são os que, segundo o gráfico, apresentam maior diferença representativa.

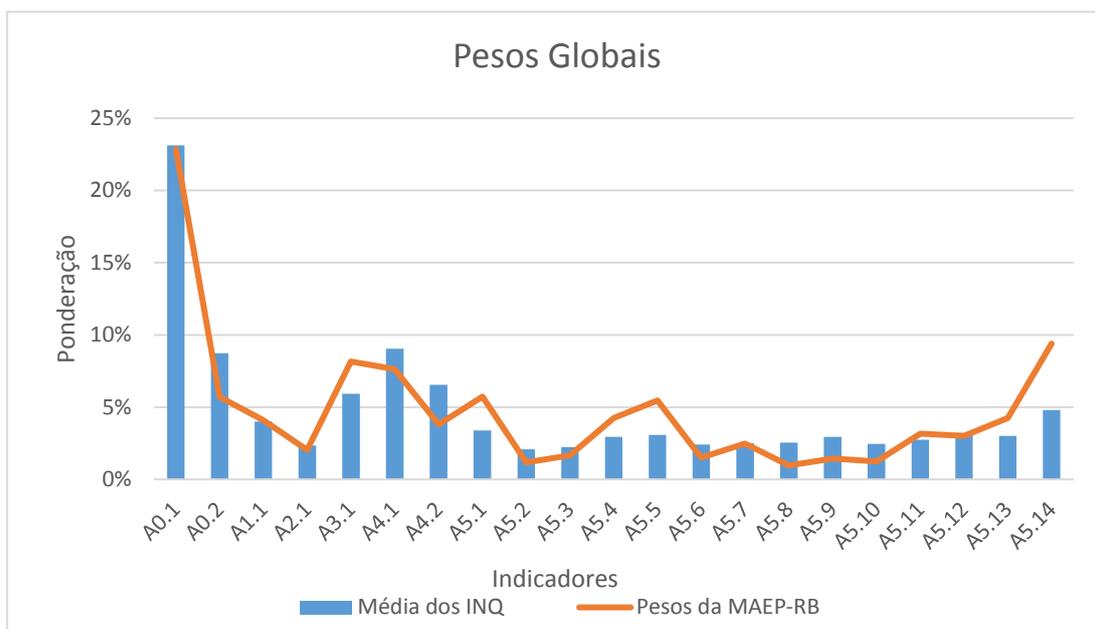


Gráfico 17 - Comparação dos pesos globais, referentes aos indicadores

4.4.7 - Comparação dos valores referentes aos pesos relativos, obtidos para os módulos.

Na tabela 74 estão representados os pesos globais, definidos na metodologia MAEP-RB e os determinados pelos inquéritos, referentes aos módulos da estrutura hierarquia. Como é possível observar os valores obtidos variam entre 0,1% e 5,4%, ou seja, observando-se uma diferença média de 2,6%. Neste nível da hierarquia MAEP-RB já é possível observar um valor acima dos 0,05 (5%) o que não se passava nos níveis anteriores. Contudo é possível observar que a distribuição da ponderação é praticamente igual, atribuído a maior importância ao módulo A5.

Tabela 74 Diferença dos pesos globais, referentes aos módulos

Pesos globais			
Módulos	MAEP-RB	Inquéritos	Diferença
A0	0,286	0,319	0,033
A1	0,041	0,040	0,001
A2	0,020	0,023	0,003
A3	0,082	0,059	0,022
A4	0,114	0,156	0,042
A5	0,457	0,403	0,054

O gráfico 18 representa a comparação dos pesos globais obtidos pela média dos resultados alcançados pelos inquéritos e dos valores definidos na metodologia MAEP-RB, referentes aos módulos. Como é possível observar os valores dos pesos globais referentes aos dados obtidos pelos inquéritos seguem a linha que representa os dados obtidos pelos pesos da metodologia. Os módulos A0, A4 e A5 são os que, segundo o gráfico, apresentam maior diferença representativa.

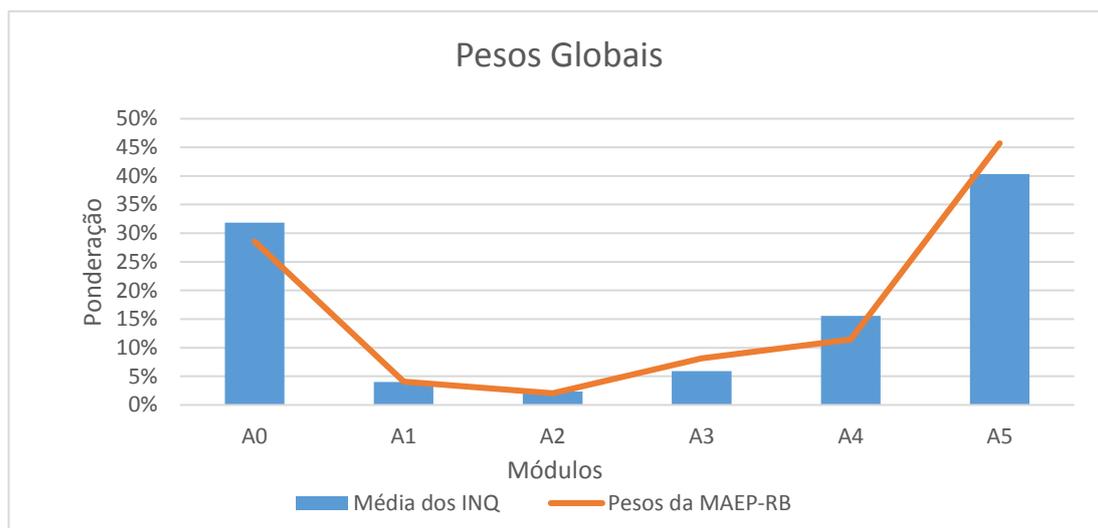


Gráfico 18 - Comparação dos pesos globais, referentes aos módulos

4.4.8 - Comparação dos valores referentes aos pesos globais, obtidos para as etapas.

Na tabela 75 estão representados os pesos globais, definidos na metodologia MAEP-RB e os calculados pelos resultados dos inquéritos, referentes às etapas da estrutura hierarquia. Como é possível observar os valores obtidos pela diferença dos pesos globais, são iguais aos da tabela 71, referente á diferença dos pesos relativos nas etapas da hierarquia MAEP-RB. Os pesos globais são determinados através da multiplicação dos pesos relativos nos diferentes níveis hierárquicos, e sendo este o nível mais acima na hierarquia tem exatamente os mesmos valores tabelados, logo apresenta o mesmo gráfico.

