



Universidade de Aveiro  
2021

Departamento de Engenharia Civil

**Marina Teresa  
Marques Silva**

**Sistemas de avaliação da sustentabilidade na  
construção – Análise da aplicabilidade em estradas**





Universidade de Aveiro  
2021

Departamento de Engenharia Civil

**Marina Teresa  
Marques Silva**

## **Sistemas de avaliação da sustentabilidade na construção – Análise da aplicabilidade em estradas**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, realizada sob a orientação científica do Doutor Agostinho António Rocha Correia e Almeida da Benta, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.



Dedico este trabalho aos meus queridos pais.



## **Júri**

Presidente

Professora Doutora Margarida João Fernandes de Pinho Lopes  
Professora auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro

Arguente

Doutor Luís Francisco Amaral Silva  
Supervisor de Infraestruturas na Egis Road Operation Portugal

Orientador

Professor Doutor Agostinho António Rocha Correia e Almeida da Benta  
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro





## **Agradecimentos**

Com a finalização desta etapa da minha vida, gostaria de expressar o meu agradecimento a todos que de alguma forma me ajudaram ao longo do meu percurso académico.

Ao professor Agostinho Benta pela orientação, disponibilidade e incentivo ao longo da realização desta dissertação. Obrigada pela paciência e dedicação que teve ao longo destes meses.

À Universidade de Aveiro, em particular ao departamento de engenharia civil, por me acolher durante estes anos e por ter sido a minha casa.

À Joana Silva, a melhor colega de casa que tive, obrigada por todos os serões que passamos a estudar e a coscuvilhar, por todas as gargalhadas, obrigada pela tua amizade.

À Olesya e à Carolina, minhas irmãs de coração, obrigada por todos os momentos, por todas as gargalhadas e memórias que criamos juntas.

Aos amigos que tive oportunidade de conhecer em Aveiro, nomeadamente à Sara Moutinho, ao Zé Luís, ao Pedro, ao Fábio, à Raquel, à Rafaela, ao Rui, à Daniela, à Eliana e à Ribau. Obrigada pela amizade, por todos os momentos que vivemos e pelas memórias criadas. Obrigada por fazerem destes os melhores anos da minha vida.

Aos meus amigos de infância, Daniel, Cristina, Elisa e Tiago, obrigada por fazerem parte da minha vida praticamente desde o berço.

Por fim, e porque os últimos são sempre os primeiros, gostaria de agradecer aos dois pilares da minha vida, às pessoas mais importantes, os meus pais Júlia e José. Obrigada por me terem proporcionado a oportunidade de poder alcançar este objetivo, obrigada pelo apoio incondicional, pelo carinho e por terem acreditado sempre em mim.



## **Palavras-chave**

Sustentabilidade na construção; Sistemas de avaliação da sustentabilidade; Estradas; CEEQUAL; LiderA; Greenroads.

## **Resumo**

As vias de comunicação e, em particular, a rede rodoviária, constituem a infraestrutura fundamental para o desenvolvimento global dos países, devido à facilidade de utilização para o movimento de pessoas e bens entre diferentes locais.

A construção de novas estradas traz inúmeros benefícios aos seus utilizadores nomeadamente, o aumento da acessibilidade, a facilidade de circulação e as melhorias no transporte de bens materiais.

Atualmente, o elevado consumo energético, a limitação dos recursos naturais e as altas emissões de gases efeito de estufa fazem com que as questões ambientais desempenhem um papel fundamental na tomada de decisão relativamente ao planeamento, projeto, construção, operação, manutenção e desativação das estradas.

Por isso, no projeto de uma nova estrada as emissões de gases com efeito de estufa são um indicador-chave na avaliação da sustentabilidade.

O conceito de sustentabilidade é um dos conceitos em maior evidência atualmente, devido à consciencialização do ser humano face aos constantes impactes ambientais negativos que este provoca no planeta principalmente resultantes do setor da construção.

Os sistemas de avaliação da sustentabilidade têm como propósito incentivar o setor da construção a adotar práticas mais sustentáveis e avaliar/ certificar (de acordo com as áreas, critérios e parâmetros que cada sistema adota) as práticas adotadas de modo a promover uma estrada mais sustentável.

Os sistemas de avaliação escolhidos para serem abordados nesta dissertação foram três: o Greenroads, por ser um método de avaliação de sustentabilidade exclusivamente dedicado a estradas; o CEEQUAL por ser um método que certifica obras de engenharia civil internacionalmente, por ser considerado um dos melhores métodos e por ter sido o primeiro sistema a classificar o nível de sustentabilidade das infraestruturas; e o LiderA por ser o sistema pioneiro em Portugal na avaliação da sustentabilidade.



**keywords**

Sustainability in Construction; Sustainability Assessment systems; Roads; CEEQUAL; LiderA; Greenroads.

**Abstract**

Roads, and in particular the road network, constitute the fundamental infrastructure for the global development of countries, due to their ease of use for the movement of people and goods between different locations.

The construction of new roads brings countless benefits to their users, including increased accessibility, ease of movement and improvements in the transport of material goods.

Nowadays, with high energy consumption, limited natural resources and high greenhouse gas emissions, environmental issues play a key role in decision making regarding planning, design, construction, operation, maintenance and decommissioning of roads.

So, in the design of new road, greenhouse gas emissions are a key indicator in the assessment of sustainability.

The concept of sustainability is one of the most prominent concepts in evidence today, due to the awareness of the human being regarding the constant environmental impacts that it causes on the planet, mainly resulting from the construction sector.

The purpose of sustainability assessment systems is to encourage the construction sector to adopt more sustainable practices and evaluate/certify (according to the areas, criteria and parameters that each system adopts) the practices adopted in order to achieve more sustainable road.

The three sustainability assessment systems chosen to be evaluated in this dissertation were: Greenroads, for being a sustainability system exclusively dedicated to roads; CEEQUAL for being a system that certifies civil engineering works internationally, and for being the first system to classify the sustainability level of infrastructure; and LiderA for being the pioneer system in Portugal in sustainability.



---

## Índice

<b>Índice .....</b>	<b>xv</b>
<b>Índice de Figuras .....</b>	<b>xix</b>
<b>Índice de Tabelas .....</b>	<b>xxi</b>
<b>Simbologia e abreviaturas.....</b>	<b>xxiii</b>
<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1. Enquadramento temático .....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Organização dos conteúdos .....	2
<b>2. As estradas .....</b>	<b>7</b>
2.1. Definição .....	7
2.2. Organização da rede rodoviária nacional .....	7
2.3. Condicionantes ambientais no projeto de estradas .....	8
2.4. Ciclo de vida de uma estrada .....	11
2.4.1. Conceção .....	11
2.4.2. Construção .....	12
2.4.2.1. Terraplenagem .....	13
2.4.2.2. Drenagem.....	14
2.4.2.3. Pavimentação.....	14
2.4.2.4. Obras acessórias .....	15
2.4.2.5. Equipamentos de sinalização e segurança .....	16
2.4.2.6. Obras de arte .....	16
2.4.3. Operação.....	17
2.4.4. Desativação.....	17
<b>3. O ambiente e a construção de estradas.....</b>	<b>21</b>
3.1. Emissões de gases com efeito de estufa nas infraestruturas rodoviárias .....	21
3.2. Impactes ambientais das estradas .....	25
3.3. Medidas de mitigação dos impactes ambientais.....	27
3.4. Avaliação do desempenho ambiental .....	28
3.4.1. Avaliação do impacte ambiental.....	28
3.4.2. Avaliação do ciclo de vida.....	30
<b>4. Sustentabilidade na construção de estradas.....</b>	<b>35</b>

4.1.	Uma breve cronologia da evolução do conceito de sustentabilidade e de desenvolvimento sustentável .....	35
4.2.	Os três pilares da sustentabilidade ou Triple Bottom Line.....	43
4.3.	Evolução da construção tradicional até à construção sustentável – Uma breve análise 44	
4.4.	Construção sustentável e os seus princípios .....	46
4.5.	Estradas sustentáveis .....	47
<b>5.</b>	<b>Sistemas de avaliação da sustentabilidade de estradas .....</b>	<b>53</b>
5.1.	Sistema Greenroads .....	54
5.1.1.	Descrição Geral .....	54
5.1.2.	Pré-requisitos, Créditos Voluntários e Classificação .....	54
5.1.3.	Processo de certificação.....	58
5.1.4.	Custo associado à certificação .....	59
5.2.	Sistema CEEQUAL.....	60
5.2.1.	Descrição Geral .....	60
5.2.2.	Áreas, Temas das questões de autoavaliação e Classificação .....	61
5.2.3.	Processo de certificação.....	65
5.2.4.	Custo associado à certificação .....	67
5.3.	Sistema LiderA.....	69
5.3.1.	Descrição Geral .....	69
5.3.2.	Áreas, vertentes e Classificação .....	71
5.3.3.	Processo de certificação.....	76
5.3.4.	Custo associado à certificação .....	77
5.4.	Quadro Síntese.....	78
5.5.	Análise comparativa dos critérios aplicáveis às principais áreas da sustentabilidade 80	
5.5.1.	Sustentabilidade no local de construção .....	80
5.5.2.	Sustentabilidade na gestão de recursos-Água.....	83
5.5.3.	Sustentabilidade na gestão de recursos-Energia .....	85
5.5.4.	Sustentabilidade na gestão de recursos-Materiais .....	86
5.5.5.	Sustentabilidade nas Emissões/Poluição .....	89
5.5.6.	Sustentabilidade nos transportes.....	90
5.5.7.	Sustentabilidade Cultural, Social e Económica.....	92
<b>6.</b>	<b>Conclusão .....</b>	<b>97</b>



6.1. Discussão .....	97
6.2. Desenvolvimentos futuros .....	99
<b>Referências bibliográficas .....</b>	<b>103</b>



---

## Índice de Figuras

Figura 1-Ciclo de vida de uma estrada .....	11
Figura 2-Estrutura de um pavimento flexível [16] .....	15
Figura 3-Emissões nacionais por gás em 2018 [18] .....	21
Figura 4-Aumento da temperatura superficial terrestre [19] .....	22
Figura 5-Emissões de Dióxido de carbono por sector relativas ao ano de 2018 [18] .....	23
Figura 6-Fases de implementação da ACV, segundo a norma ISO 14040:2006 .....	30
Figura 7-Procura de equilíbrio no consumo de recursos naturais [29] .....	37
Figura 8-Objetivos do desenvolvimento do milénio .....	37
Figura 9-Objetivos do desenvolvimento sustentável estipulados na Agenda 30 .....	40
Figura 10-Os cinco P's do desenvolvimento sustentável [34] .....	41
Figura 11-Os três pilares da sustentabilidade .....	43
Figura 12-Princípios da construção sustentável .....	44
Figura 13-Princípios da construção eco eficiente .....	45
Figura 14-Princípios da construção sustentável .....	45
Figura 15-As cinco áreas das estradas sustentáveis .....	47
Figura 16-Passagem para animais em New Jersey, Estados Unidos [41] .....	48
Figura 17-Sistemas de avaliação da sustentabilidade aplicáveis em estradas .....	53
Figura 18-Ponderação atribuída às áreas de intervenção consideradas no Greenroads .....	55
Figura 19-Processo de certificação do sistema de avaliação Greenroads .....	59
Figura 20-Ponderação atribuída às áreas consideradas pelo CEEQUAL .....	61
Figura 21-Processo de certificação do sistema de avaliação CEEQUAL .....	66
Figura 22-Esquema de vertentes e áreas do sistema LiderA, versão 4.00 [51] .....	70
Figura 23-Ponderação em percentagem para as 20 áreas do sistema LiderA [51] .....	75
Figura 24-Níveis de desempenho considerados pelo sistema LiderA [51] .....	75
Figura 25-Processo de certificação do sistema LiderA [51] .....	77



## Índice de Tabelas

Tabela 1-Principais condicionantes ambientais a considerar na fase de estudo prévio [2].....	9
Tabela 2-Principais condicionantes ambientais a considerar na fase do projeto base [2].....	9
Tabela 3-Principais condicionantes ambientais a considerar na fase do projeto base [2].....	9
Tabela 4-Objetivos estabelecidos no PNEC a nível europeu [22].....	24
Tabela 5-Resumo dos principais impactes ambientais resultantes da fase de construção de uma estrada.....	26
Tabela 6-Possíveis medidas de mitigação para reduzir os impactes ambientais decorrentes da fase de construção.....	27
Tabela 7-Ordem cronológica da evolução do conceito de Sustentabilidade e de desenvolvimento sustentável.....	41
Tabela 8-Requisitos de projeto considerados no sistema de avaliação Greenroads [44].....	55
Tabela 9-Créditos voluntários: Área Ambiente e água [44].....	56
Tabela 10-Créditos voluntários: Área Materiais [44].....	56
Tabela 11-Créditos voluntários: Área serviços uteis.....	56
Tabela 12-Créditos voluntários: Área atividades de construção [44].....	57
Tabela 13-Créditos voluntários: Área Acesso e habitabilidade [44].....	57
Tabela 14-Créditos voluntários: Créditos extra [44].....	57
Tabela 15-Níveis de certificação considerados no sistema de avaliação Greenroads.....	58
Tabela 16-Tópicos das questões de avaliação e a respetiva ponderação abordados no CEEQUAL na área: Gestão [46].....	62
Tabela 17-Tópicos das questões de avaliação e a respetiva ponderação abordados no CEEQUAL na área: Resiliência [46].....	62
Tabela 18-Tópicos das questões de avaliação e a respetiva ponderação abordados no CEEQUAL na área: Comunidade e partes interessadas [46].....	62
Tabela 19-Tópicos das questões de avaliação e a respetiva ponderação abordados no CEEQUAL na área: Uso do solo e Ecologia [46].....	63
Tabela 20-Tópicos das questões de avaliação e a respetiva ponderação abordados no CEEQUAL na área: Paisagem e histórico ambiental [46].....	63
Tabela 21-Tópicos das questões de avaliação e a respetiva ponderação abordados no CEEQUAL na área: Poluição [46].....	63

---

Tabela 22-Tópicos das questões de avaliação e a respetiva ponderação abordados no CEEQUAL na área: Recursos [46].....	64
Tabela 23-Tópicos das questões de avaliação e a respetiva ponderação abordados no CEEQUAL na área: Transportes [46] .....	64
Tabela 24- Níveis de certificação considerados no CEEQUAL [46].....	65
Tabela 25-Custos associados ao processo de certificação do CEEQUAL [48] .....	67
Tabela 26-Custos associados ao processo de certificação CEEQUAL-Verificação [48] .....	68
Tabela 27-Áreas e critérios considerados na vertente Integração local [50].....	71
Tabela 28-Áreas e critérios considerados na vertente Recursos [50].....	72
Tabela 29-Áreas e critérios considerados na vertente Gestão das Cargas Ambientais [50].....	72
Tabela 30-Áreas e critérios considerados na vertente Qualidade do serviço e resiliência [50]	73
Tabela 31-Áreas e critérios considerados na vertente vivências socioeconómicas [50] .....	73
Tabela 32-Áreas e critérios considerados na vertente Uso sustentável [50] .....	74
Tabela 33-Classes de desempenho do sistema LiderA [50] .....	76
Tabela 34-Descrição geral dos três sistemas de avaliação da sustentabilidade.....	78
Tabela 35-Sustentabilidade no local de construção.....	81
Tabela 36-Sustentabilidade na gestão de recursos-Água .....	84
Tabela 37-Sustentabilidade na gestão de recursos-Energia.....	85
Tabela 38-Sustentabilidade na gestão de recursos-Materiais .....	87
Tabela 39-Sustentabilidade nas Emissões/Poluição .....	89
Tabela 40-Sustentabilidade nos transportes .....	91
Tabela 41-Sustentabilidade Cultural, Social e Económica.....	92

## Simbologia e abreviaturas

ACV-Avaliação do ciclo de vida

AIA- Avaliação do impacte ambiental

AUE- Ato Único europeu

EIA-Estudo de impacto ambiental

EN- Estradas Nacionais

CC- Custom Credits

CEEQUAL- Civil Engineering Environmental Quality Assessment & Award Scheme manual

CH<sub>4</sub>-Metano

CO<sub>2</sub>-Dióxido de carbono

CQNUAC- Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas

CV- Créditos voluntários

GEE-Gases Efeito Estufa

IC- Itinerários complementares

ICE- Institution of Civil Engineers

IP- Itinerários principais

LCA- Life Cycle Assessment

N<sub>2</sub>O-Óxido nitroso

ODM- Objetivos de desenvolvimento do milénio

ODS- Objetivos de desenvolvimento sustentável

ONU- Organização das Nações Unidas

PIB- Produto interno bruto

PNEC- Plano Nacional de Energia e Clima

PNUEA- Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água

PRN-Plano rodoviário Nacional

RP- Requisitos do projeto

UE-União Europeia





# *Capítulo 1*

---

## Introdução



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Enquadramento temático

As vias de comunicação e, em particular, a rede rodoviária, constituem a infraestrutura fundamental para o desenvolvimento global dos países, devido à facilidade de utilização para o movimento de pessoas e bens entre diferentes locais [1].