Tabela 75 - Diferença dos pesos globais, referente às etapas

Etapas	Pesos Globais		
	MAEP-RB	Inquéritos	Diferença
Pré-construção	0,286	0,319	0,033
Produto	0,143	0,122	0,021
Construção	0,571	0,559	0,013

O gráfico 19 representa a comparação dos pesos globais obtidos pela média dos resultados alcançados pelos inquéritos e dos valores determinados com a análise de um caso se estudo, referente às etapas.

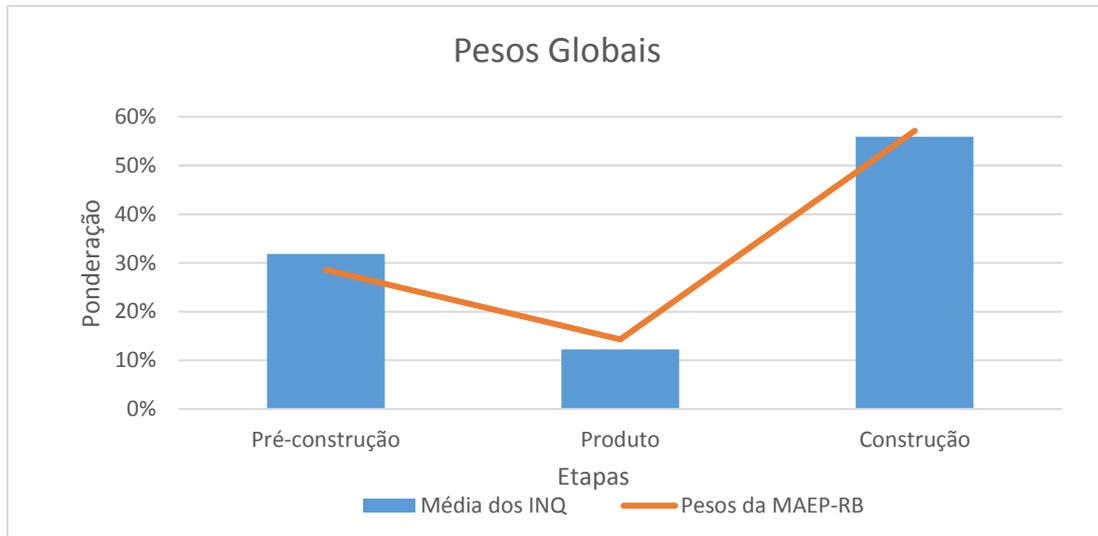


Gráfico 19 - Comparação dos pesos globais, referentes às etapas

4.5 - Interpretação dos resultados

As diferenças obtidas nos pesos globais são relativamente baixas, quase sempre inferiores a 0,05 (5%) apenas com uma exceção, no nível 3 da hierarquia (módulos), que ultrapassa os 5% em 0,4%.

As diferenças obtidas nos pesos relativos, em comparação com os pesos globais, são um pouco maiores. Contudo nunca foi ultrapassado uma discordância de valores superior a 0,10 (10%).

Na comparação dos valores obtidos para os pesos relativos e globais, pelo resultado dos inquéritos e pelos valores definidos para a metodologia, é possível verificar que todas as diferenças nunca excedem os 0,10 (10%). Os valores médios para os pesos relativos variam entre 2,2% e 5,6%, estando atribuídas as respectivas percentagens aos módulos e às etapas. Os valores médios para os pesos globais variam entre 0,5% e 2,6%, estando atribuídas as respectivas percentagens aos parâmetros e aos módulos. É de notar que as diferenças medias obtidas para os pesos globais são mais reduzidas nos pesos globais do que as obtidas nos pesos relativos, ficando o nível hierárquico dos módulos aquele que obteve maior diferença media tanto nos pesos relativos como nos globais. Os pesos relativos apresentem uma maior

discrepância, pois sofrem diretamente com as variações de julgamentos que podem ter sido apresentados para determinado atributo.

Os resultados obtidos, por esta comparação, revelam a concordância entre os valores, logo é possível concluir que os valores alcançados por meio dos inquéritos não são muito diferentes dos definidos na metodologia MAEP-RB (Ribas, 2015). Na presente tese através da análise dos dados obtidos pela realização de 22 inquéritos a engenheiros civis, foi possível chegar a valores muito próximos dos obtidos da tese definidos para a “Metodologia MAEP-RB” (Ribas, 2015).

As pequenas discrepâncias encontradas, podem ser justificadas pela diferença de opiniões que podem existir neste tema, bem como por vezes, a difícil compreensão, na altura do julgamento das matrizes de atributos.

Em situações pontuais foi verificado diferenças de pesos do dobro ou para metade, constituídas na sua maioria por atributos de baixa importância, ao nível dos parâmetros. Sendo que, nos pesos globais, que caracterizam a importância de cada atributo perante a hierarquia, é possível verificar discrepâncias deste género em exemplos, como o parâmetro P6: (*Custos com acessória jurídica – honorários de profissionais relacionados com a aquisição do terreno*), com os valores 0,007 e 0,014, o parâmetro P19: (*Custo das redes hidráulicas – Custo com arranjos exteriores e obras de paisagismo*), com os valores 0,006 e 0,003, ou o parâmetro P65: (*Valor do inventivo – Incentivos ou subsídios*), com os valores 0,094 e 0,048, sendo estes respetivamente obtidos pelos valores definidos para a metodologia e obtidos pelos resultados dos inquéritos.

Sendo que a metodologia MAEP-RB constrói a sua hierarquia tendo em vista a avaliação da sustentabilidade económica em edifícios, e sendo este um tema da atualidade, é normal que as opiniões difiram na altura dos julgamentos. Apesar de todos os inquiridos serem Engenheiros Civis o seu julgamento pode ser diferenciado por algumas características, principalmente pela experiência de trabalho e pelo conhecimento sobre o tema. Características que quando presentes num profissional inquerido podem refletir-se numa melhor decisão na altura do preenchimento do inquérito, principalmente nas matrizes de maior ordem, que distribuem os pesos de forma muito repartida, o que por vezes leva às diferenças atrás mencionadas.

No nível um da hierarquia de atributos da metodologia MAEP-RB (parâmetros), verificou-se uma maior diferença, dos pesos relativos, em P1: (*Valor do terreno – custos do terreno, taxas*

e impostos associados), P4: (Custos com mediação imobiliária – honorários de profissionais relacionados com a aquisição do terreno), P24 (Mão de Obra – Custos de produção e transformação de um produtos dentro do estaleiro) e P45: (Valor dos honorários da equipa de projeto – custo relativo a honorários de profissionais relacionados com a construção). Todos eles com valores de diferença situados acima da média (3,1%), sendo estes superiores a 0,085 (8,5%) e inferiores a 0,10 (10%).

Os gráficos 20 a 23 mostram como existiu bastante diferenciação nos julgamentos atribuídos aos parâmetros P1, P4, P24, P45, no conjunto dos inquéritos efetuados, talvez pela falta de experiencia de trabalho de alguns inquiridos.

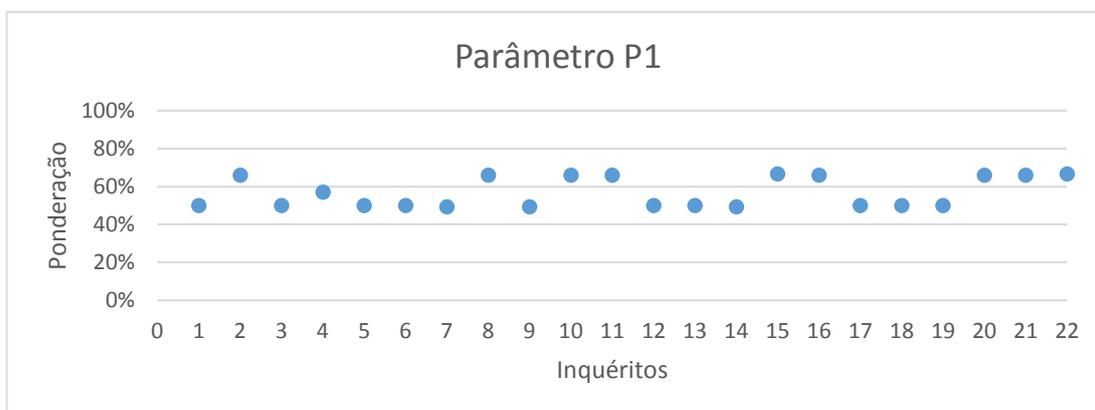


Gráfico 20 - Pesos relativos obtidos, pelos inquéritos, para P1

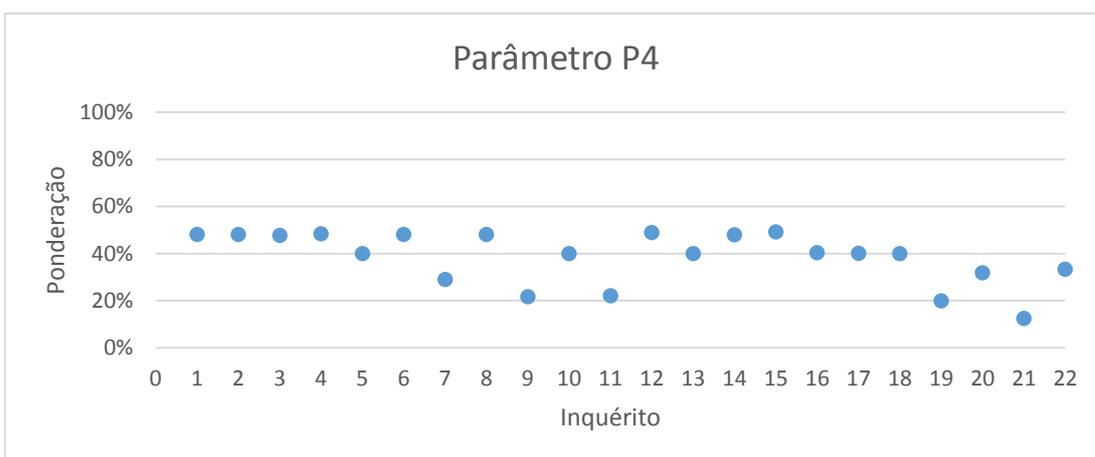


Gráfico 21 - Pesos relativos obtidos, pelos inquéritos, para P4

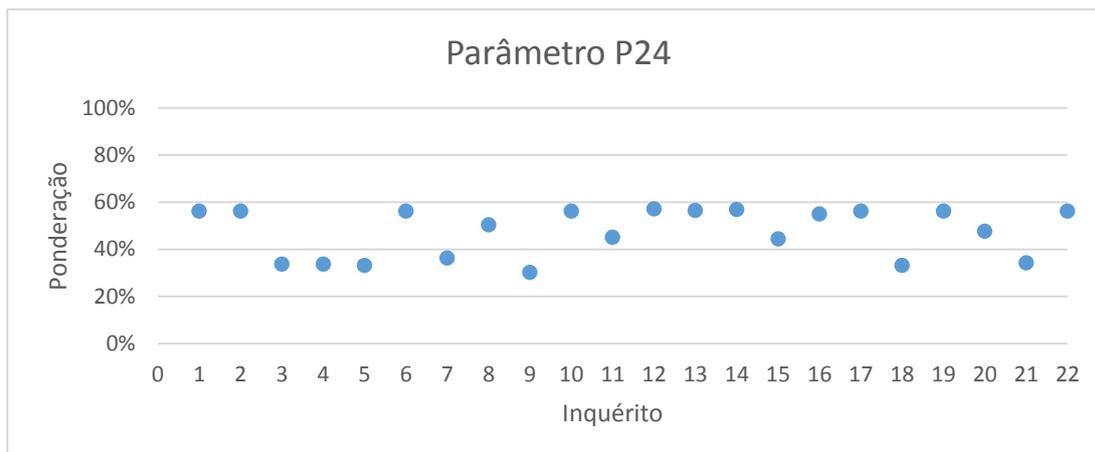


Gráfico 22 - Pesos relativos obtidos, pelos inquéritos, para P24

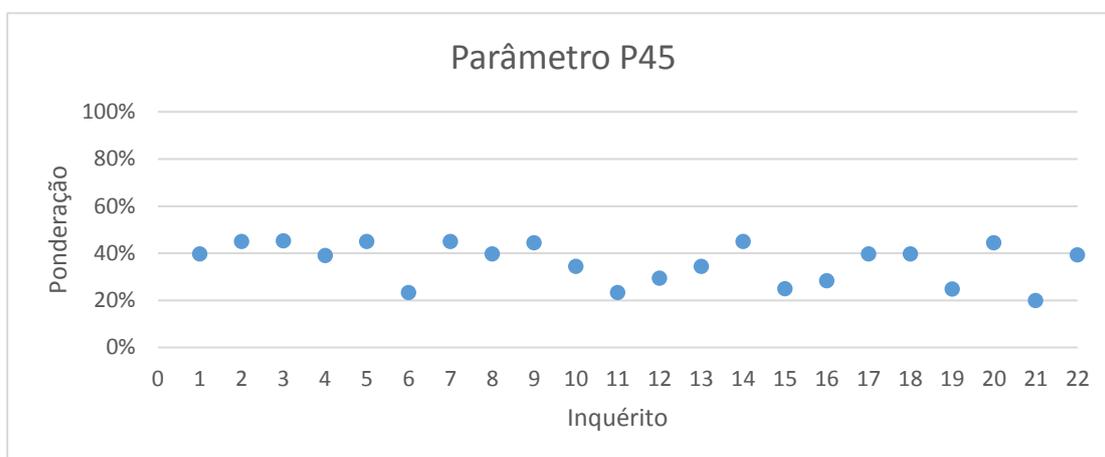


Gráfico 23 - Pesos relativos obtidos, pelos inquéritos, para P45

No segundo nível da hierarquia de atributos da metodologia MAEP-RB (indicadores), verificou-se uma maior diferença, dos pesos relativos, em A4.1: (*Custo de transporte de materiais e produtos do portão de fábrica ao estaleiro de obra – transporte*), A4.2: (*Custo de transporte de equipamento de construção de e para o estaleiro de obra*) e A5.14: (*Incentivos ou subsídios relacionados com a construção – processos de construção e instalação*). Todos eles com valores de diferença situados acima da média (3,5%), sendo estes superiores a 0,085 (8,5%) e inferiores