Com o rápido crescimento das cidades e a necessidade de alcançar longas distâncias em curtos espaços de tempo, é imperativo que as infraestruturas rodoviárias construídas respondam eficazmente às exigências dos utilizadores [2].

A construção de novas estradas traz inúmeros benefícios aos seus utilizadores nomeadamente, o aumento da acessibilidade, a facilidade de circulação e as melhorias no transporte de bens materiais. Estes benefícios promovem a redução do tempo de viagem e dos custos de combustível e proporcionam ao utilizador uma maior segurança na circulação.

Contudo, não são só benefícios que proporcionam, também geram consequências negativas, principalmente de natureza ambiental pois desde da sua fase de conceção até a fase de desativação as estradas geram diversos impactes ambientais.

No passado, quando se pretendiam construir obras rodoviárias, em particular estradas, as vertentes mais preponderantes foram sempre a económica e a durabilidade, estes sempre foram os critérios que prevaleceram, desde que assegurassem a capacidade estrutural e segurança. Atualmente, o consumo energético, a limitação dos recursos naturais e as altas emissões de gases com efeito de estufa, fazem com que as questões ambientais desempenhem um papel fundamental na tomada de decisão relativamente ao planeamento, projeto, construção, operação, manutenção e a desativação das estradas [3].

O aquecimento global antropogénico é considerado um desafio a nível ambiental, e face a este problema, conhecer a dimensão da emissão dos gases efeito de estufa resultantes de atividades humanas é extremamente importante e necessário. A atividade da construção de estradas contribui bastante para o aumento do aquecimento global devido ao alto consumo de energia utilizado, aos materiais usados e ao volume de resíduos que esta atividade gera [4].

Por isso, no projeto de uma nova estrada as emissões de gases com efeito de estufa são um indicador chave na avaliação da sustentabilidade [5].

O conceito de sustentabilidade é um dos conceitos em maior evidência atualmente, devido à consciencialização do ser humano face aos constantes impactes ambientais negativos que este provoca no planeta principalmente resultantes do setor da construção.

Surgem assim, os sistemas de avaliação da sustentabilidade que têm como propósito incentivar o setor da construção a adotar práticas mais sustentáveis e avaliar/certificar (de acordo com as áreas, critérios e parâmetros que cada sistema adota) as práticas adotadas, de modo a promover uma estrada mais sustentável.

Os sistemas de avaliação surgiram para quantificar a sustentabilidade nos edifícios, no entanto evoluíram e hoje é possível aplicar estes sistemas não só em edifícios mas também ao nível das infraestruturas rodoviárias [6].

## 1.2. Objetivos

Com a realização da presente dissertação de mestrado pretende-se aprofundar o conhecimento relativo a sustentabilidade, compreender qual o papel dos sistemas de avaliação da sustentabilidade e a sua aplicabilidade em estradas.

Em suma os principais objetivos desta dissertação são:

- Identificar quais os principais impactes ambientais resultantes da construção de uma estrada e as possíveis medidas de mitigação para minimizar esses impactes;
- Analisar o conceito de sustentabilidade na construção e a sua evolução ao longo do tempo;
- Descrição pormenorizada dos sistemas de avaliação da sustentabilidade Greenroads, CEEQUAL e LiderA, incluindo o processo de certificação e o custo associado ao mesmo;
- Comparar os três sistemas de avaliação estudados face aos critérios e parâmetros mais revelantes que cada sistema utiliza na resolução dos principais desafios da sustentabilidade.

## 1.3. Organização dos conteúdos

A presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos principais.

No presente Capítulo 1, “**Introdução**”, é feito o enquadramento temático, onde são enunciados os principais objetivos da dissertação e a descrição da estrutura do documento.

No Capítulo 2, “**As estradas**” é descrito o ciclo de vida de uma estrada, desde da fase de conceção até a fase de desativação. Também são enunciados os principais condicionantes ambientais que influenciam o traçado de uma estrada e a fase do ciclo de vida em que os

mesmos são tidos em conta. Por fim neste capítulo é ainda abordado o plano rodoviário nacional e a organização da rede rodoviária nacional.

No Capítulo 3, “**O ambiente e a construção de estradas**”, é descrito como a construção de uma estrada se relaciona com o ambiente. É abordada a temática das emissões de gases com efeito de estufa, são enunciados os principais impactes ambientais que resultam da construção de uma estrada e são propostas medidas de mitigação para reduzir esses impactes. Também são mencionados os principais métodos de avaliação de desempenho ambiental no âmbito da construção sustentável, nomeadamente a avaliação do impacte ambiental e a avaliação do ciclo de vida.

No Capítulo 4, “**Sustentabilidade na construção de estradas**”, é abordada a temática da sustentabilidade e a análise do conceito de sustentabilidade ao longo do tempo, estando resumidos os eventos e documentos de referência da união europeia que construíram a trajetória do desenvolvimento sustentável. É abordado o conceito dos três pilares da sustentabilidade ou Triple Bottom Line, é feita uma breve análise da evolução da construção tradicional até à construção sustentável e são mencionados os princípios da construção sustentável. Por fim, neste capítulo é ainda abordado o conceito de estradas sustentáveis criado por James Bryce.

No Capítulo 5, “**Sistemas de avaliação da sustentabilidade de estradas**”, são descritos ao pormenor os sistemas de avaliação escolhidos para serem abordados na presente dissertação, Greenroads, CEEQUAL e LiderA. É feita uma descrição geral de cada sistema e das principais áreas que cada um aborda. É descrito o processo de certificação e mencionado o custo de certificação associado a cada sistema de avaliação. Neste capítulo é ainda feita uma análise comparativa entre os critérios e parâmetros mais revelantes que cada sistema utiliza na resolução dos principais desafios da sustentabilidade.

No Capítulo 6, “**Conclusão**”, são apresentadas as principais conclusões retiradas após a realização da presente dissertação e são sugeridos possíveis desenvolvimentos futuros.



---

## *Capítulo 2*

### As estradas





## 2. AS ESTRADAS

### 2.1. Definição

Uma estrada é definida como sendo uma via de comunicação terrestre destinada ao trânsito de veículos, tendo como propósito assegurar a existência de uma superfície que permita a circulação de todos os veículos com segurança e comodidade em todas as condições que possam eventualmente ocorrer.

### 2.2. Organização da rede rodoviária nacional

*“Um dos fatores estruturais mais importantes para uma harmoniosa política de ordenamento do território é, sem dúvida, o modo como se encontra organizada a Rede Nacional de Estradas, o que se traduz na existência de um PLANO RODOVIÁRIO NACIONAL (PRN), que constitui o instrumento regulador das infraestruturas rodoviárias nacionais”*[7].

Até meados do século XX a rede rodoviária nacional apesar de muito extensa não conseguiu assegurar a sua principal função, que seria garantir a segurança e o conforto dos seus utilizadores, quer devido às simples características das vias, quer devido à péssima qualidade dos seus pavimentos. Para corrigir este problema foi necessário reestruturar toda a rede rodoviária nacional, fixando novas características técnicas e hierarquizando toda a rede rodoviária, e para isso foi publicado em maio de 1945 a primeira versão do Plano Rodoviário e em abril de 1948 o Regulamento das Estradas Nacionais, documentos esses que viriam a ser a base da construção rodoviária dos quarenta anos seguintes [8].

No final do século XX, a partir de 1985, com o desenvolvimento do país foi necessário rever e ajustar o plano rodoviário, tendo sido fundamental aumentar a sua densidade nas zonas fronteiriças e aumentar a acessibilidade a alguns concelhos.

Com esta nova versão foi possível reformular toda a estrutura da rede rodoviária e a jurisdição sobre as vias de comunicação.

Atualmente está em vigor o Plano Rodoviário 2000, plano este preparado para dar resposta ao desenvolvimento socioeconómico do país verificado após a adesão de Portugal à União Europeia, e que atualmente serve de base para a construção de novas infraestruturas rodoviárias, sendo também o plano orientador para obras em curso [8].

A rede rodoviária nacional, de acordo com o Plano Rodoviário Nacional, é constituída pela: Rede Nacional Fundamental, que integra os Itinerários principais (IP) e pela Rede Nacional

Complementar, que é constituída pelos itinerários complementares (IC) e pelas estradas Nacionais (EN). Em suma, um IP é uma via de comunicação que serve de apoio a toda a rede rodoviária nacional e que assegura a ligação entre os centros urbanos com os portos, aeroportos e fronteiras. Já um IC é uma via que estabelece ligações com as principais vias envolventes e de acesso nas áreas metropolitanas de Lisboa e Porto, a sua principal função é assegurar a ligação entre a rede nacional fundamental e os centros urbanos de influência concelhia infra distrital.

O PRN estima que a rede rodoviária nacional tenha uma extensão aproximada de 15 076 km de estradas e 3 000 km de autoestradas [9].

### **2.3. Condicionantes ambientais no projeto de estradas**

Quando se pretende construir uma estrada, há diversos condicionantes que influenciam o desenvolvimento do traçado da mesma, condicionantes ligados à segurança e comodidade, condicionantes ligados às características do local onde se pretende construir a estrada, condicionantes ligados aos aspetos económicos e condicionantes ambientais. Como a presente dissertação foca-se na componente ambiental, os condicionantes a seguir expostos são os condicionantes ambientais.

A qualidade de um projeto de uma infraestrutura rodoviária, quer a nível ambiental quer no seu geral, depende da incorporação das condicionantes ambientais e da aplicação de metodologias construtivas ambientalmente sustentáveis, na fase inicial do projeto [2].

Como foi referido no capítulo 2.2, as fases de estudo para uma infraestrutura rodoviária seguem uma sequência lógica: Programa preliminar, Programa base, Estudo prévio, Projeto base e Projeto de execução.

De seguida são apresentados os principais condicionantes ambientais que geralmente são considerados e as fases de estudo em que os mesmos são importantes.

Tabela 1-Principais condicionantes ambientais a considerar na fase de estudo prévio [2]

<b>Fases do projeto</b>	<b>Componentes do projeto</b>	<b>Preocupações com consequências ambientais</b>	<b>Consequências no projeto</b>
<b>Estudo prévio</b>	Estudos de tráfego	Volumes de tráfego utente	Consequências associadas às condições de circulação, largura da estrada, número de vias e perfil transversal
	Estudo geológico e geotécnico		Definição da localização do traçado em planta. Definição da rasante
	Geometria do traçado	Soluções de traçado alternativas. Traçado em perfil longitudinal	

Tabela 2-Principais condicionantes ambientais a considerar na fase do projeto base [2]

<b>Fases do projeto</b>	<b>Componentes do projeto</b>	<b>Preocupações com consequências ambientais</b>	<b>Consequências no projeto</b>
<b>Projeto base</b>	Geometria de traçado	Traçado em perfil longitudinal. Ruído	Ajustes na localização do traçado em planta e no perfil transversal

Tabela 3-Principais condicionantes ambientais a considerar na fase do projeto base [2]

<b>Fases do projeto</b>	<b>Componentes do projeto</b>	<b>Preocupações com consequências ambientais</b>	<b>Consequências no projeto</b>
<b>Projeto de execução</b>	Estudo geológico e geotécnico	Materiais de construção, volumes de terra a movimentar, estabilidade de taludes, geologia, hidrogeologia	Ajustes na localização do traçado em planta. Ajustes no perfil transversal e longitudinal

	Drenagem	Caudais de ponta de cheia, drenagem transversal e longitudinal	Ajustes nas seções de vazão e na geometria, no enquadramento paisagístico e nas necessidades faunísticas
	Pavimentação	Materiais de pavimentação, ruído, projeção de água	Ajuste no tipo de materiais de pavimentação
	Integração paisagística	Escavações, aterros, modelação e revestimento de taludes, depósitos, empréstimos	Ajustes na geometria e volumes de movimentos de terra. Escolha de locais adequados para depósitos de materiais e terras excedentes.
	Obras de arte	Materiais, revestimentos, funções ambientais	Ajustes na localização. Adaptação a passagens para fauna
	Vedações	Limitação da fauna à estrada	Dimensões das malhas, altura e localização

## 2.4. Ciclo de vida de uma estrada

O ciclo de vida de uma estrada inicia-se na conceção e perpetua-se até à desativação, como se esquematiza na Figura 1.



Figura 1-Ciclo de vida de uma estrada

A fase de conceção engloba a definição dos objetivos, estudos de viabilidade e ainda planeamento preliminar para a realização do empreendimento. Na fase de construção procede-se à concretização das obras previstas com base nos estudos e planos estabelecidos na fase anterior. A terceira fase corresponde à exploração do empreendimento, em que se consideram a gestão das obras compreendendo, entre outras, as ações de conservação, manutenção e renovação das estruturas físicas existentes, por último, a quarta fase ocorre quando a estrada deixa de cumprir as funções para a qual foi projetada [10].

### 2.4.1. Conceção

*“Os estudos e projetos a realizar para a execução de uma obra rodoviária são desenvolvidos de acordo com determinadas fases, em função da sua aplicabilidade, devendo cumprir os princípios de sustentabilidade ambiental e a demais legislação específica em vigor”*[11].

À semelhança do que se passa nas restantes áreas de Engenharia Civil, o projeto de uma estrada divide-se em: programa preliminar, programa base, estudo prévio, projeto base e projeto de execução.

#### **Programa preliminar**

Documento fornecido pelo dono da obra ao projetista onde se encontram os objetivos, a localização, as características gerais do empreendimento, o ponto inicial e final do traçado, a velocidade base e o nível de serviço que se pretende.

#### **Programa base**

Documento elaborado pelo projetista, a partir do programa preliminar, indica a viabilidade da obra e estima o custo da construção da estrada. Sendo nesta fase que se faz um primeiro

estudo rodoviário e onde são indicadas possíveis alternativas do traçado. Se for aprovado pelo dono da obra, este serve de base para o desenvolvimento das fases posteriores do projeto.

### **O estudo prévio**

Documento elaborado pelo projetista, tornando-se a primeira etapa importante do projeto, pois é nesta fase que são tomadas as decisões acerca do traçado, decisões essas que vão ser posteriormente pormenorizadas no projeto de execução. O estudo prévio tem em conta fatores como:

- normas de projeto em vigor;
- características topográficas do terreno;
- características hidrológicas e hidrogeológicas da região;
- características geológico-geotécnicas dos terrenos;
- características e condicionantes da ocupação do solo;
- impacte ambiental;
- condicionantes técnico-económicos.

### **Projeto base**

Documento a elaborar pelo projetista, que corresponde ao desenvolvimento do estudo prévio aprovado pelo Dona da obra, frequentemente, constitui uma antecipação a algumas tarefas críticas para o Projeto de Execução que se seguirá.

### **Projeto de execução**

Fase onde se desenvolve o Projeto já com traçado previamente definido e se definem completamente todos os componentes da estrada.

Estando todos os elementos acima mencionados concretizados e estabelecidos, estão reunidas todas as condições para a realização da obra [12].

## **2.4.2. Construção**

Entende-se por construção a execução de um projeto de uma obra, consiste na realização de todas as etapas, desde a fundação até ao acabamento, respeitando todas as técnicas e normas construtivas em vigor.

A construção de uma estrada é composta por um conjunto de trabalhos que se agrupam em terraplenagem, drenagem, pavimentação, obras acessórias, sinalização e segurança e obras de arte correntes e obras de arte especiais. Todos os materiais e elementos a empregar nesta etapa devem ter a qualidade, dimensões, formas e demais características definidas no caderno de encargos e nos restantes documentos contratuais.

#### **2.4.2.1. Terraplenagem**

Como foi referido anteriormente uma estrada é definida como sendo uma via de comunicação terrestre destinada ao trânsito de veículos, tendo como propósito assegurar a existência de uma superfície que permita a circulação de todos os veículos com segurança e comodidade em todas as condições que possam eventualmente ocorrer. Para garantir estas condições a superfície que se vai “desenvolver” deve ser o mais plana possível e pouco sinuosa, contudo, na maioria das vezes o terreno onde vai ser construída a estrada não o é, pelo que é necessário moldá-lo até que se obtenha uma superfície adequada e com qualidade, tirando material de um lado e depositando-o em outro. Este processo de movimentação de terras é denominado de terraplenagem.

A terraplanagem ou movimento de terras é então definida como sendo o conjunto de operações necessárias para remover as terras de locais onde esta se encontra em excesso para locais onde existe falta das mesmas, regularizando o terreno natural de acordo com o projeto a implantar.

Representa a etapa construtiva que envolve mais meios humanos, materiais e equipamentos, correspondendo normalmente à etapa construtiva mais demorada na construção de uma estrada. As terraplanagens podem incluir trabalhos preparatórios, desmatação, demolição de construções e decapagem [13].

Na fase inicial das terraplanagens é necessário que as áreas de trabalho estejam todas marcadas e é fundamental executar vias de circulação próprias para os equipamentos que vão ser utilizados, para que todo o processo decorra com a maior segurança possível, e antes de se começarem a movimentar as terras, quer seja por aterro ou por escavação, o terreno onde vai ser construída a nova estrada tem que ser limpo, todas as árvores, raízes e outras folhagens devem ser retiradas [14].

#### **2.4.2.2. Drenagem**

No decorrer da execução das terraplenagens, alguns dos aterros incidem sobre linhas de água, como é necessário garantir a continuidade desses cursos de água após a construção da estrada, é necessário colocar dispositivos que visam dar continuidade a esses curso de água. É também necessário afastar a água que cai ou percola na zona da estrada da estrada através de dispositivos de drenagem superficial ou interna. O conjunto dos dispositivos constituem o sistema de drenagem de uma estrada

Com a execução da drenagem pretende-se garantir a continuidade do sistema natural existente de modo que as águas, pluviais e internas, que atingem a zona ocupada pela obra, não afetem a segurança dos utilizadores nem comprometam a capacidade estrutural da mesma [11].

A drenagem pode ser executada de duas formas: longitudinalmente e transversalmente.

A drenagem longitudinal tem como objetivo transportar as águas que incidam sobre a plataforma da estrada, assegurando o escoamento da água para fora da mesma. Os elementos da drenagem longitudinal são instalados paralelamente ao eixo da estrada.

A drenagem transversal tem como finalidade minimizar os impactos do escoamento natural das linhas de água bem como repor as mesmas. Os elementos utilizados neste tipo de drenagem são na maior parte das vezes peças circulares pré-fabricadas em betão armado ou metálicas (conforme definidas no projeto de execução) [11].

#### **2.4.2.3. Pavimentação**

Depois de todas as terraplenagens estarem concluídas, é obtida uma superfície plana formada pelos solos, mas que ainda não tem a capacidade de resistência adequada às cargas que os veículos vão exercer nem às ações atmosféricas (por exemplo água das chuvas) que nela vão incidir. A superfície resultante das terraplanagens é complementada com a colocação de um pavimento rodoviário, que tem como função garantir uma superfície de rolamento que permita a circulação de veículos de forma segura, cómoda e económica durante a sua vida útil. É escolhido em função de vários parâmetros, tais como [14]:

- Intensidade de tráfego;
- Tipo de tráfego;
- Velocidade máxima permitida;
- Clima predominante na zona onde vai ser implantada a estrada.



Existem três categorias de pavimentos rodoviários em função dos materiais e da sua deformabilidade: pavimentos flexíveis, pavimentos rígidos e pavimentos Semi-rígidos.

Os pavimentos flexíveis, como se pode observar na figura 5, são pavimentos cuja camada de desgaste (camada superior) é constituída por uma mistura betuminosa, ou seja, formada por materiais estabilizados com ligantes hidrocarbonetos, por exemplo o betume asfáltico, e as camadas subjacentes em material granular. Em Portugal é o tipo de pavimento rodoviário mais utilizado [15].

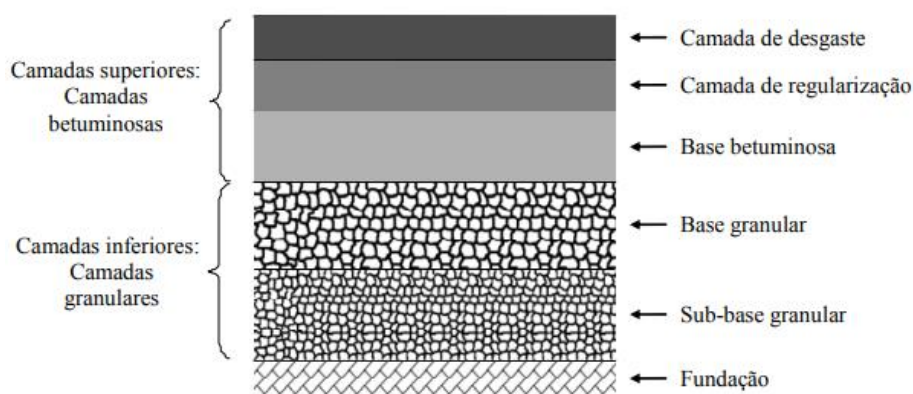


Figura 2-Estrutura de um pavimento flexível [16]

Os pavimentos rígidos são pavimentos cuja camada de desgaste é em betão de elevada resistência, por exemplo cimento Portland, e cujas camadas subjacentes são constituídas por material granular.

Os pavimentos Semi-rígidos apresentam características comuns aos dois tipos de pavimentos acima citados, sendo constituídos por uma ou duas camadas superficiais em misturas betuminosas, uma camada constituída em betão (camada base), sendo esta camada o principal elemento estrutural deste tipo de pavimentos, e pode ou não ter uma camada granular na sub-base [16].

#### 2.4.2.4. Obras acessórias

As obras acessórias incluem os trabalhos que apesar de não integrarem os trabalhos rodoviários principais, são importantes para a concretização de uma adequada proteção e integração paisagística das obras e para que sejam garantidas todas as condições de segurança. Estas dependem do tipo e dimensão da obra, fazendo parte destas obras acessórias a integração paisagística, a vedação da zona da estrada, a execução de caminhos paralelos, a

reposição dos diversos serviços de interesse público afetados ou a construção de novos serviços e a instalação de barreiras acústicas, de iluminação e telecomunicações [11].

#### **2.4.2.5. Equipamentos de sinalização e segurança**

Incluem-se aqui todos os trabalhos e dispositivos indispensáveis para a garantia de todas as condições de segurança de circulação, ou seja, a sinalização, a demarcação, e os equipamentos específicos normalmente utilizados em zonas do traçado cuja perigosidade justifica um tratamento particular [17].

Existem os dispositivos que evitam ou minimizam as consequências dos despistes, tais como as guardas de segurança rígidas executadas “in situ” ou pré-fabricadas que podem ser de betão ou metálicas e guardas para proteção.

Por outro lado, existem os dispositivos de sinalização que fornecem ao condutor indicações de como a condução deve ser feita e orientações para que o condutor chegue ao seu destino em segurança. Existe a sinalização vertical de código e de informação formadas por painéis dispostos verticalmente e a sinalização horizontal formada pelas marcas longitudinais, triângulos de cedência de prioridade entre outros.

E por último existem os dispositivos que servem de apoio aos condutores, que garantem a segurança dos mesmos, os mais utilizados são os “postos SOS”.

#### **2.4.2.6. Obras de arte**

A passagem de cursos de água ou de outras estradas implica muitas vezes a necessidade de construção de estruturas que permitam a articulação e continuidade destes com a estrada a construir, estas estruturas são designadas de obras-de-arte.

As obras de arte rodoviárias dividem-se em passagens superiores, passagens inferiores, passagens agrícolas e passagens hidráulicas especiais, denominadas de obras de arte integradas, e obras de arte especiais (viadutos e pontes). Estas estruturas são classificadas pelo projetista e devem ser dimensionadas tendo em consideração as condicionantes locais, geotécnicas e de traçado [11].

### 2.4.3. Operação

Após a fase de construção estar concluída a via entra em serviço, no entanto com o decorrer do tempo a nova estrada pode sofrer intervenções de:

**Conservação**-Aqui estão incluídas tarefas simples e que normalmente são feitas num curto espaço de tempo, como por exemplo a limpeza da via, reparações nos pavimentos, manutenção, substituição de vedações, contenção de taludes, entre outros;

**Emergência**-Trabalhos de reparação urgentes, reconstrução de vias que tenham sido obstruídas devido por exemplo a fenómenos meteorológicos que coloquem a segurança dos utilizadores em risco;

**Remodelação**-Trabalhos que não alterem o traçado inicial da via, um exemplo disso será quando é preciso trocar o pavimento ou quando é necessário melhorar o sistema de drenagem ou quando se pretende alargar o número de vias.

### 2.4.4. Desativação

A fase de desativação ocorre quando as estradas deixam de cumprir as funções para as quais foram projetadas e quando todos os trechos das mesmas foram encerrados, sendo a última etapa do ciclo de vida das infraestruturas. A desativação de uma estrada só ocorre quando há uma outra estrada que a substitua.



## *Capítulo 3*

---

### O ambiente e a construção de estradas



### 3. O AMBIENTE E A CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS

A construção de infraestruturas rodoviárias tem vindo a crescer exponencialmente, assumindo um papel importante na sociedade. Devido à sua natureza este tipo de projeto abrange uma grande área geográfica provocando inúmeras perturbações no ambiente recetor.

#### 3.1. Emissões de gases com efeito de estufa nas infraestruturas rodoviárias

Uns dos principais desafios a enfrentar atualmente são as alterações climáticas e o aumento da poluição, devido aos efeitos negativos que afetam todos os seres vivos do planeta. Uma das principais causas destes desafios é a emissão de gases com efeito de estufa.

Os Gases com Efeito Estufa (GEE) são gases que absorvem uma parte dos raios solares e os redistribuem em forma de radiação na atmosfera, impedindo que estes se dissipem para o espaço aumentando a temperatura do planeta, provocando um fenómeno chamado efeito de estufa, que dá origem ao aquecimento global e provoca as alterações climáticas.

Os principais GEE que estão mencionados no protocolo de Quito são o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), entre outros, sendo o mais relevante o dióxido de carbono. Em Portugal o dióxido de carbono corresponde a 76% do total das emissões nacionais devido à importância do setor da energia e o uso excessivo dos combustíveis fósseis [18].

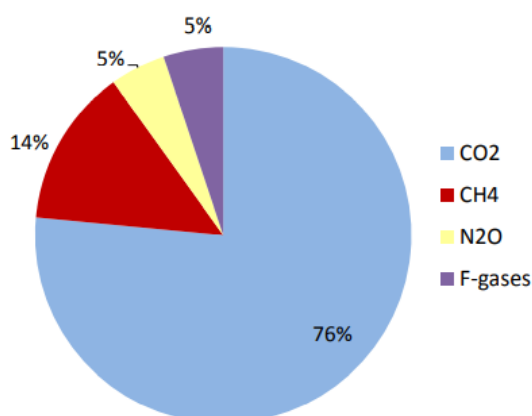


Figura 3-Emissões nacionais por gás em 2018 [18]

O desenvolvimento socioeconômico dos países, combinado com o crescimento populacional, tem levado à aceleração do uso dos recursos naturais. Um dos pontos críticos neste sentido é o aumento exponencial da concentração dos GEE na atmosfera, muito acima da capacidade de

assimilação do planeta. Isto faz com que a temperatura superficial terrestre esteja a aumentar gradualmente desde 1975.

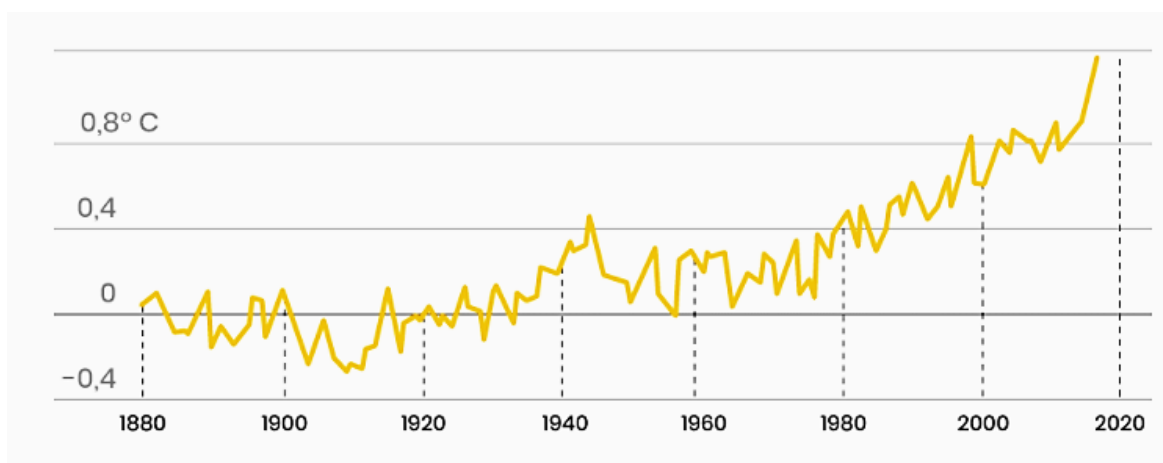


Figura 4-Aumento da temperatura superficial terrestre [19]

O aumento da temperatura está a provocar impactes em todo planeta, muitos deles irreversíveis e que podem piorar se não forem tomadas medidas urgentes. Os glaciares estão a derreter a um ritmo acelerado o que faz com o que nível de água dos oceanos suba, a biodiversidade está a sofrer e os fenómenos extremos estão a ocorrer cada vez com mais frequência.

As alterações climáticas são aceleradas pelas emissões de gases com efeito estufa e o setor da construção civil contribui com um terço destas emissões que estão associadas a extração de matérias-primas usadas nos materiais de construção, aos processos de fabricação dos materiais, à energia despendida durante o ciclo de vida de uma obra e na manutenção da mesma e a desflorestação.

A nível mundial estima-se que o sector da construção civil seja responsável por 30% das emissões de GEE, 40% do consumo anual mundial de energia, 12% do consumo de água doce anual e 40% da geração mundial de resíduos sólidos [20].

A nível nacional de acordo com o Inventário Nacional de Emissões de 2020, relativo ao ano 2018, cerca de 72% das emissões nacionais provinham do setor da energia, nomeadamente dos transportes.



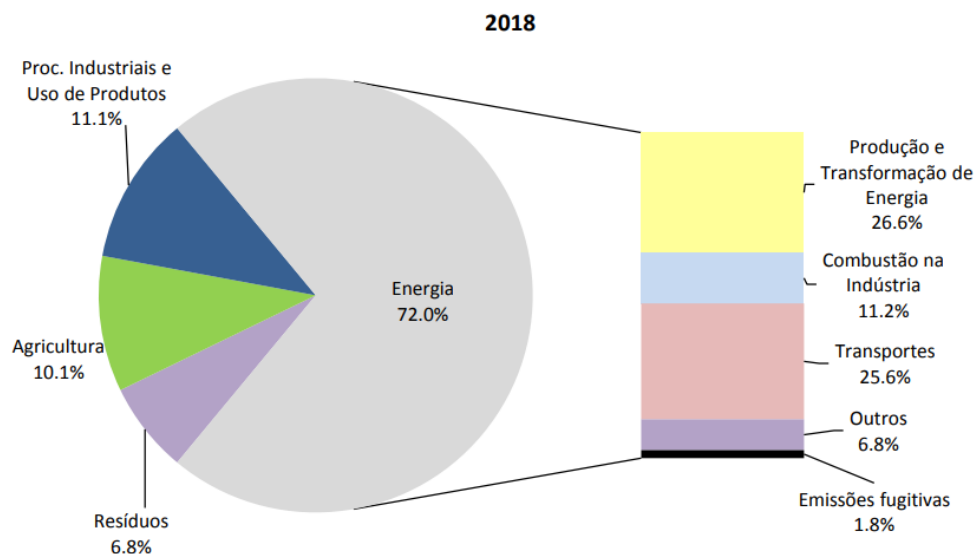


Figura 5-Emissões de Dióxido de carbono por sector relativas ao ano de 2018 [18]

A estabilização da concentração de GEE na atmosfera, para um nível em que se torne possível evitar a intervenção antropogénica sobre o sistema climático natural é, na atualidade, um dos principais objetivos das nações mundiais.