a 0,10 (10%). Os gráficos 24, 25 e 26 mostram como existiu bastante diferenciação nos julgamentos atribuídos a estes indicadores, no conjunto dos inquéritos efetuados, talvez pela demasiada especificação dos atributos, pode ter levado á incerteza, por parte dos engenheiros menos experientes em obra, na altura do julgamento.

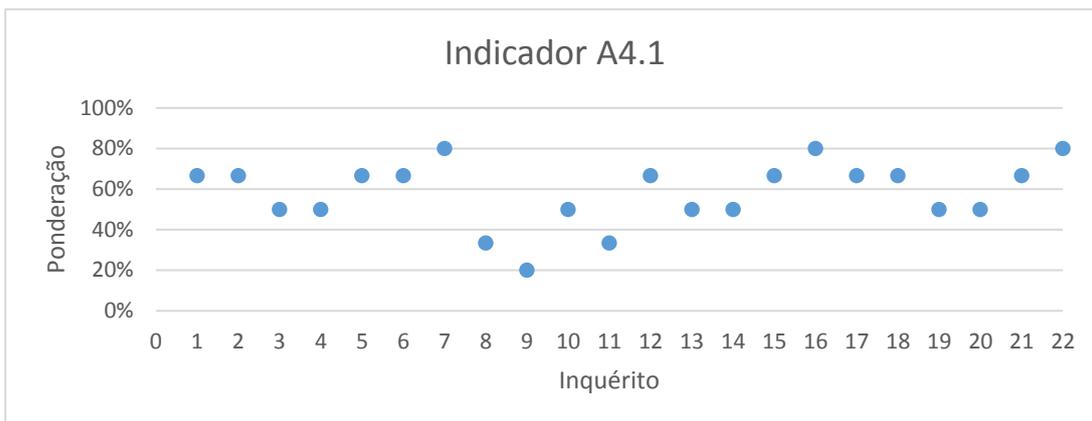


Gráfico 24 - Pesos relativos obtidos, pelos inquéritos, para A4.1

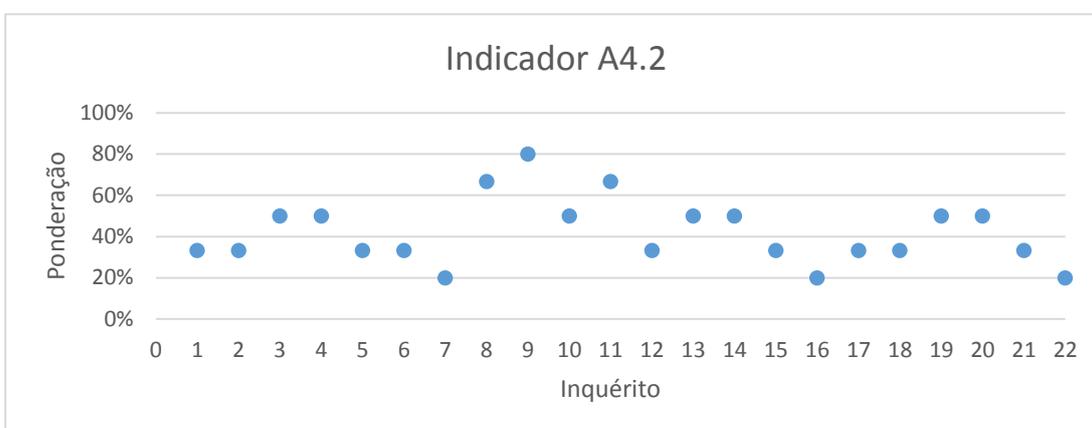


Gráfico 25 - Pesos relativos obtidos, pelos inquéritos, para A4.2

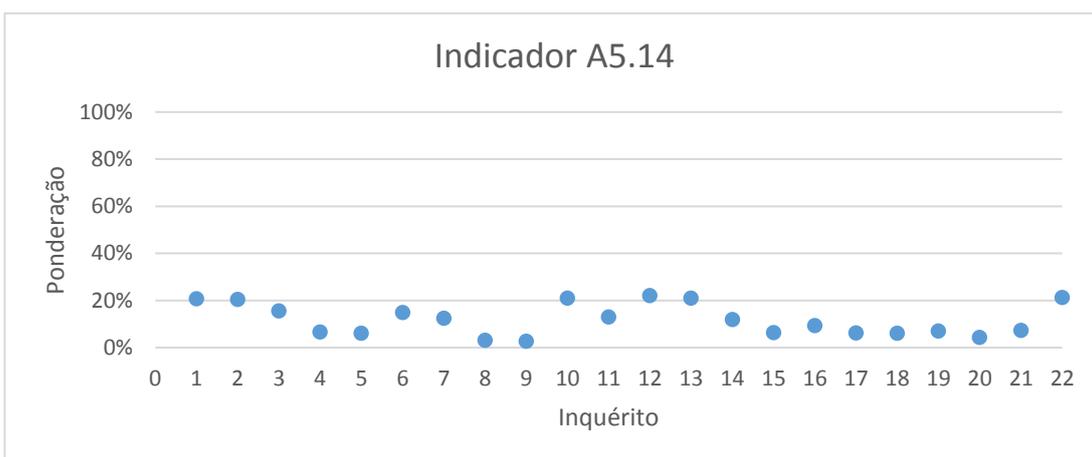


Gráfico 26 - Pesos relativos obtidos, pelos inquéritos, para A5.14

No terceiro nível da hierarquia de atributos da metodologia MAEP-RB (módulos), verificou-se uma maior diferença, dos pesos relativos, em A3 (*transformação das matérias primas – etapa de produto*), com um valor de diferença de 0,89 (8,9%), situado acima do valor médio

de 5,6%. O gráfico 27 mostra como existiu bastante diferenciação nos julgamentos atribuídos a este módulo, no conjunto dos inquéritos efetuados, talvez pela demasiada especificação do atributo, pode ter levado á incerteza, por parte dos engenheiros menos experientes em obra, na altura do julgamento.