A aprovação do Protocolo de Quioto na Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas (CQNUAC), em 1997, foi e é até a data o único tratado jurídico que pretende limitar as emissões de gases com efeito de estufa dos países desenvolvidos, onde foram estabelecidas metas de redução de emissões gases com efeito de estufa. Entrou em vigor no ano de 2005.

No âmbito deste Protocolo, Portugal no ano 2016, comprometeu-se a atingir a neutralidade carbónica até ao ano de 2050, alcançando um balanço neutro entre as emissões de GEE e o sequestro de carbono e para isso o país terá de reduzir as suas emissões em mais de 85% comparando com as emissões de 2005 e ter uma capacidade de sequestro de carbono de 12 milhões de toneladas [21].

Para atingir a neutralidade carbónica é necessário que ocorra uma grande mudança ao nível do consumo energético, sendo esta umas das metas apresentadas no Plano Nacional de Energia e Clima (PNEC). Portugal apresentou o PNEC à Comissão Europeia para o ano horizonte 2030, que, apesar deste plano ser uma exigência comunitária a nível europeu, vai de encontro as metas que o governo português estabeleceu para as áreas de energia e clima [21]. Dos objetivos estabelecidos no PNEC para a União Europeia destacam-se os seguintes [22] :

Tabela 4-Objetivos estabelecidos no PNEC a nível europeu [22]

<b>Pacote Energia</b>	<b>Pacote Clima</b>
Prioridade à eficiência energética; Liderança mundial em energia de fontes renováveis; Condições equitativas para os consumidores	Descarbonização da economia; Redução das emissões de gases com efeito de estufa; Potenciar o contributo dos sumidouros de carbono

De modo a alcançar a neutralidade carbónica em 2050 e em linha com as metas estabelecidas pela união europeia, Portugal estabeleceu as seguintes metas para o horizonte 2030 [22]:

- Reduzir as emissões de gases com efeito de estufa entre 45% a 55% face a 2005;
- Aumentar em 47% o uso de fontes de energia renováveis.

### **3.2. Impactes ambientais das estradas**

De acordo com o Decreto-Lei nº 69/2000, um impacte ambiental é definido como sendo um *“conjunto das alterações favoráveis e desfavoráveis produzidas em parâmetros ambientais e sociais, num determinado período de tempo e numa determinada área (situação de referência), resultantes da realização de um projeto, comparadas com a situação que ocorreria, nesse período de tempo e nessa área, se esse projeto não viesse a ter lugar”*.

Os impactes ambientais resultantes da construção de uma estrada são expectáveis em diferentes fases da obra, assim como a sua natureza e significância, não podendo ser determinados anteriormente visto que variam com o projeto.

Nesse contexto, os impactes ambientais decorrem não só no momento de construção, mas também na fase de operação (incluindo manutenção) até a fase de desativação. Na fase de conceção os impactes ambientais são praticamente inexistentes quando comparados com as restantes fases, pois estão relacionados apenas com consumo de energia gasto em transportes para deslocações ao local onde irá ser construída a estrada.

Os impactes ambientais mais significativos ocorrem na fase de construção e revelam-se ao nível do solo e usos do solo, consumo elevado de matérias-primas, recursos hídricos e qualidade da água, ambiente sonoro, qualidade do ar, paisagem, ordenamento do território e socioeconómica [10].

Como foi mencionado anteriormente não é só na fase de construção que surgem impactes ambientais, mas é nesta fase que os impactes ambientais são mais evidentes.

Na tabela seguinte encontram-se resumidos os principais impactes ambientais a considerar na fase de construção de uma estrada (baseado em Oliveira,2008 [2]) .

Tabela 5-Resumo dos principais impactos ambientais resultantes da fase de construção de uma estrada

<b>Componente do Ambiente</b>	<b>Impacte ambiental</b>
<b>Geologia e Geomorfologia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Destruição das formações geológicas</li> <li>▪ Alterações geomorfológicas (obras de terraplenagem)</li> <li>▪ Alteração do escoamento natural e do nível freático</li> <li>▪ Aumento de processo erosivo</li> <li>▪ Dificuldade de estabilização de taludes</li> </ul>
<b>Uso do Solo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Redução da produtividade dos solos</li> <li>▪ Aumento da erosão</li> <li>▪ Deposição de materiais</li> <li>▪ Contaminação dos solos</li> </ul>
<b>Recursos hídricos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Afetação do nível freático</li> <li>▪ Contaminação das águas superficiais e subterrâneas</li> <li>▪ Barreira ao escoamento natural</li> <li>▪ Alteração da qualidade da água</li> </ul>
<b>Fauna e Flora</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Modificação ou destruição de habitats naturais</li> <li>▪ Afetação de áreas de reserva agrícola</li> </ul>
<b>Ambiente sonoro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Poluição sonora</li> <li>▪ Vibrações</li> </ul>
<b>Qualidade do ar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aumento da concentração de poeiras</li> <li>▪ Emissões de GEE e outros gases nocivos</li> </ul>
<b>Planeamento, gestão do território e saúde</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Danos de elementos patrimoniais</li> <li>▪ Condicionamentos de acesso no local da obra</li> <li>▪ Condicionamentos à atividade das comunidades locais e danos na saúde humana</li> </ul>

### 3.3. Medidas de mitigação dos impactes ambientais

Face aos impactes ambientais que decorrem na fase de construção, estão enunciadas na tabela seguinte, algumas medidas de mitigação que se podem adotar na fase de projeto de forma a reduzir esses impactes (baseado em Oliveira,2008 [2]).

Tabela 6-Possíveis medidas de mitigação para reduzir os impactes ambientais decorrentes da fase de construção

<b>Componente do Ambiente</b>	<b>Medida de mitigação</b>
<b>Geologia e Geomorfologia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Revestir taludes com vegetação</li> <li>▪ Utilizar estruturas de contenção</li> <li>▪ Estudo geológico e geotécnico orientados para a otimização de recurso</li> <li>▪ Realizar integração paisagística</li> </ul>
<b>Uso do Solo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reduzir a produção de materiais excedentes</li> <li>▪ Diminuir as alturas das terraplenagens e taludes</li> <li>▪ Definir local para depositar materiais sobrantes</li> <li>▪ Revestimentos de solo</li> </ul>
<b>Recursos hídricos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Limpeza das linhas de água</li> <li>▪ Proibição de descargas de materiais poluentes</li> <li>▪ Controlar velocidade de escoamento</li> </ul>
<b>Fauna e Flora</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Limitar a área de desmatção</li> <li>▪ Proteger espécies em risco</li> <li>▪ Criar passagens faunísticas</li> <li>▪ Plantar vegetação nos limiões da via (para criar efeito barreira)</li> </ul>
<b>Ambiente sonoro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Implementar medidas de minimização de ruído</li> <li>▪ Limitação de velocidade</li> <li>▪ Colocação de pavimento poroso</li> </ul>
<b>Qualidade do ar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Colocação de toldes nos camiões de transporte e manutenção periódica dos mesmos</li> <li>▪ Processos construtivos menos poluentes do ar</li> </ul>
<b>Planeamento, gestão do território e saúde</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Acompanhamento arqueológico ao longo de toda a obra</li> <li>▪ Estaleiro próximo da obra</li> <li>▪ Minimizar as perturbações às comunidades locais</li> </ul>

### **3.4. Avaliação do desempenho ambiental**

As infraestruturas rodoviárias trazem inúmeros benefícios aos seus utilizadores entre elas, o aumento da acessibilidade, facilidade de circulação das pessoas e as melhorias no transporte de bens materiais, no entanto contribuem e muito para a pegada ambiental, durante o seu ciclo de vida. Torna-se necessário realizar uma avaliação ambiental dos impactos que as estradas provocam.

Existem diversos sistemas de avaliação do desempenho ambiental de uma estrada que servem de apoio à implementação de práticas e soluções mais sustentáveis. A fase inicial de um projeto, fase de conceção, é muito importante pois é nesta fase que se adotam as soluções mais sustentáveis. Estes métodos de avaliação de desempenho ambiental abordam os três pilares da sustentabilidade referidos anteriormente: o económico, o ambiental e o social, no entanto o ambiental, nesta temática é o que é tido como mais importante.

No âmbito da construção sustentável os principais métodos de avaliação de desempenho ambiental são [23]:

- Avaliação do impacte ambiental, que se foca nos projetos públicos ou privados;
- Avaliação do ciclo de vida, que se foca nos materiais.

#### **3.4.1. Avaliação do impacte ambiental**

A avaliação do impacte ambiental (AIA) é um instrumento de carácter preventivo da política do ambiente e ordenamento do território, cujo objetivo principal é a recolha de informação, identificação e previsão dos efeitos ambientais em projetos, bem como a identificação e proposta de medidas que evitem, minimizem ou compensem esses efeitos [24].

Em Portugal o sistema de Avaliação de Impacte Ambiental foi introduzido em 1990, com a entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 186/90, de 6 de junho e do Decreto Regulamentar n.º 38/90, de 27 de novembro, sendo depois complementado pela Portaria n.º 590/97, de 5 de agosto, e alterado pelo Decreto-Lei n.º 278/97, de 8 de outubro, e pelo Decreto Regulamentar n.º 42/97, de 10 de outubro.

A publicação do Decreto-Lei n.º 69/2000, de 3 de maio que transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 85/337/CEE, com as alterações introduzidas pela Diretiva n.º 97/11/CE, do Conselho de 3 de março de 1997, teve como principal objetivo corresponder às atuais exigências da Comunidade Europeia, e veio revogar toda a legislação anterior.

O Decreto-Lei n. °69/2000 identifica como objetivos fundamentais da AIA:

- Avaliação dos possíveis impactes no ambiente natural e social no projeto a que é submetida;
- Adotar medidas destinadas a evitar, minimizar ou compensar esses impactes negativos dos projetos;
- Garantir a participação pública no processo de tomadas de decisão;
- Acompanhamento e a avaliação à *posteriori* dos efeitos dos projetos executados sobre o ambiente.

De acordo com o decreto, estão sujeitas a AIA a construção de autoestradas e de estradas destinadas ao tráfego motorizado, com duas faixas de rodagem, com separador que tenham pelo menos duas vias cada e a construção de itinerários principais e complementares com troços superiores a 10km [25].

O procedimento de uma avaliação de impacte ambiental, estipulado de acordo com o mesmo decreto é constituído por 6 etapas:

- 1. Seleção de projetos:** São definidas quais as ações que devem ser sujeitas a AIA, ou seja, situações que tenham consequências ambientais. São considerados vários critérios, como por exemplo a área ocupada, a dimensão do projeto, sensibilidade da área da localização.
- 2. Definição do âmbito do estudo de impacto ambiental (EIA):** Fase que procede a realização do EIA, e é fundamental para o desenvolvimento do processo de uma AIA pois garante a qualidade do EIA embora seja uma fase facultativa. É nesta fase que se identificam e se selecionam os problemas ambientais mais relevantes que possam ser afetados por potenciais impactes ambientais resultantes do projeto.
- 3. Estudo do impacte ambiental:** Estudo onde são identificados e apresentados todos os impactes ambientais, quer impactes negativos quer positivos, e medidas de mitigação para evitar e minimizar os impactes ambientais identificados. O EIA deve ser realizado na fase de estudo prévio.
- 4. Apreciação técnica do estudo de impacte ambiental:** Tem como objetivo analisar o estudo do impacte ambiental do ponto de vista técnico para verificar se não há omissões no mesmo e proceder à redação da declaração de conformidade do mesmo;

5. **Decisão final:** Consiste na aprovação ou rejeição do projeto, com base na ocorrência de impactes ambientais do mesmo;
6. **Pós-avaliação:** Permite atestar o cumprimento dos termos e condições de aprovação de um projeto, contemplando a realização de programas de monitorização e auditorias

Estas etapas são parte fundamental dos estudos de viabilidade, planeamento e conceção da avaliação do impacte ambiental.

### 3.4.2. Avaliação do ciclo de vida

A avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma metodologia que avalia o desempenho ambiental de um produto ou processo durante todo o seu ciclo de vida. Quantifica as emissões e fluxos de energia de um produto ou processo permitindo quantificar e avaliar os impactos ambientais dos produtos e materiais utilizados possibilitando conhecer qual a solução mais sustentável [26].

De acordo com a Norma ISO14040: *Gestão ambiental-Avaliação do Ciclo de Vida-Princípios e enquadramento*, a Avaliação do ciclo de vida está dividida em 4 fases: definição do objetivo e do âmbito, inventário, avaliação de impacte e interpretação.

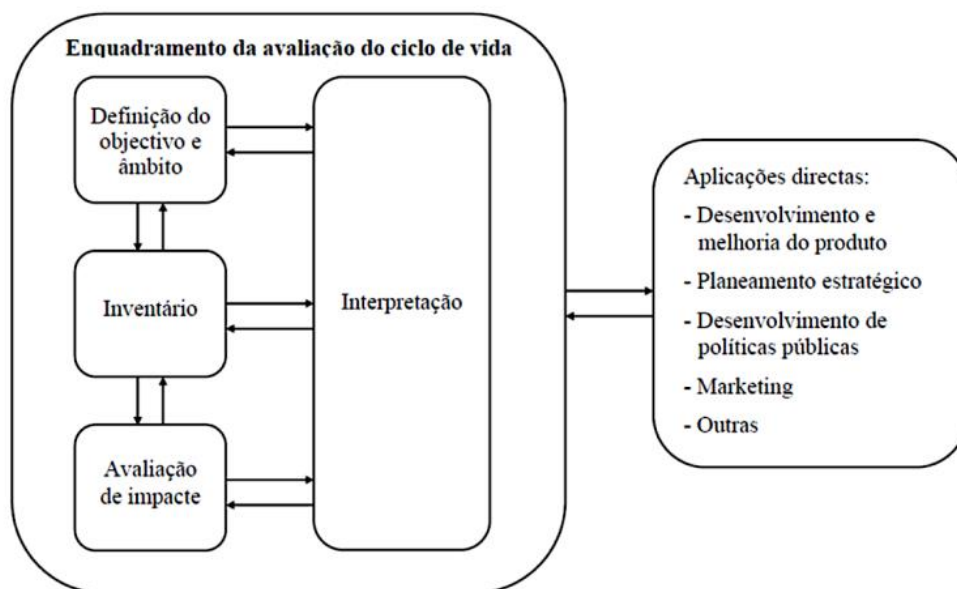


Figura 6-Fases de implementação da ACV, segundo a norma ISO 14040:2006



### **Definição do objetivo e do âmbito**

Fase onde é definido o produto, processo ou atividade que é sujeita a ACV, o objetivo da avaliação e o tipo de avaliação dos impactes ambientais.

Em suma os aspetos principais a serem verificados nesta fase são os seguintes [26]:

- Objetivos e âmbito do projeto;
- Público-alvo do estudo;
- Fases do ciclo de vida que constituem o produto ou processo que está a ser avaliado, e a sua importância para o objetivo;
- Unidade funcional e as condições de fronteira;
- Metodologia para a avaliação dos impactes ambientais e o consumo de materiais primas em cada fase do ciclo de vida.

### **Inventário**

Fase que engloba a recolha e descrição dos dados para determinação das entradas e saídas do sistema de produto. Um inventário do ciclo de vida permite quantificar as matérias-primas e energia necessária, emissões atmosféricas, água, e resíduos sólidos produzidos durante o ciclo de vida de um produto ou processo que não envolva a recolha de todos os dados necessários para serem atingidos os objetivos do estudo definido [26].

### **Avaliação do impacte**

Fase que avalia os efeitos ambientais da utilização dos recursos identificados no inventário: matérias-primas, energia necessária, água e resíduos sólidos. Os principais impactes ambientais analisados pela metodologia ACV são: consumo de recursos não renováveis, consumo de água, geração de resíduos, uso do solo, poluição do ar, afetação dos habitats, toxicidade para os ecossistemas, entre outros [27].

### **Interpretação**

É considerada a fase mais importante da ACV, pois examina os resultados obtidos no inventário e na avaliação de impacte ambiental em conjunto, de forma a verificar quais os materiais e processos produzem mais impactes ambientais.



## *Capítulo 4*

---

# Sustentabilidade na construção de estradas



## **4. SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS**

Com o aumento da população mundial e conseqüentemente o aumento do ambiente construído, o consumo de recursos naturais está a ser demasiado o que provoca muitos impactes ambientais negativos, assim, as questões ambientais estão cada vez mais a ser consideradas na fase de projeto, de modo a serem encontradas medidas de mitigação para reduzir ou até eliminar futuros impactes ambientais.

Com a necessidade da construção acompanhar o crescimento populacional é necessário mobilizar recursos, contudo, tal exploração provoca os impactes ambientais que anteriormente já foram referidos. Assim, é urgente procurar um equilíbrio entre os materiais que são necessários para construir uma obra e o consumo excessivo de recursos naturais [28].

Deste modo é necessário alcançar a sustentabilidade para garantir um bom desempenho ambiental na construção de uma estrada em todas as fases do ciclo de vida, adotando medidas sustentáveis necessárias, pois todas as fases estão interligadas.

Com a necessidade de se encontrar o equilíbrio entre o consumo e a necessidade de recursos naturais surgiu o conceito de Construção Sustentável, que tem como princípio garantir a necessidade gerir o consumo de recursos de uma forma sustentável utilizando técnicas e métodos de construção que minimizem os futuros impactes ambientais.

Optando por um projeto sustentável preservar-se-á os recursos naturais melhorando a qualidade de vida não só na nossa geração, mas também nas futuras gerações. Assim para que as próximas gerações não sejam afetadas é necessário que todos os recursos sejam utilizados de maneira racional, de modo a não exceder a capacidade de regeneração do planeta.

### **4.1. Uma breve cronologia da evolução do conceito de sustentabilidade e de desenvolvimento sustentável**

O conceito de sustentabilidade é um conceito muito subjetivo pois ao longo dos anos tem evoluído e mudado. No entanto foi de extrema importância esta evolução pois significou que a sociedade começou a tomar consciência de que as atividades humanas estavam a provocar impactes ambientais irreversíveis que afetariam a vida de todos os seres vivos.

Até aos anos 70, o conceito de sustentabilidade focava apenas na vertente económica, as questões ambientais eram totalmente desprezadas, e só em junho de 1972 na conferencia das Nações unidas, realizada em Estocolmo, é que se começaram a dar os primeiros passos

referentes às questões ambientais, onde foi adotado o Primeiro Programa de ação em matéria de ambiente, que esteve em vigor de 1973-1976.

Até 1983 foram aprovados três programas de ação em matéria de ambiente, todos tinham os mesmos princípios que era limitar a poluição da atmosfera e da água através da introdução de normas mínimas, ou seja, até essa data a única medida que os países estavam a tomar para proteger o ambiente era diminuir a poluição [11].

A grande mudança ocorreu a 17 de fevereiro de 1986, onde foi introduzida a primeira base jurídica da política ambiental com a aprovação do Ato Único Europeu (AUE), que decretou como principais objetivos preservar a qualidade do ambiente, proteger a saúde humana e assegurar uma utilização racional dos recursos naturais.

Já o conceito de desenvolvimento sustentável surgiu em 1987 com a publicação do Relatório Brundtland, documento intitulado de “Our common Future” - O Nosso futuro comum, no qual foi definido como sendo “*o desenvolvimento que satisfaz as necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras para satisfazerem as suas próprias necessidades*” [23]. A adoção de medidas de defesa ambientais passaram a ser integradas na economia, tornando-se um dos principais objetivos do desenvolvimento sustentável. Para evitar destruições ambientais e alterações climáticas, o relatório estabeleceu metas que deveriam ser seguidas por todos os países, entre elas:

- Limitar o crescimento populacional;
- Garantir recursos básicos (água, alimentos, energia) a longo prazo;
- Preservar a biodiversidade e os ecossistemas;
- Diminuir o consumo de energia;
- Desenvolvimento de tecnologias que usassem fontes de energia renováveis;
- Aumentar a produção industrial nos países não industrializados, utilizando as tecnologias ecológicas;
- Controlar as urbanizações desordenadas.

A realização da conferência de Estocolmo e a publicação do Relatório de Brundtland impulsionaram a ocorrência de um marco importante relativamente as questões ambientais e desenvolvimento sustentável, em 1992 realizou-se a conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e Desenvolvimento (Eco-92), onde foi assinado por 179 países, um documento intitulado de Agenda 21/Cimeira da Terra, documento esse que teve como propósito guiar os

países para que estes adotassem medidas de proteção ambientais, conciliando-as com o desenvolvimento económico e social. Foi a partir deste momento que as preocupações ambientais deixaram de se focar no controlo da poluição e passaram a focar-se na sua prevenção. Temas como a conservação da biodiversidade, destruição das florestas, a desertificação também foram abordados nesta conferência [29].

No entanto em 1997, o Earth Council divulgou que na década de 80 a humanidade começou a usar recursos de forma excessiva ultrapassando em cerca de 20% a capacidade de suporte global do planeta, ou seja, atingiu-se um ponto em que o consumo dos recursos naturais estava a ser superior à capacidade de renovação destes. Foi necessário adotar um consumo racional e consciente dos recursos naturais o que aconteceu no início da década 90 como se pode verificar na figura seguinte [23].

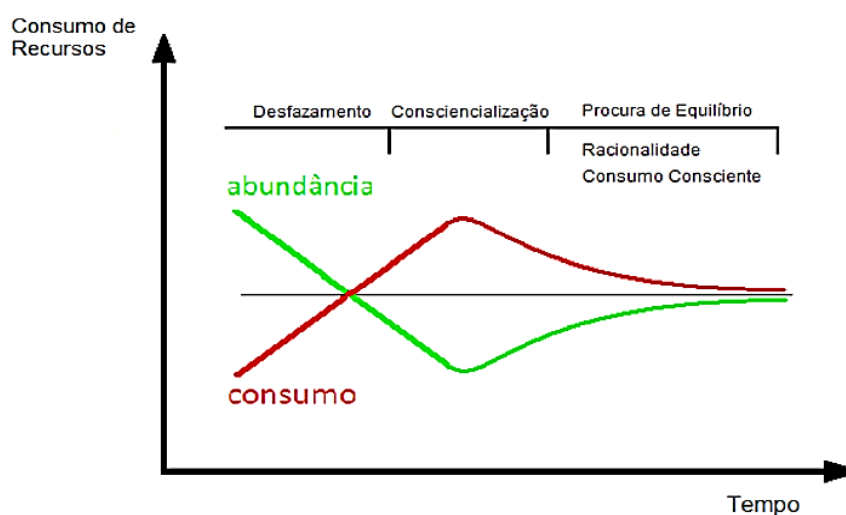


Figura 7-Procura de equilíbrio no consumo de recursos naturais [28]

No início da década 20 a assembleia geral das Nações Unidas aprovou um documento intitulado de “Declaração do milénio” no qual foram estipulados oito objetivos de desenvolvimento sustentável a adotar durante um período 15 anos (2000-2015).



Figura 8-Objetivos do desenvolvimento do milénio

Sendo os objetivos de desenvolvimento do milénio (ODM) os seguintes:

- [1]. Reduzir para metade a pobreza e a fome;
- [2]. Alcançar o ensino primário universal;
- [3]. Promover a igualdade de género;
- [4]. Reduzir em dois terços a mortalidade infantil;
- [5]. Reduzir em três quartos a taxa de mortalidade materna;
- [6]. Combater doenças graves;
- [7]. Garantir a sustentabilidade ambiental;
- [8]. Criar uma parceria mundial para o desenvolvimento

Em 2001 foi aprovado o sexto programa de ação em matéria de ambiente intitulado “Environment 2010: Our future, Our choice “-Ambiente 2010: Nosso futuro, nossa escolha, que esteve em vigor de 2002-2012. Este programa definiu como prioridades da União europeia, quatro domínios [30]:

- Mudanças climáticas;
- Biodiversidade;
- Ambiente e saúde;
- Gestão sustentável dos recursos e dos resíduos.

Um dos principais desafios deste programa foi relativo às alterações climáticas, pois era necessário reduzir as emissões de gases com efeito de estufa para um nível que não provocassem alterações no clima da Terra.

Em 2002, foi organizada em Joanesburgo a cúpula mundial sobre o desenvolvimento sustentável coordenada pela organização das Nações Unidas (ONU), que teve como propósito verificar se os objetivos e metas propostas na agenda 21 estavam a ser cumpridos. Também foi nesta declaração política que foi aplicado o conceito de desenvolvimento sustentável, criado por John Elkington em 1994, que era constituído por 3 pilares fundamentais: o desenvolvimento económico, o desenvolvimento ambiental e o desenvolvimento social, também denominado de “Os três pilares da sustentabilidade” ou “Triple Bottom Line”, cuja temática será aprofundada no capítulo 4.2.



Em 2013 entrou em vigor o sétimo programa da ação em matéria do ambiente denominado de “Living well, within the limits of Our planet - viver bem, dentro dos limites do nosso planeta” e esteve em vigor até final de 2020. Este programa definiu nove objetivos principais [31]:

- [1]. Proteger, conservar e reforçar o capital natural da União Europeia (UE);
- [2]. Tornar a UE numa economia Hipo carbónica, eficiente na utilização dos recursos, verde e competitiva;
- [3]. Proteger os cidadãos da UE contra pressões de carácter ambiental e riscos para a saúde e o bem-estar;
- [4]. Maximizar os benefícios da legislação da UE relativo ao ambiente através da melhoria da respetiva aplicação;
- [5]. Melhorar a base de conhecimentos sobre ambiente e alargar a fundamentação para as políticas;
- [6]. Assegurar investimentos para a política relativa ao ambiente e ao clima e considerar os custos ambientais de quaisquer atividades da sociedade;
- [7]. Integrar melhor as preocupações ambientais noutras áreas da política e assegurar coerência ao criar uma nova política;
- [8]. Tornar estas cidades da UE mais sustentáveis;
- [9]. Ajudar a UE a abordar o ambiente Internacional e as alterações climáticas de forma mais eficiente.

Estes objetivos foram estipulados de modo a ser possível alcançar a sustentabilidade em 2050. Em setembro de 2015, foi aprovada pelas Nações Unidas a nova agenda 2030 do desenvolvimento sustentável, intitulada de “*Transformando o nosso Mundo: a Agenda para o Desenvolvimento sustentável de 2030*”, que tem um período de validade também de 15 anos (2015- 2030). Este documento tem como principais objetivos melhorar os ODM estipulados em 2000 na Declaração do milénio. Assim em vez dos 8 ODM passaram a vigorar 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) [32].



Figura 9-Objetivos do desenvolvimento sustentável estipulados na Agenda 30

Sendo os ODS os seguintes [33]:

- [1]. Acabar com a pobreza no mundo
- [2]. Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e promover uma agricultura sustentável;
- [3]. Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar de todas as pessoas;
- [4]. Garantir uma educação de qualidade para todos;
- [5]. Alcançar a igualdade de género;
- [6]. Disponibilizar água e saneamento para toda a população;
- [7]. Assegurar energias sustentáveis;
- [8]. Promover o crescimento económico sustentável;
- [9]. Construção de infraestruturas resilientes e promoção da indústria sustentável;
- [10]. Reduzir a desigualdade dentro de países;
- [11]. Tornar as cidades seguras e sustentáveis;
- [12]. Assegurar padrões de produção e consumo sustentáveis;
- [13]. Adoção de medidas urgentes para combater as alterações climáticas
- [14]. Conservar e usar os oceanos, mares e recursos marinhos de maneira sustentável;
- [15]. Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação e parar a perda da biodiversidade;

[16]. Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos;

[17]. Criar uma parceria mundial para o desenvolvimento.

Os objetivos de desenvolvimento sustentável abordam os 3 pilares do desenvolvimento sustentável referidos anteriormente: o económico, o social e o ambiental, promovendo o crescimento económico adotando padrões de consumo sustentáveis. Estes ODS focam essencialmente em 5 grandes áreas, conhecidas também com os 5 P's do desenvolvimento sustentável: Pessoas, Prosperidade, Paz, Parcerias e Planeta.



Figura 10-Os cinco P's do desenvolvimento sustentável [33]

Na tabela seguinte estão resumidos os eventos e documentos de referência da união europeia que construíram a trajetória do desenvolvimento sustentável.

Tabela 7-Ordem cronológica da evolução do conceito de Sustentabilidade e de desenvolvimento sustentável

DATA	EVENTO/DOCUMENTO	DESCRIÇÃO
1972	Declaração do ambiente	Realização da primeira conferencia das nações unidas sobre o ambiente, em Estocolmo
1973-1976	1º Programa de Ação em matéria de ambiente	Adoção do 1º programa de ação em matéria do ambiente
1977-1981	2º Programa de Ação em matéria de ambiente	Adoção do 2º programa de ação em matéria do ambiente
1982-1983	3º Programa de Ação em matéria de ambiente	Adoção do 3º programa de ação em matéria do ambiente

1986	<b>Aprovação do ato único europeu</b>	Aprovação do AUE que decretou como principais objetivos preservar a qualidade do ambiente, proteger a saúde humana e assegurar uma utilização racional dos recursos naturais
1987-1992	<b>4º Programa de Ação em matéria de ambiente</b>	Adoção do 4º programa de ação em matéria do ambiente
1987	<b>Publicação do Relatório de Brundtland: “Our common Future”</b>	Relatório que teve como principal objetivo formalizar, pela primeira vez, o conceito de desenvolvimento sustentável, o qual foi descrito como “ <i>o desenvolvimento que satisfaz as necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras para satisfazerem as suas próprias necessidades</i> ”
1992	<b>Conferencia das Nações Unidas sobre o meio ambiente e desenvolvimento, da qual resultou a Agenda 21.</b>	Documento que teve como propósito implementar um modo de vida mais sustentável, baseado nos três pilares da sustentabilidade: Economia, Social e Ambiente
1993-2000	<b>5º Programa de Ação em matéria de ambiente: “Towards Sustainably- Em direção a um desenvolvimento sustentável”</b>	Adoção do 5º programa de ação em matéria do ambiente
1997	<b>Aprovação do Protocolo de Quito</b>	Protocolo jurídico que pretende limitar as emissões de gases com efeito de estufa dos países desenvolvidos
2000	<b>Declaração do milénio</b>	Documento que estipulou oito objetivos de desenvolvimento sustentável para serem cumpridos nos quinze anos seguintes
2002-2012	<b>6º Programa de Ação em matéria de ambiente: “Environment 2010: Our future, Our choice- Ambiente 2010: Nosso futuro, nossa escolha”</b>	Adoção do 6º programa de ação em matéria do ambiente, que teve como principal objetivo a adoção de medidas que levassem a redução das emissões de gases com efeito de estufa de modo a diminuir a ocorrência das alterações climáticas
2002	<b>Cúpula mundial sobre o desenvolvimento sustentável</b>	Evento que teve como propósito verificar se os objetivos e metas propostas na agenda 21 estavam a ser cumpridos
2005	<b>Entrada em Vigor do Protocolo de Quito</b>	O protocolo de Quito entrou em vigor, e estabeleceu que os países desenvolvidos tinham de reduzir as emissões de gases efeito de estufa
2013-2020	<b>7º Programa de Ação em matéria de ambiente:” “Living well, within the limits</b>	Adoção do 7º programa de ação em matéria do ambiente, onde foram estipulados nove objetivos principais de modo a ser possível alcançar a

	<b>of our planet-Viver bem, dentro dos limites do nosso planeta”</b>	sustentabilidade até 2050
<b>2015</b>	<b>Aprovação da Agenda 30</b>	Documento que teve como objetivo melhorar os objetivos de desenvolvimento sustentável implementados na declaração do milénio, passando a estar em vigor 17 objetivos em vez dos oito anteriormente definidos

## 4.2. Os três pilares da sustentabilidade ou Triple Bottom Line

O princípio dos três pilares da sustentabilidade tem com objetivo obter um equilíbrio entre o crescimento económico e a preservação do ambiente tendo em conta as questões sociais referentes ao bem-estar do ser humano, não só na geração presente como também nas gerações futuras.

Em suma o desenvolvimento sustentável assenta em 3 pilares fundamentais: o económico o ambiental e o social.