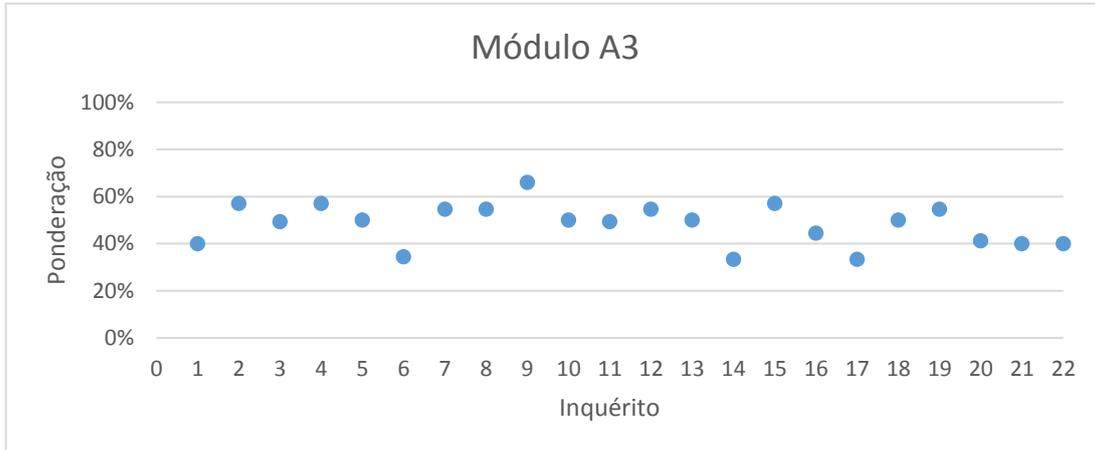


Gráfico 27 - Pesos relativos obtidos, pelos inquéritos, para A3

No último nível da hierarquia de atributos da metodologia MAEP-RB (Etapas), ao contrário dos níveis anteriores, verificou-se bastante concordância nos valores, obtendo diferenciações de valores relativamente baixas, na ordem dos 0,1% a 0,3%, logo com um valor de diferença média de 2,2%. Os gráficos 28, 29 e 30 mostram como os julgamentos atribuídos a estes atributos, no conjunto dos inquéritos efetuados, foi consistente. Talvez pela generalização neste nível da hierarquia de atributos, que facilita a compreensão e consequentemente o julgamento.

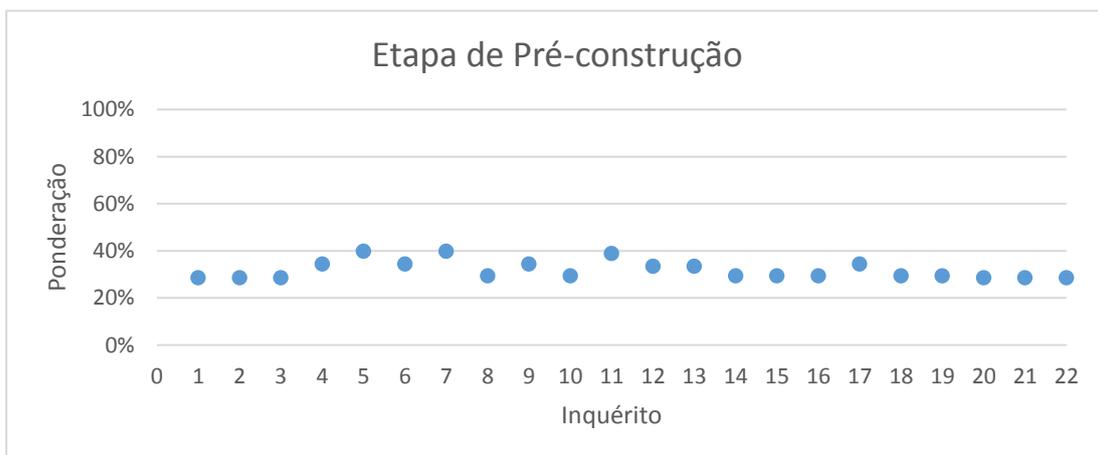


Gráfico 28 - Pesos relativos obtidos, pelos inquéritos, para a etapa de pré-construção

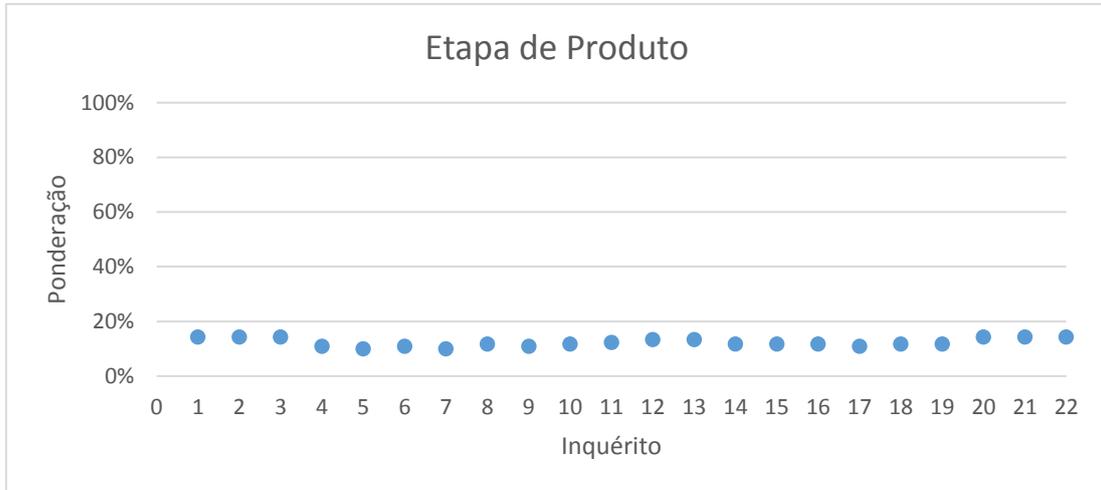


Gráfico 29 - Pesos relativos obtidos, pelos inquéritos, para a etapa de produto

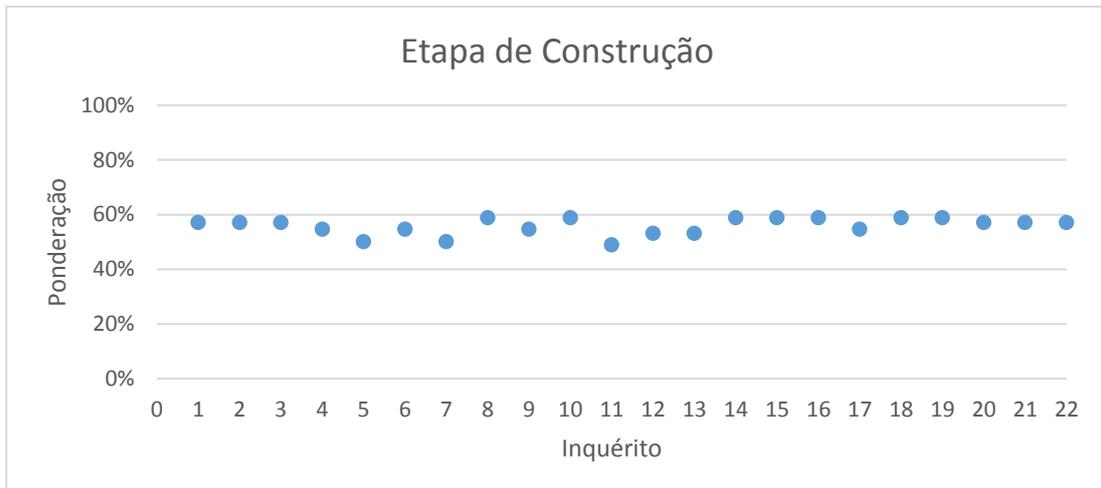


Gráfico 30 - Pesos relativos obtidos, pelos inquéritos, para a etapa de construção

4.6 - Considerações finais sobre o capítulo

A definição da importância relativa dos diferentes atributos da estrutura hierárquica, de um sistema de pesos, é um dos pontos mais importantes no desenvolvimento de uma metodologia de avaliação, tal como MAEP-RB. Embora não haja consenso sobre a definição de um método para determinar os pesos relativos, a ferramenta AHP tem sido utilizada em todo o mundo com resultados satisfatórios. (Ribas, 2015)

Os pesos relativos de cada nível foram determinados com utilização da ferramenta AHP aplicada à estrutura hierárquica de atributos da metodologia MAEP-RB e proporcionaram a obtenção dos pesos globais por multiplicação dos pesos relativos nos diferentes níveis.

Os resultados obtidos indicam que a etapa de construção é a mais relevante, constituindo 55,9% da sustentabilidade económica edifício na fase antes da utilização. A etapa de pré-construção (31,9%) tem mais do dobro da importância da etapa de produto (12,2%). No nível 3 da hierarquia (Módulos), o que tem maior peso é o A5: (*Processo de construção e instalação*) com 40,3%, sendo que o indicador que mais contribui para este módulo é o A5.14 (*Incentivo ou subsídios relacionados com a construção*), com um peso global de 4,8%. No nível dos indicadores, o A0.1: (*Custo de compra do terreno, taxas e impostos associados*) é sem dúvida, com 23,1%, o que mais importância global acumula, sendo o parâmetro P1: (*Valor do terreno*), com um peso global de 13,1%, o que mais contribui para essa ponderação. O parâmetro P1 é ainda o que mais influencia, no seu nível hierárquico, a sustentabilidade económica de um edifício na fase anterior a utilização.

Os pesos globais podem ser muito úteis em estudos comparativos de desempenho económico e de sustentabilidade dos edifícios, pois permitem, ainda em fase de projeto a identificação dos aspetos mais relevantes para a sustentabilidade. Mesmo na fase de construção de um edifício, a consulta dos pesos globais pode ser benéfica no sentido de melhorar o acompanhamento de obra. Eles fornecem orientações sobre como e onde intervir no sistema de construção para melhorar o nível de sustentabilidade económica do edifício. Torna-se evidente a importância que o processo de construção e instalação tem ao nível de sustentabilidade.

Tendo em vista a comparação realizada, na determinação dos pesos para a hierarquia de atributos da metodologia MAEP-RB, é possível verificar uma aproximação dos resultados. Apesar de pontualmente se verificarem discrepâncias os gráficos apresentados comprovam que os valores obtidos pelos inquéritos seguiram a mesma tendência de ponderação dos valores definidos para a metodologia. É certo que é possível encontrar, em alguns atributos, diferenças de metade ou dobro da importância, mas estas estão na sua maioria presentes em atributos que representam pouca importância para a hierarquia (atributos com um peso global inferior a 0,100). Esses atributos normalmente são os que em julgamento obtiveram maiores discrepâncias, pois, em inquérito, são os que constituem as maiores matrizes, logo as que tem maior razão de consistência. Sendo que, é nas maiores matrizes que se torna mais difícil realizar um julgamento coerente, o que originou a obtenção de pareceres um pouco disparem em matrizes de elevada ordem. Tal acontecimento não prejudicou os resultados finais, que como já foi referido, se mostram em concordância com os baseados num caso de estudo.

5 - Conclusões e perspectivas futuras

5.1 - Conclusões

Na atualidade, a sustentabilidade é um tema que está presente no setor da construção. Com vista a adoção de práticas sustentáveis na construção, existem vários métodos de suporte e avaliação da sustentabilidade na construção. Uns promovem a construção sustentável por exemplo, o BREEAM e outros grupo os métodos mais orientados para a pesquisa por exemplo, o BEPAC. No contexto português foram desenvolvidos dois sistemas de avaliação, o *LiderA* e o *SBTool*^{PT}-H.

Apesar da existência de vários sistemas para a avaliação da sustentabilidade, cada um distribui a importância entre as três dimensões da sustentabilidade (ambiental, social e económica), de forma diferente. Isto porque cada um se baseia numa metodologia constituída por uma hierarquia de atributos diferente, a que são atribuídas ponderações. Nos sistemas de avaliação existentes à dimensão ambiental é-lhe sempre atribuída maior importância, seguindo-se da social e por fim da económica.

Conforme previsto nos objetivos inicialmente propostos para esta dissertação, foi desenvolvido um sistema de pesos, para avaliação da sustentabilidade económica de edifícios na fase anterior à utilização baseada na metodologia MAEP-RB, através de um inquérito realizado a intervenientes no setor da construção, neste caso Engenheiros Civis. Contudo não foi possível alargar o inquérito aos dois restantes setores profissionais ligados ao ramo da construção, os arquitetos e os construtores, o que impossibilitou a discussão de diferentes julgamentos que poderiam surgir na atribuição de pesos, por parte dos três setores profissionais. Perante esta dificuldade, todo o trabalho dirigido para um estudo que recaiu sobre os julgamentos obtidos pelos 22 Engenheiros Civis inquiridos, onde se conseguiram, como previsto, diferentes opiniões, contudo seguindo uma linha de raciocínio coerente, que permitiu a construção de um sistema de pesos para a hierarquia de atributos da metodologia MAEP-RB.