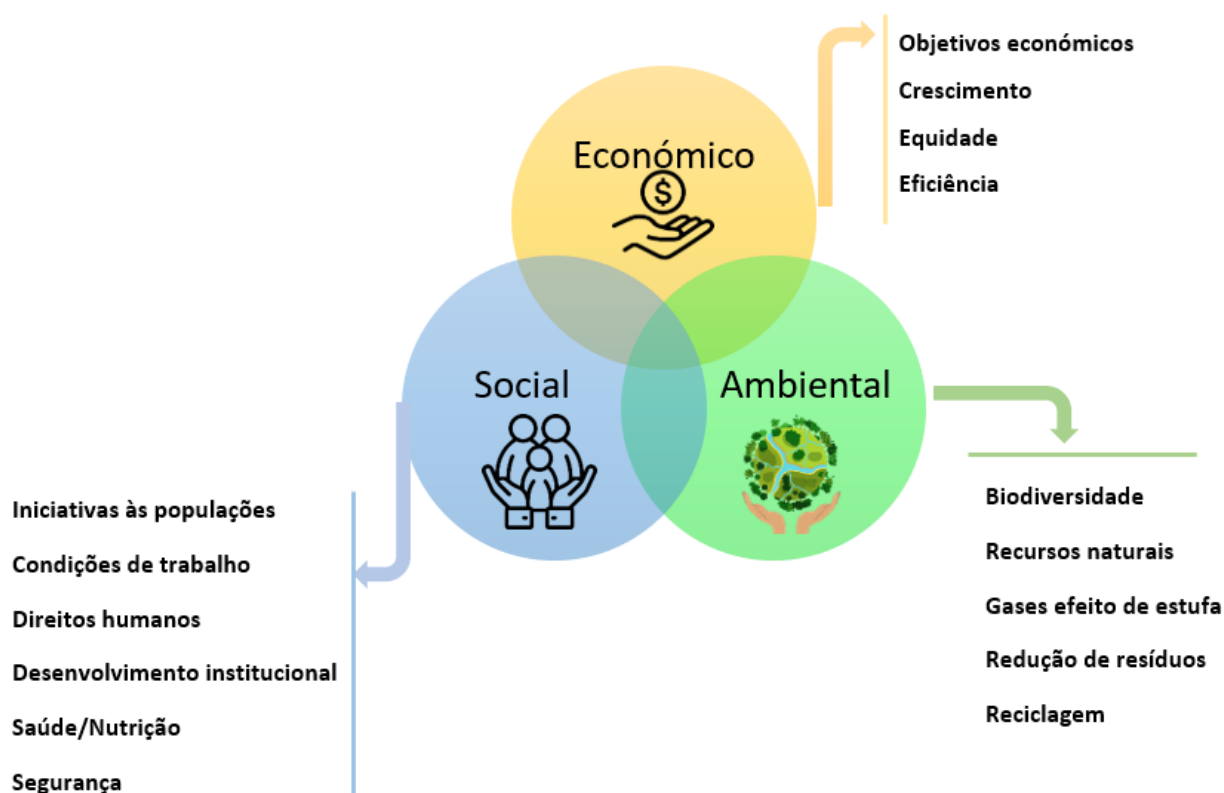


Figura 11-Os três pilares da sustentabilidade

A componente ambiental visa assegurar o uso dos recursos naturais, entre eles a água, o solo e as matérias-primas, de forma que não ocorra escassez dos mesmos. Também é necessário reduzir a produção de resíduos e preservar os ecossistemas naturais. Uma das medidas utilizadas para reduzir a produção de resíduos e dos recursos naturais é a aplicação dos 3 R's, reutilizar, reciclar e recuperar [34].

Em relação à componente social, esta foca-se na satisfação das necessidades básicas das pessoas, como por exemplo a educação, o lazer entre outros. Já a componente económica visa assegurar que as empresas usem os seus recursos financeiros de maneira eficiente, em geral esta componente é a que é dada uma maior importância devido ao seu contributo para o produto interno bruto (PIB).

Para que o desenvolvimento sustentável seja alcançado, é necessário que as três componentes referidas estejam interligadas, pois se só houver equilíbrio em apenas duas componentes não se alcança a sustentabilidade.

### **4.3. Evolução da construção tradicional até à construção sustentável – Uma breve análise**

A construção é uma atividade que tem acompanhado e evoluído com o homem. No início as construções serviam para suprimir as necessidades básicas de abrigo e locomoção, no entanto com a evolução das técnicas construtivas, foram sendo acrescentadas melhorias que garantissem um aumento no estilo de vida e no conforto aos utilizadores.

Na construção tradicional as preocupações centravam-se na qualidade do produto, no tempo gasto e nos custos associados, eram priorizados os projetos que utilizassem sistemas construtivos mais produtivos na fase de construção e que tivessem um tempo de construção menor sem que houvesse alterações nos custos da construção [23].

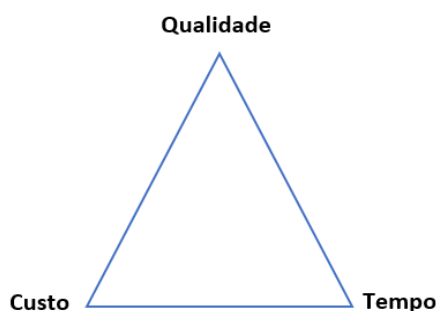


Figura 12-Princípios da construção sustentável

Com o passar do tempo, os impactos ambientais resultantes da construção começaram a ser notórios o que fez com que as preocupações ambientais começassem a ser tidas em conta na construção, nomeadamente questões relacionadas ao consumo de recursos, às emissões de poluentes, saúde e biodiversidade foram acrescentadas as preocupações já existentes na construção tradicional. O conceito de desenvolvimento sustentável foi o que levou ao aparecimento da construção eco eficiente, também denominada de construção ecológica ou construção verde.

A construção eco eficiente pretendia construir de forma a minimizar os impactos ambientais durante todo o ciclo de vida, tendo em consideração preocupações relacionadas ao consumo energético, produção de resíduos, as emissões de gases poluentes e a biodiversidade [23].

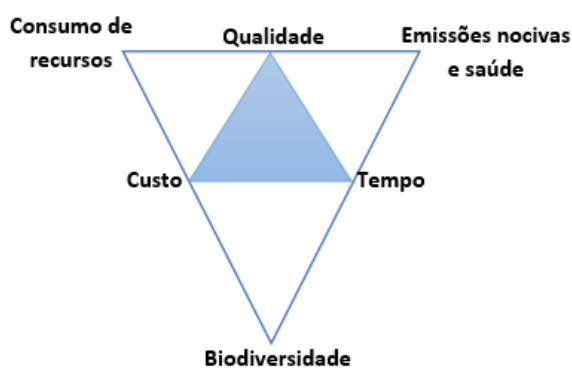


Figura 13-Princípios da construção eco eficiente

Com o decorrer do tempo começou a priorizar-se a implementação de projetos cada vez mais ecológicos e sustentáveis assim aos princípios da construção eco eficiente foram integrados os condicionantes económicos, sociais e ambientais, ou seja, aplicou-se princípio dos três pilares da sustentabilidade [35].

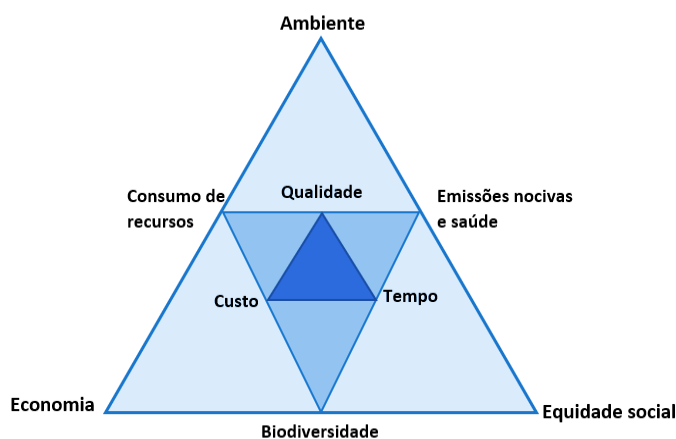


Figura 14-Princípios da construção sustentável

#### 4.4. Construção sustentável e os seus princípios

Como foi referido anteriormente o conceito de desenvolvimento sustentável ganhou ênfase com a publicação relatório de Brundtland em 1987, no qual foi definido como sendo “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras para satisfazerem as suas próprias necessidades”.

O conceito de construção sustentável está interligado com o conceito de desenvolvimento sustentável, ou seja, a construção sustentável visa cumprir os objetivos e metas definidos pelo desenvolvimento sustentável.

A definição deste conceito tem sofrido alterações ao longo do tempo, no entanto uma das definições mais consensuais é a que foi proferida pelo professor Charles Kibert em 1994 no âmbito da Primeira conferência Internacional sobre a Construção Sustentável em Tampa, Florida [36]. Kibert definiu construção sustentável como “*a criação e manutenção responsáveis de um ambiente construído saudável, baseado na utilização eficiente de recursos e em princípios ecológicos*”, onde devem ser considerados como recursos importantes para a construção o solo, os materiais, a energia e a água. A partir destes recursos, Kibert definiu sete princípios a adotar na construção sustentável:

- Reduzir o consumo de recursos (água e energia), recorrendo a energias renováveis, como por exemplo, a energia solar e eólica;
- Reutilizar recursos;
- Utilizar materiais recicláveis;
- Eliminar materiais tóxicos em todas as fases do ciclo de vida;
- Analisar custos de ciclo de vida;
- Desenvolver a qualidade do ambiente construído;
- Proteger a natureza.

Com base nestes princípios, surgiu uma nova maneira de minimizar os efeitos negativos que o sector da construção civil origina no consumo de recursos naturais não renováveis, no consumo de energia e água [37].



## 4.5. Estradas sustentáveis

O setor das infraestruturas rodoviárias está a começar a aplicar o conceito de sustentabilidade e a ter em consideração os condicionantes ambientais e socioeconómicos em vez de apenas considerar os condicionantes económicos na construção de estradas.

Existem vários conceitos de estradas sustentáveis, no entanto o que vai ser abordado na presente dissertação é o conceito criado por James Bryce, que diz que uma estrada é considerada sustentável se conseguir assegurar um bom desempenho em cinco grandes áreas [38]:

- [1]. Conservação e Gestão dos ecossistemas;
- [2]. Gestão dos recursos hídricos;
- [3]. Energia do ciclo de vida e redução de emissões;
- [4]. Reciclar, Reutilizar e Renovar;
- [5]. Benefícios sociais.



Figura 15-As cinco áreas das estradas sustentáveis

### Conservação e Gestão dos ecossistemas

A conservação e gestão dos ecossistemas tem um papel fundamental na redução dos impactes que uma estrada provoca na biodiversidade local.

Este tipo de infraestruturas rodoviárias provocam inúmeros impactes ambientais sobre os ecossistemas naturais principalmente ao nível da destruição dos habitats e alterações nos recursos hídricos.

As alterações dos recursos hídricos ocorrem devido a falta de água nos riachos a jusante da estrada, pois devido impermeabilização da estrada o nível freático reduz, provocando alterações do fluxo de água que vai para os aquíferos e aumentando o risco de inundações.

Outro dos impactes provocados por uma estrada é o efeito barreira devido ao seu desenvolvimento ser mais em extensão do que em largura, tornando-se numa ameaça para a biodiversidade local [39]. Se na fase de projeto não forem implementadas medidas que protejam a biodiversidade local pode ocorrer fragmentação de habitats, colisão de animais com veículos provocando acidentes e aumento da mortalidade de animais por atropelamento.

Por estes motivos é importante haver uma gestão eficaz dos ecossistemas, pois é necessário garantir a implementação de soluções na fase de projeto que beneficiem e protejam a biodiversidade local. Uma das medidas mais comuns é a construção de passagens apelativas e integradas com a paisagem para os animais, que garantam ligação entre zonas contribuindo para a reprodução das espécies e evolução dos ecossistemas [38].



Figura 16-Passagem para animais em New Jersey, Estados Unidos [40]

Se durante a construção de uma estrada for inevitável a fragmentação dos habitats e as medidas que foram implementadas no projeto se demostrem ineficazes e insuficientes devem ser aplicadas medidas de compensação, ou seja devem ser criados habitats de modo que as perdas na biodiversidade que ocorrem devido a construção da estrada sejam de alguma maneira compensadas [41].

### **Gestão dos recursos hídricos**

Este tipo de infraestrutura dada a sua dimensão e a elevada área de ocupação impermeabilizada envolvida resultante da incorporação de asfalto nos pavimentos rodoviários, pode provocar alterações na hidrologia da zona, o que impede a infiltração, a recarga de aquíferos e contribui para o aumento da poluição das águas superficiais principalmente devido ao transporte de resíduos acumulados no pavimento pelas águas pluviais. Esses resíduos têm na sua constituição substâncias poluentes, tais como o hidrocarbonetos e metais pesados com chumbo, cobre entre outros.

Contudo as concessões de estradas e os operadores privados implementam medidas de mitigação na drenagem das águas contaminadas, procedendo à sua contenção e tratamento de modo a evitar a libertação dos resíduos para o meio ambiente. A drenagem das águas pluviais no passado, tinha como propósito a retirada da água do pavimento, para a envolvente, por uma questão de segurança dos utilizadores, pois o acúmulo de água era responsável por muitos acidentes rodoviários. Atualmente a drenagem das águas já não é feita para a envolvente e além de abordar a questão da segurança considera também a proteção do ambiente. As águas pluviais são encaminhadas para o sistema de drenagem da estrada e conduzidas para tanques de sedimentação, de modo a evitar o contacto direto da água contaminada com o solo.

A construção de uma estrada deve implementar uma gestão dos recursos hídricos a fim de proteger as reservas de águas subterrâneas, rios e reduzir riscos de cheias.

### **Energia do ciclo de vida e redução de emissões**

Na construção de uma estrada é utilizada uma enorme quantidade de energia, como na produção de materiais para a pavimentação como por exemplo o asfalto e o cimento, na etapa das terraplenagens uma grande quantidade de energia é gasta na movimentação de terras e na fase de manutenção [38]. Substituir materiais como o cimento por cinzas volantes pode reduzir o consumo de energia na fase de construção.

Relativamente as emissões atmosféricas no ciclo de vida das matérias-primas deve ser considerado o seu consumo e os respetivos impactos associados.

### **Reciclar, Reutilizar e Renovar**

A utilização de materiais reciclados na construção de uma estrada pode reduzir e muito a quantidade de resíduos produzidos, bem como reduzir a quantidade de matérias-primas necessárias. O uso de materiais reciclados permite reduzir drasticamente a energia consumida

na fase de construção, reduzir as emissões de gases com efeito de estufa e reduzir o custo total da infraestrutura rodoviária.

### **Benefícios sociais**

A construção de uma estrada tem um impacto negativo a nível ambiental, mas positivo a nível económico pois movimentam as economias locais, principalmente se tiver bons acessos e proporciona ofertas de trabalho.

## *Capítulo 5*

---

### Sistemas de avaliação da sustentabilidade de estradas



## 5. SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DE ESTRADAS

A adoção de práticas sustentáveis começa a estar cada vez mais presente na construção civil, incluindo na construção das estradas de modo a garantir que os solos, a água a biodiversidade entre outros sejam preservados e para que na construção das mesmas não sejam produzidos impactos ambientais graves e irreversíveis.

Ao longo dos anos vários sistemas de avaliação da sustentabilidade foram desenvolvidos internacionalmente, todos com o mesmo propósito de promover a sustentabilidade, neste caso, de estradas e certifi-cá-las em função dos critérios e dos resultados de cada um.

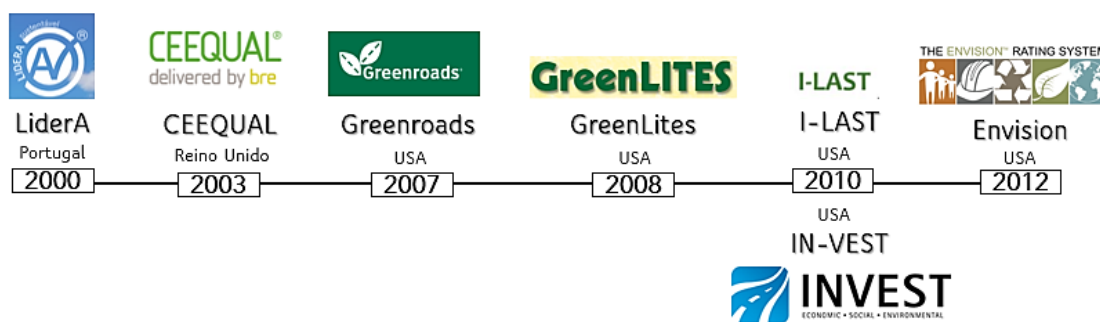


Figura 17-Sistemas de avaliação da sustentabilidade aplicáveis em estradas

Os sistemas de avaliação da sustentabilidade permitem ajudar uma empresa ou organização a medir, gerir e alcançar as suas metas de sustentabilidade. Geralmente estes sistemas são constituídos por quatro aspetos [42]:

- [1].Parâmetros: Definem as características e pormenores dos objetivos de cada sistema de acordo desenvolvimento sustentável.
- [2].Indicadores: Descrição quantitativa dos parâmetros. Cada parâmetro pode ser avaliado por um conjunto de indicadores
- [3].Sistema de classificação: Define os limites da classificação e o método de avaliação para as medições dos indicadores, incluindo os requisitos mínimos dos parâmetros.
- [4].Processo de certificação: Define as fases necessárias para a obtenção do certificado.

Os sistemas de avaliação escolhidos para serem abordados nesta dissertação foram três: o Greenroads, por ser um método de avaliação de sustentabilidade exclusivamente dedicado a estradas; o CEEQUAL por ser um método que certifica obras de engenharia civil internacionalmente, por ser considerado um dos melhores métodos e por ter sido o primeiro sistema a classificar o nível de sustentabilidade das infraestruturas; e o LiderA por ser o sistema pioneiro em Portugal na avaliação da sustentabilidade. A descrição destes sistemas será feita de acordo com a informação disponível nos respetivos manuais e sites oficiais.

## **5.1. Sistema Greenroads**

### **5.1.1. Descrição Geral**

O sistema de avaliação Greenroads surgiu em 2007, através de uma investigação realizada pela Universidade de Washington e pela empresa de engenharia CH2M HILL, que teve como propósito avaliar a sustentabilidade das infraestruturas rodoviárias.

Este método permite saber quais as melhores práticas e tecnologias a usar na mitigação dos impactes ambientais resultantes da construção de uma estrada avaliando o seu desempenho ambiental [43].

O Greenroads tem como base a obtenção de créditos para a aprovação de práticas sustentáveis superiores às práticas comuns, levando a certificação de projetos de estradas baseado no total de créditos obtidos.

### **5.1.2. Pré-requisitos, Créditos Voluntários e Classificação**

O sistema de avaliação Greenroads está dividido em duas etapas: Requisitos do projeto (RP) e Créditos voluntários (CV). Os requisitos de projeto, 12 no total, são aqueles que obrigatoriamente todos os projetos de estradas sujeitos a este sistema de avaliação, devem cumprir para que as estradas sejam consideradas Greenroads [44].



Tabela 8-Requisitos de projeto considerados no sistema de avaliação Greenroads [44]

Nº do requisito	Requisito do projeto
<b>RP-1</b>	Análise do impacto ecológico
<b>RP-2</b>	Pegada ecológica da energia e do carvão
<b>RP-3</b>	Desenvolvimento de baixo impacto
<b>RP-4</b>	Análise do impacto social
<b>RP-5</b>	Envolvimento da comunidade
<b>RP-6</b>	Análise do custo do ciclo de vida
<b>RP-7</b>	Controlo da qualidade
<b>RP-8</b>	Prevenção da poluição
<b>RP-9</b>	Gestão de resíduos
<b>RP-10</b>	Controlo do ruído
<b>RP-11</b>	Utility conflict analysis
<b>RP-12</b>	Gestão de ativos

Já os créditos voluntários, como o próprio nome indica são voluntários, cada crédito tem um valor entre 1-5 pontos dependendo do seu impacto na sustentabilidade. Para que um projeto possa usufruir dos créditos voluntários deve ter concluído os 12 RP. Na versão mais recente deste sistema de avaliação são considerados 45 créditos voluntários totalizando 115 pontos, existe ainda a possibilidade de totalizar 130 pontos caso o projeto em avaliação crie os seus próprios créditos voluntários, designados de “*Custom Credits (CC)*”.

Os pontos são focados em cinco áreas principais: ambiente e água, materiais, atividades de construção, acesso e habitabilidade e serviços uteis [44]. Cada uma destas áreas tem uma ponderação atribuída, sendo que a área com um maior peso é a área dedicada ao ambiente e água.

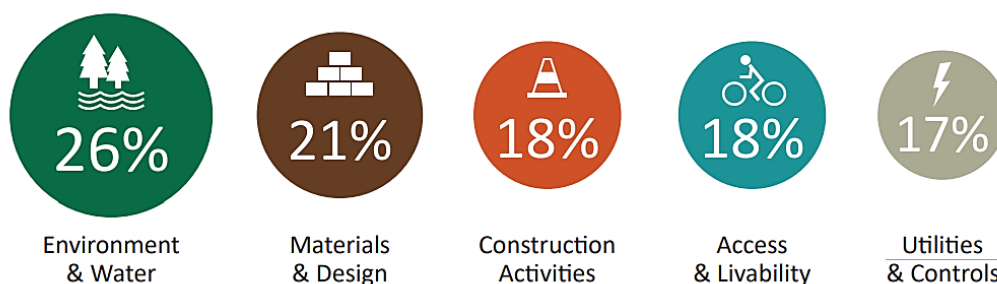


Figura 18-Ponderação atribuída às áreas de intervenção consideradas no Greenroads

Tabela 9-Créditos voluntários: Área Ambiente e água [44]



**AMBIENTE E ÁGUA**

<b>Nº do CV</b>	<b>Designação</b>	<b>Pontos</b>
CV-1	Alinhamento adequado	1-3
CV-2	Conectividade ecológica	1-3
CV-3	Conservação de habitats	1-3
CV-4	Melhorias no uso do solo	1-3
CV-5	Qualidade da vegetação	1-3
CV-6	Gestão do solo	1-3
CV-7	Conservação da água	1-3
CV-8	Controlo do fluxo das água pluviais	1-3
CV-9	Tratamento avançado de metais	1-3
CV-10	Tratamento de materiais contaminantes (óleo)	1-3
<b>Total de pontos:</b>		<b>30</b>

Tabela 10-Créditos voluntários: Área Materiais [44]



**MATERIAIS**

<b>Nº do CV</b>	<b>Designação</b>	<b>Pontos</b>
CV-11	Preservação e reutilização de materiais	1-5
CV-12	Uso de materiais reciclados	1-5
CV-13	Declaração ambiental dos materiais	2
CV-14	Declaração de saúde dos produtos	2
CV-15	Uso de materiais locais	1-5
CV-16	Durabilidade dos materiais	1-5
<b>Total de pontos:</b>		<b>24</b>

Tabela 11-Créditos voluntários: Área serviços uteis



**SERVIÇOS UTEIS**

<b>Nº do CV</b>	<b>Designação</b>	<b>Pontos</b>
CV-38	Utility Upgrades	1-2
CV-39	Manutenções e saídas de emergência	1
CV-40	Infraestruturas para veículos elétricos	1-3
CV-41	Eficiência energética	1-3
CV-42	Energias alternativas	1-3
CV-43	Iluminação	1-3
CV-44	Redução de Emissões de Tráfego	1-3
CV-45	Redução do tempo de viagem	1-2
<b>Total de pontos:</b>		<b>20</b>

Tabela 12-Créditos voluntários: Área atividades de construção [44]



### ATIVIDADES DE CONSTRUÇÃO

Nº do CV	Designação	Pontos
CV-17	Excelência ambiental	1-3
CV-18	condições de segurança e saúde no trabalho	1-2
CV-19	Processo de qualidade	1-3
CV-20	Combustível dos equipamentos eficiente	1
CV-21	Emissões de gases produzidas no estaleiro	1
CV-22	Controlo no uso de água no estaleiro	2-3
CV-23	Construção acelerada	1-2
CV-24	Integridade nas contratações	1
CV-25	Comunicações e Divulgação	1
CV-26	Trabalho qualificado	1-2
CV-27	Desenvolvimento Económico Local	1
<b>Total de pontos:</b>		<b>20</b>

Tabela 13-Créditos voluntários: Área Acesso e habitabilidade [44]



### ACESSO E HABITABILIDADE

Nº do CV	Designação	Pontos
CV-28	Inspeção de segurança	1-2
CV-29	Melhorias na segurança	1-2
CV-30	Mobilidade multimodal	1-2
CV-31	Equidade e acessibilidade	1-2
CV-32	Transporte ativo	1-2
CV-33	Análise do impacto na saúde	2
CV-34	Redução do barulho	1-3
CV-35	Programa cultural	1-2
CV-36	Arqueologia e história	1-2
CV-37	Cenário e estética	1-2
<b>Total de pontos:</b>		<b>21</b>

Tabela 14-Créditos voluntários: Créditos extra [44]







### CREDITOS EXTRA

Nº do CV	Designação	Pontos
CE-1	Equipa organizada	1-2
CE-2	Ideias inovadoras	1-5
CE-3	Desempenho elevado	1-5
CE-4	Local Values	1-3
<b>Total de pontos:</b>		<b>15</b>

Como foi referido anteriormente, para uma estrada obter o certificado de Greenroad é necessário ter cumprido os 12 requisitos de projetos obrigatórios, no entanto consoante o número pontos que o projeto for adquirindo através dos créditos voluntários o certificado pode ter uma classificação superior.

Tabela 15-Níveis de certificação considerados no sistema de avaliação Greenroads

Nível do certificado		Nº de pontos necessários
<b>Bronze</b>		40 pontos (cerca de 30% do total dos pontos disponíveis)
<b>Prata</b>		50 pontos (cerca de 38% do total dos pontos disponíveis)
<b>Ouro</b>		60 pontos (cerca de 46% do total dos pontos disponíveis)
<b>Evergreen</b>		80 pontos (cerca de 62% do total dos pontos disponíveis)

### 5.1.3. Processo de certificação

No processo de obtenção do certificado de sustentabilidade pelo método Greenroads, o primeiro passo a ser feito é fazer a candidatura do projeto. Esta candidatura é feita online no próprio site do Greenroads, e em seguida, após a sua submissão a elegibilidade do projeto é verificada e se o projeto for aceite, é assinado um acordo entre ambas as partes e o pagamento da certificação é efetuado. Em seguida o Greenroads nomeia um assessor que irá trabalhar em conjunto com a equipa de projeto.

Todo o processo de certificação é realizado online, logo todos os documentos necessários para o processo terão de ser submetidos online.

Após a fase de construção estar concluída, o assessor da Greenroads analisa todos os documentos referentes à construção da estrada e se tudo estiver em conformidade com os dados do projeto é atribuída uma classificação à estrada e esta é certificada em função da classificação obtida.

O certificado de sustentabilidade é válido por cinco anos, assim se o dono da obra quiser renovar o certificado terá de enviar um relatório detalhado sobre o desempenho atual da estrada [45].

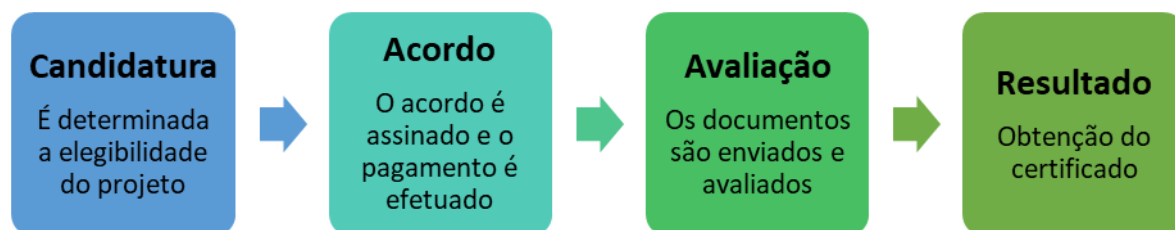


Figura 19-Processo de certificação do sistema de avaliação Greenroads

#### 5.1.4. Custo associado à certificação

Os custos associados ao processo de certificação do Greenroads estão divididos em dois custos. Os primeiros estão associados a candidatura do projeto, em que para sócios do Greenroads a candidatura fica 995\$ (dólares) e para não sócios tem um custo associado de 1295\$.

Os segundos custos estão associados a avaliação do projeto, e aqui os custos são calculados com base no valor total do projeto, no entanto não há informação pública para consulta sobre estes preços.

## 5.2. Sistema CEEQUAL

### 5.2.1. Descrição Geral

O sistema de avaliação Civil Engineering Environmental Quality Assessment & Award Scheme manual (CEEQUAL), foi desenvolvido no Reino Unido em 2003 por uma equipa da Institution of Civil Engineers (ICE) com o apoio financeiro do governo do Reino Unido, teve a sua primeira versão publicada em 2003 e a partir daí entrou em constante evolução, atualmente a versão mais recente é a versão 6 que entrou em vigor em 27 de junho de 2019.

Em 2015 o CEEQUAL foi adquirido pelo grupo BRE, que possui o sistema de avaliação de sustentabilidade mais usado em edifícios em todo o mundo, o BREEAM [46].

O CEEQUAL tem duas edições: a que se aplica exclusivamente ao Reino Unido e a Irlanda e a versão para projetos internacionais, que é a que vai ser abordada na presente dissertação. As duas edições do CEEQUAL possuem o mesmo método de classificação, abrangem todos os tipos de projetos de Engenharia civil, como estradas, túneis, aeroportos entre outros e têm o objetivo de reduzir os impactos do ciclo de vida das novas infraestruturas e melhorar os impactos sociais e económicos [46].

O CEEQUAL oferece cinco tipos de autoavaliações:

- [1]. “*Whole Project*” -Dono da obra, projetista e o empreiteiro são avaliados
- [2]. “*Strategy&Design*” -Dono da obra e projetista são avaliados
- [3]. “*Design*” -Só o projetista é avaliado
- [4]. “*Design&Construction*” -Projetista e empreiteiro são avaliados
- [5]. “*Construction*” -Só o empreiteiro é avaliado.

Os projetos quando são avaliados e assessorados pelo CEEQUAL usufruem de muitos benefícios: reconhecimento público; melhoria do projeto e das práticas construtivas; diminuição das perdas e resíduos; eficiência dos recursos naturais (água, energia, material, etc.); redução dos impactos ambientais.

### 5.2.2. Áreas, Temas das questões de autoavaliação e Classificação

O processo de avaliação é realizado em duas etapas, uma de autoavaliação em que o dono da obra, o projetista e/ou o empreiteiro se submete uma autoavaliação feita por um técnico formado pelo CEEQUAL (pode pertencer a equipa do dono da obra, no entanto tem que possuir formação em CEEQUAL), que avalia rigorosamente o projeto através de um conjunto de questões relacionadas com a temática ambiental e social, com o intuito de saber se o projeto ajudará a comunidade a viver de uma forma mais sustentável e a segunda etapa consiste na verificação do trabalho da etapa anterior onde um assessor da CEEQUAL verifica as questões anteriormente respondidas e as avalia e em função disso o projeto é classificado [47].

Este sistema de autoavaliação é composto por um conjunto de 30 tópicos de questões de avaliação, que se encontram no manual do mesmo, cuja temática das mesmas foca em oito áreas: gestão, resiliência, comunidade e partes interessadas, uso do solo e ecologia, paisagem e histórico ambiental, poluição, recursos e transportes.