Como a realização deste trabalho de investigação, que incidiu sobre a dimensão da sustentabilidade económica, até hoje a menos desenvolvida, foi possível desenvolver um sistema de pesos adaptado à hierarquia de atributos da metodologia MAEP-RB.

Trata-se de uma metodologia de avaliação sistemática e inovadora do desempenho e da sustentabilidade económica de edifícios, com base na análise do ciclo de vida. Segue o princípio da modularidade, onde os aspetos e impactes que influenciam o desempenho económico e o índice de sustentabilidade do edifício durante a fase anterior à utilização, são atribuídos às categorias que eles ocorrem. A estrutura hierárquica funciona como uma pirâmide onde as informações relativas aos aspetos e impactes que influenciam o desenvolvimento económico são direcionadas, de forma ascendente, aos indicadores, módulos e etapas do ciclo de vida.

A determinação dos pesos relativos dos vários atributos da estrutura hierárquica da metodologia MAEP-RB foi o foco deste trabalho de investigação. Actualmente ainda não existe um método consensualmente definido para a determinação dos pesos relativos. Neste trabalho, foi utilizada a ferramenta AHP (Analytic Hierarchy Process) que tem por base a realização de comparações “par a par” entre os valores retirados dos diferentes julgamentos das várias matrizes, com o intuito de determinar as importâncias relativas referentes a cada atributo. Os julgamentos obtidos nos inquéritos são validados pela análise dos valores da razão de consistência (RC), determinados nas matrizes de comparação, sendo que nunca ultrapassaram os valores limites, em função da ordem da matriz, estabelecidos por Saaty e por Rabbani. Os maiores valores de razão de consistência foram obtidos nas matrizes de maior ordem, como esperado, pois são estas que apresentam maior número de atributos, e tornam de certa forma a matriz um pouco mais complexa para o sujeito inquirido.

O sistema de pesos foi desenvolvido para a estrutura hierárquica da metodologia MAEP-RB, ou seja, para todos os parâmetros, indicadores, módulos e etapas foram atribuídos pesos relativos. Com o conhecimento dos pesos relativos foi possível determinar os pesos globais, que representam a importância de cada atributo para a sustentabilidade económica de um edifício, na fase anterior à utilização. Estes são bastante úteis na realização de estudos comparativos com o intuito de clarificar a influência de cada parâmetro, indicador, módulo ou etapa num estudo de sustentabilidade económica em edifícios. Este conhecimento quando fornecido em fase de projeto, torna-se bastante útil, na medida em que representa um sentido de orientação para a equipa de projeto, em busca da melhoria da sustentabilidade. Visto que existem parâmetros com maior importância na avaliação final do

que outros, é possível delinear estratégias que culminem em resultados mais benéficos para a sustentabilidade económica de um edifício.

O tamanho do inquérito, bem como a compreensão de alguns dos seus parâmetros, por parte dos inquiridos dificultou um pouco o preenchimento dos mesmos. Assim a recolha de um maior número de pareceres ficou um pouco condicionado ao tempo disponível. Apesar do número de inquéritos recolhidos não poder representar estatisticamente uma população, ou seja, um setor profissional numa determinada zona geográfica, foram obtidos valores coerentes e coesos, que se mostraram muito similares aos definidos para a metodologia MAEP-RB.

Os resultados obtidos indicam que a etapa de construção é a mais relevante, respondendo por 55,9% da sustentabilidade económica de um edifício, na fase anterior à utilização. A etapa do produto foi a de menor peso, com apenas 12,2%, menos de metade da importância global da etapa de pré-construção, que obteve 31,9% do peso global da hierarquia. A atribuição do maior peso global à etapa de construção é um facto natural, visto que é exatamente nesta etapa que entram os custos mais acrescidos de um edifício.

Com o conhecimento dos pesos globais atribuídos a cada um dos atributos dos 4 níveis da hierarquia é possível criar estratégias dentro do conceito da sustentabilidade económica de um edifício, na fase de projeto. Isto porque é possível observar os parâmetros, na base da hierarquia, que mais contribuem para a melhoria da sustentabilidade económica. Como é o caso do parâmetro P1: (*Valor do terreno*), que com um peso global de 13,1%, é o que mais influencia a sustentabilidade económica de um edifício. No nível 1 da hierarquia de atributos temos ainda em destaque os parâmetros P2: (*IMT – Imposto municipal sobre as transações onerosas de imóveis*), P11: (*Custo de transformação das matérias primas*), P12: (*Custo de transporte dos materiais e produtos desde o portão da fábrica até ao estaleiro*) e P13: (*Custo de transporte do equipamento dentro de estaleiro*), que tem uma influência na sustentabilidade económica de um edifício, acima dos 5%.

Comparando-os pesos globais obtidos pelos inquéritos com os da metodologia MAEP-RB, é possível observar que nenhum dos valores obtém uma diferença superior a 6%, o que demonstra certa equidade entre os valores.

Perante a comparação dos valores dos pesos globais das três etapas (pré-construção, produto e construção) da fase anterior à utilização, obtidos nesta tese de mestrado e os calculados com base nos pesos relativos da metodologia MAEP-RB, verifica-se uma igualdade

na influência das três etapas na sustentabilidade económica de um edifício, apontando a maior diferença para a etapa da pré-construção, onde difere em 3,3%. Nos parâmetros, as importâncias globais mais significativas, já referidas anteriormente, apresentam valores muito semelhantes, o que reforça ainda mais a equidade existente entre os valores comparados.

5.2 - Perspetivas futuras

Esta dissertação de mestrado contribuiu para o desenvolvimento de um sistema de pesos para a metodologia de avaliação do desempenho e sustentabilidade económica na fase anterior à utilização do ciclo de vida de edifícios, tendo por base uma amostra de 22 engenheiros civis que contribuíram com os seus julgamentos. Para a avaliação global do desempenho económico, as restantes fases do ciclo de vida do edifício devem ser avaliadas, propõem-se os seguintes desafios para trabalhos futuros:

1. Desenvolvimento de um sistema de pesos, seguindo a mesma metodologia (inquéritos) para a fase de utilização e de fim de vida do edifício.
2. Conseguir uma amostra mais diversificada, no ramo da construção, sendo esta estruturada por engenheiros civis, arquitetos e construtores, para possibilitar a comparação de julgamentos.
3. Conseguir uma amostra mais numerosa, para assim ser possível obter valores mais perto da realidade construtiva, e talvez com a possibilidade de conseguir obter dados representativos do concelho de Viana do Castelo.

Para que o trabalho de investigação ficasse concluído, de forma a criar um sistema de pesos, baseados em dados consistentes, e possibilitar a aplicação da metodologia de avaliação da sustentabilidade económica a um edifício, seria necessário o cumprimento dos seguintes desafios:

1. Desenvolver uma metodologia de avaliação das três dimensões da sustentabilidade, nomeadamente a ambiental, social e económica, assentes sobre a mesma base de dados;
2. Criar um sistema de pesos para essa mesma metodologia, tendo por base um número de julgamentos que satisfizesse uma amostra representativa de uma população a nível nacional, no ramo da construção.

Biografia

- Ahlroth, S. et al., 2011.** Weighting and valuation in selected environmental systems analysis tools – suggestions for further developments. *Journal of Cleaner Production*, 19(2-3), pp.145–156.
- Al-Harbi, K.M.A.-S., 2001.** Application of the AHP in project management. *International Journal of Project Management*, 19(1), pp.19–27.
- Ali, H. & Al Nsairart, S., 2009.** *Developing a green building assessment tool for developing countries – Case of Jordan, Building and Environment* Vol. 44, 1.,
- Ávila C. A., N., 2006.** *Investigação por inquérito*. Universidade dos açores.
- BREEAM, 2008.** BRE Global Methodology for Environmental Profiles of Construction Products. , p.106.
- BREEAM, 2014.** *BREEAM UK New Construction - Technical Manual*.
- Chapman, R.E. & Marshall, H.E., 1998.** *User's Guide to AHP/Expert Choice for ASTM Building Evaluation. Manual 29 Software to Support ASTM E 1765:Standard Practice for applying Analytical Hierarchy Process (AHP) to Multiattribute Decision Analysis of Investments Related to Buildings and Building*,
- Cole, R.J., 1999.** Building environmental assessment methods: clarifying intentions. , 27(4/5).
- Cole, R.J. & Larsson, N., 2002.** *GBTool User Manual - Green Building Challenge 2002*.
- Costa, 2012.** *Desenvolvimento de um sistema de pesos para indicadores de sustentabilidade*. Universidade do Minho.
- Costa, H., 2002.** *INTRODUÇÃO AO MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA*,
- Ferreira, J., Pinheiro, M.D. & Brito, J., 2012.** Comparação das ferramentas nacionais de avaliação da sustentabilidade na construção com o BREEAM e o LEED - uma perspetiva energética. *Nº 43*, p.23.
- Ferreira, J., Pinheiro, M.D. & Brito, J., 2014.** Portuguese sustainable construction assessment tools benchmarked with BREEAM and LEED: An energy analysis. *Energy and Buildings*, 69, pp.451–463.
- Golony, B. & Kress, M., 1993.** *A multicriteria evaluation of the methods for obtaining weights from ratio-scale matrices. European Journal Operation Research* volume 69.
- Haurie, A., 2001.** *The Analytical Hierarchy Process - Topic 1.3 – Multi-criterion decision making.*, Genève: Université de Genève / Centre Universitaire d'écologie humaine et des sciences de l'environnement.
- iiSBE, 2007.** SBTool 2007 - overview.
- iiSBE, 2011.** SBTool 2011 - overview.
- iiSBE, 2015.** SBTool 2015 - overview.
- ISO 15392, 2008.** Sustainability in building construction — General principles.
- ISOAWI21932, 2002.** Buildings and constructed assets – Sustainability in Building – Sustainability indicators, s.l.: International Organization for Standardization. TC 59.

- Marchall, H.E. & Norris, G.A., 1995.** *Multiattribute decision analysis method for evaluating buildings and building systems.*,
- Mateus, R.F.M. da S., 2009.** Avaliação da Sustentabilidade da Construção: propostas para o desenvolvimento de edifícios mais sustentáveis. *Universidade do Minho*, p.427.
- NIST, 2007.** Building for Environmental and Economic Sustainability. , p.327.
- Owens, B. (USGBC) et al., 2013.** LEED v4 - IMPACT CATEGORY AND POINT ALLOCATION DEVELOPMENT PROCESS. , p.16.
- Pinheiro, M.D., 2011.** *LiderA - apresentação geral*,
- Pinheiro, M.D., 2010.** *LiderA - apresentação sumária*,
- Rabbani, S.R., 1996.** Decisions in transportation with the analytic Hierarchy Process.
- Ribas, D., Morais, M., Velosa, A., & Cachim, P., 2015.** APPLICATION OF AN ANALYTICAL HIERARCHICAL PROCESS IN THE ASSESSMENT OF BUILDING ECONOMIC SUSTAINABILITY. *INTERNATIONAL JOURNAL OF INTERDISCIPLINARITY IN THEORY AND PRACTICE*, p.6.
- Ribas, D., 2015.** *Metodologia de avaliação da sustentabilidade económica de edifícios com base no ciclo de vida.* Universidade de Aveiro. Available at:
- Ribas, D., Morais, M., Velosa, A. & Cachim, P., 2015.** Using Analytical Hierarchy Process for the definition of a weighting system for economic sustainability of buildings. In *Slovak Republic*. p. 4.
- Ribas, D., Morais, M. & Cachim, P., 2015.** Desenvolvimento de Metodologia Avaliação Segundo a prEN 16627:2013. In *Guimarães, Latin American and European Conference on Sustainable Buildings and Communities*. pp. 1443–1456.
- Ribas, D., Morais, M. & Cachim, P., 2014.** Economic Performance of Buildings: Development of Assessment Methodology for Second prEN 16627:2013. In *Funchal – Portugal, 40th IAHS World Congress on Housing – Sustainable Housing Construction*. p. 10.
- Ribas, D., Morais, M., Velosa, A. & Cachim, P., 2015.** Development of a weighting system for the assessment of economic. *Tatranská Štrba, High Tatras Mountains - Slovak Republic*, CRC Press, pp.367–374.
- Saaty, 2008.** Decision making with the analytic hierarchy process. , p.16.
- Saaty, R.W., 1987.** The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 9(3-5), pp.161–176.
- Saaty, T.L., 1991.** Método de análise hierárquica. São Paulo: Makron Books.
- Saaty, T.L., 1980.** The Analytic Hierarchy Process.
- Silva, V. & Agopyan, V., 2003.** *AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DE EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS BRASILEIROS: DIRETRIZES E BASE METODOLÓGICA.*
- Suzer, O., 2015.** A comparative review of environmental concern prioritization: LEED vs other major certification systems. , 154.
- USGBC, 2009.** LEED 2009 for news construction and major renovations. , p.108.
- USGBC, 2013.** LEED v4 - guide. , p.39.

Vargas, R., 2010. Using the Analytic Hierarchy Process (AHP) to Select and Prioritize Projects in a Portfolio.

Vieira, M.T.F. de A. da S., Hall, A. & Freitas, A. de F.B.V., 2008. Amostragem, RIA - Repositório Institucional da Universidade de Aveiro