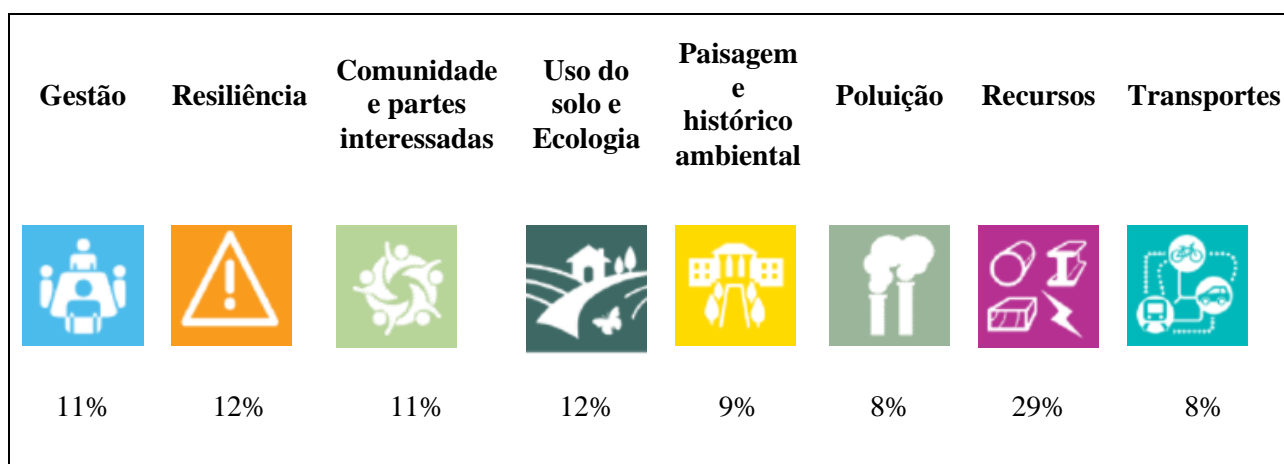



Figura 20-Ponderação atribuída às áreas consideradas pelo CEEQUAL

Cada área tem a respetiva ponderação/importância atribuída, por exemplo, a área que mais relevância tem neste sistema de avaliação é a dos recursos aos quais é atribuído um peso de 29%. Existe ainda um total de 5000 créditos disponíveis no CEEQUAL. O número de créditos atribuídos a cada área depende da importância da mesma [46].


**Gestão:** Avalia como as questões da sustentabilidade são incorporadas na gestão de um projeto, tem em conta os princípios do desenvolvimento sustentável e a gestão ambiental e social ao longo das fases de conceção e construção.

Tabela 16-Tópicos das questões de avaliação e a respetiva ponderação abordados no CEEQUAL na área: Gestão [46]

Área	Tópicos das questões de avaliação		Créditos disponíveis	Ponderação
	1.1	Liderança em sustentabilidade	173	11%
	1.2	Gestão ambiental	254	
	1.3	Gestão responsável na construção	36	
	1.4	Staff and supply chain social governance	60	
	1.5	Análise do custo do ciclo de vida	27	
	<b>Créditos totais</b>		550	


**Resiliência:** Promove a avaliação e gestão dos riscos associados ao ambiente em que a infraestrutura está inserida.

Tabela 17-Tópicos das questões de avaliação e a respetiva ponderação abordados no CEEQUAL na área: Resiliência [46]

Área	Tópicos das questões de avaliação		Créditos disponíveis	Ponderação
	2.1	Avaliação de riscos e mitigação	269	12%
	2.2	Inundações e escoamentos de águas superficiais	229	
	2.3	Necessidades futuras	102	
	<b>Créditos totais</b>		600	

**Comunidade e partes interessadas:** Aborda as questões relativas aos efeitos sociais e económicos que um projeto provoca na comunidade local e tem como compromisso inicial maximizar os benefícios sociais e económicos que um projeto possa alcançar.


Tabela 18-Tópicos das questões de avaliação e a respetiva ponderação abordados no CEEQUAL na área: Comunidade e partes interessadas [46]

Área	Tópicos das questões de avaliação		Créditos disponíveis	Ponderação
	3.1	Envolvimento com as comunidades	225	11%
	3.2	Benefícios sociais	242	
	3.3	Benefícios económicos	83	
	<b>Créditos totais</b>		550	




**Uso do solo e Ecologia:** Promove a reutilização do solo minimizando os impactes negativos que afetam a biodiversidade e o ambiente em geral. Valoriza os projetos que aumentem o valor ecológico através da proteção dos habitats e da biodiversidade.

Tabela 19-Tópicos das questões de avaliação e a respetiva ponderação abordados no CEEQUAL na área: Uso do solo e Ecologia [46]

Área	Tópicos das questões de avaliação	Créditos disponíveis	Ponderação
	4.1	Utilização e valor do solo	187
	4.2	Contaminação do Solo	186
	4.3	Proteção da biodiversidade	92
	4.4	Mudanças e melhorias na biodiversidade	90
	4.5	Gestão a longo prazo da biodiversidade	45
	<b>Créditos totais</b>	600	12%


**Paisagem e histórico ambiental:** Tem como objetivo proteger e valorizar a paisagem e os bens patrimoniais e encoraja os projetistas a adaptarem/integrarem o projeto em torno da paisagem envolvente.

Tabela 20-Tópicos das questões de avaliação e a respetiva ponderação abordados no CEEQUAL na área: Paisagem e histórico ambiental [46]

Área	Tópicos das questões de avaliação	Créditos disponíveis	Ponderação
	5.1	Paisagem e impacto ambiental	225
	5.2	Bens patrimoniais	225
	<b>Créditos totais</b>	450	9%


**Poluição:** Promove medidas que minimizem todos os tipos de poluição.

Tabela 21-Tópicos das questões de avaliação e a respetiva ponderação abordados no CEEQUAL na área: Poluição [46]

Área	Tópicos das questões de avaliação	Créditos disponíveis	Ponderação
	6.1	Poluição da água	172
	6.2	Poluição do ar, sonora e luminosa	228
	<b>Créditos totais</b>	400	8%


**Recursos:** Promove a utilização responsável de todos os recursos, incluindo os materiais, a água e a energia e tem em conta a minimização dos impactos ambientais dos materiais e dos resíduos.

Tabela 22-Tópicos das questões de avaliação e a respetiva ponderação abordados no CEEQUAL na área: Recursos [46]

Área	Tópicos das questões de avaliação		Créditos disponíveis	Ponderação
	7.1	Eficiência na utilização de recursos	107	29%
	7.2	Redução das emissões de carbono em todo o ciclo de vida	108	
	7.3	Impacto ambiental dos produtos usadas na construção	152	
	7.4	Reutilização dos materiais de construção	254	
	7.5	Fornecimento responsável de produtos de construção	49	
	7.6	Gestão de resíduos da construção	130	
	7.7	Consumo de energia	450	
	7.8	Consumo de água	200	
	<b>Créditos totais</b>		1450	

**Transportes:** Envolve a localização do projeto face às infraestruturas de transportes, a minimização do impacto do tráfego resultante do projeto, os transportes na construção e outros.

Tabela 23-Tópicos das questões de avaliação e a respetiva ponderação abordados no CEEQUAL na área: Transportes [46]

Área	Tópicos das questões de avaliação		Créditos disponíveis	Ponderação
	8.1	Rede de transportes	228	8%
	8.2	Logística da construção	172	
	<b>Créditos totais</b>		400	

No final da avaliação dos projetos que se encontrem compatíveis com a metodologia do CEEQUAL, que estejam de acordo com a legislação em vigor, que tenham um bom desempenho ambiental e praticas sustentáveis é-lhes atribuído a classificação que podem ir do aprovado ao excepcional.

Esta classificação é realizada por um assessor certificado do CEEQUAL.

Tabela 24- Níveis de certificação considerados no CEEQUAL [46]

<b>Classificação do CEEQUAL</b>	<b>Pontuação total</b>
Excepcional	≥ 90%
Excelente	≥ 75%
Muito Bom	≥ 60%
Bom	≥ 45%
Aprovado	≥ 30%
Não classificado	< 30%

### 5.2.3. Processo de certificação

Como foi referido anteriormente o CEEQUAL é um sistema de autoavaliação, em que um técnico (Avaliador) formado pelo CEEQUAL (pode ou não pertencer à equipa do dono da obra, no entanto tem que possuir formação em CEEQUAL), avalia rigorosamente o desempenho de um projeto através de uma serie de questões ambientais e sociais. Os técnicos usam o Manual CEEQUAL para pontuar o desempenho das questões relevantes para o projeto, devendo sempre reunir documentos que comprovem essa pontuação. As pontuações de cada questão devem ser submetidas no próprio site do CEEQUAL juntamente com toda a documentação.

Assim que a toda a avaliação estiver concluída, um assessor do CEEQUAL verifica todo o trabalho feito pelo técnico e se tudo estiver em conformidade é atribuído um certificado de sustentabilidade em função da classificação obtida.

Em suma o processo de certificação do sistema CEEQUAL pode ser dividido em oito etapas principais, como se ilustra na imagem seguinte.

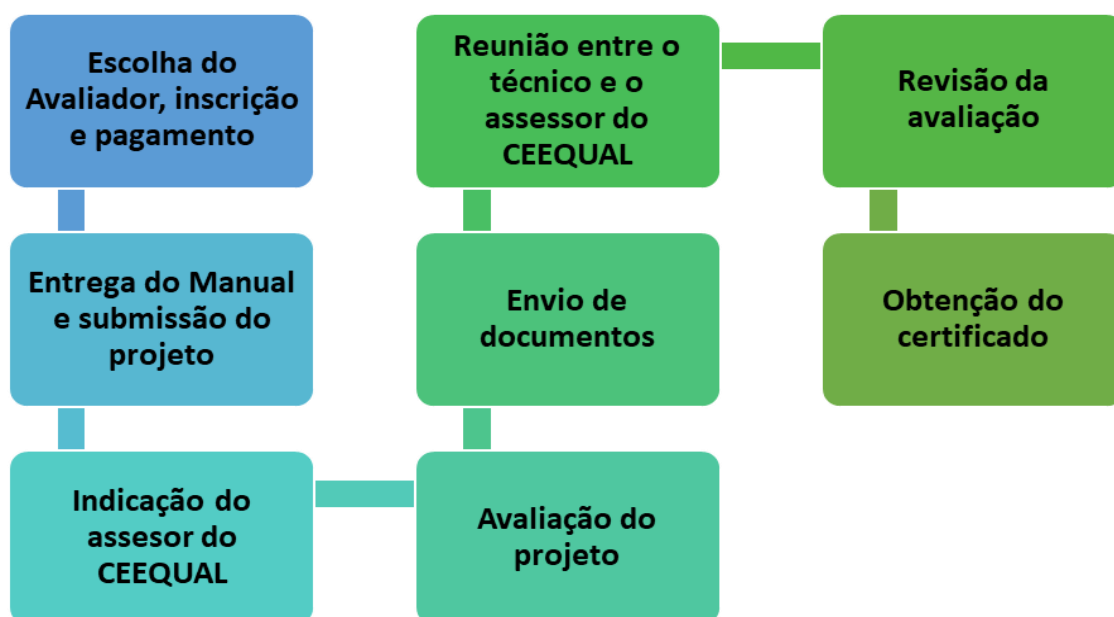


Figura 21-Processo de certificação do sistema de avaliação CEEQUAL

Ao contrário dos outros dois sistemas de avaliação em que o primeiro passo do processo de certificação é a definição do âmbito, no CEEQUAL o primeiro passo é a escolha de um técnico (Avaliador) que vai avaliar o projeto, e como já foi mencionado este técnico pode pertencer a equipa do dono de obra, no entanto tem que ser formação dada pelo CEEQUAL. Após a nomeação do Avaliador, a inscrição deve ser efetuada e o pagamento da primeira prestação efetuado. Em seguida o Avaliador fica com acesso a aplicação de avaliação online disponibilizada pelo CEEQUAL, e é nesta aplicação que vai ser submetido o projeto e onde todas as pontuações e classificações obtidas ao longo da avaliação do projeto vão ser submetidas. A terceira etapa do processo de certificação é a nomeação de um assessor do CEEQUAL, que deve ser independente do projeto. Este assessor vai ficar responsável por prestar apoio e esclarecer dúvidas técnicas durante todo o processo ao avaliador.

Em seguida o processo de avaliação começa a ser realizado, o técnico (avaliador) dá início a análise do projeto, e em conformidade com o manual do CEEQUAL, decide quais as questões que são relevantes para o projeto. Conforme a atribuição de pontos for realizada às questões escolhidas, o técnico deve coletar documentos que provem essa pontuação. Assim que a avaliação por parte do técnico estiver concluída, este entra em contacto com o assessor do CEEQUAL e o notifica que o projeto está pronto para verificação.

Em seguida o assessor do CEEQUAL dá início ao processo de verificação da avaliação realizada pelo técnico, onde verifica as pontuações atribuídas as questões e estas podem ser aumentadas, reduzidas ou mantidas.

Finalmente, em função da pontuação obtida o projeto recebe o certificado de sustentabilidade.

#### 5.2.4. Custo associado à certificação

Dos três sistemas de avaliação sustentabilidade mencionados, o CEEQUAL é o que disponibiliza mais informação sobre os custos associados ao processo de certificação.

Os custos do processo dependem da dimensão do empreendimento e do valor total do projeto, como se encontra enunciado na tabela seguinte. Os custos apresentados incluem o registo do projeto e a gestão por parte de um assessor do CEEQUAL. Os preços indicados estão em libras, moeda oficial do Reino Unido.

Tabela 25-Custos associados ao processo de certificação do CEEQUAL [48]

Valor do Projeto	Custos associados	Valor do Projeto	Custos associados
> 3 000 000 £	3030 £	100 000 000 – 149 999 999 £	13592 £
3 000 000 – 3 999 999 £	3494 £	150 000 000 – 199 999 999 £	15292 £
4 000 000 – 4 999 999 £	3944 £	200 000 000 – 249 999 999 £	16992 £
5 000 000 – 5 999 999 £	4360 £	250 000 000 – 299 999 999 £	18692 £
6 000 000 – 7 999 999 £	4984 £	300 000 000 – 349 999 999 £	20392 £
8 000 000 – 9 999 999 £	5712 £	350 000 000 – 399 999 999 £	22092 £
10 000 000 – 14 999 999 £	6440 £	400 000 000 – 449 999 999 £	23792 £
15 000 000 – 19 999 999 £	7324 £	450 000 000 – 499 999 999 £	25492 £
20 000 000 – 24 999 999 £	8104 £	500 000 000 – 599 999 999 £	28092 £
25 000 000 – 29 999 999 £	8884 £	600 000 000 – 699 999 999 £	30692 £
30 000 000 – 39 999 999 £	9716 £	700 000 000 – 799 999 999 £	33192 £
40 000 000 – 49 999 999 £	10444 £	800 000 000 – 899 999 999 £	35792 £
50 000 000 – 74 999 999 £	11536 £	900 000 000 – 999 999 999 £	38292 £
75 000 000 – 99 999 999 £	12368 £	<1 000 000 000 £	Consultar

Associados a estes custos ainda é necessário considerar os custos associados a verificação da por parte do assessor do CEEQUAL, depende da fase do empreendimento em que vai ser verificada e a distância da localização do projeto ao Reino Unido. Neste caso em concreto, foram apenas indicados os custos atribuídos a projetos que fiquem até 3 horas de distância, visto que é a distância entre Portugal e o Reino Unido.

Tabela 26-Custos associados ao processo de certificação CEEQUAL-Verificação [48]

	Fase de verificação			
Valor do projeto	Fase de planeamento	Fase de projeto		No fim da fase de construção
Tipo de reunião	Online	Online	Presencial	Presencial
>100 000 000 £	1150 £	1700 £	2870 £	2870 £
100m a 450m £	1425 £	2275 £	3445 £	3445 £
450m a 1000m £	1700 £	2675 £	3845 £	3845 £

## 5.3. Sistema LiderA

### 5.3.1. Descrição Geral

O sistema de avaliação ambiental LiderA, acrónimo de Liderar pelo Ambiente na procura da sustentabilidade na construção, surgiu em 2000 através de uma investigação iniciada pelo professor Manuel Duarte Pinheiro, através de uma parceria entre o Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura do Instituto Superior Técnico com o IPA-Inovação e Projetos em Ambiente, Lda. A investigação focou nas boas praticas ambientais e no desenvolvimento sustentável observados quer na construção de edifícios quer em zonas construídas. As primeiras versões deste sistema de avaliação destinavam-se exclusivamente para edifícios, no entanto com a sua evolução, também já há versões que podem ser adaptadas para as infraestruturas rodoviárias [49]. A última versão deste sistema de avaliação é a versão 4.00 publicada em março de 2019.

O LiderA pode ser aplicado em três momentos: no plano/conceção, projeto e gestão do ciclo de vida (construção, na operação e na desativação).

Os principais objetivos deste sistema de avaliação da sustentabilidade são [50]:

- Auxiliar o desenvolvimento de planos e projetos que visem a sustentabilidade na construção;
- Analisar e avaliar o posicionamento do desempenho nas fases de conceção, execução em obra e período de utilização do empreendimento;
- Apoiar na gestão das diversas fases, tais como, fase de construção e de utilização;
- Atribuir uma classificação portuguesa com marca registada, realizada através de uma avaliação independente.

Este sistema assenta em seis princípios fundamentais para serem adotados na procura da sustentabilidade [50]:

- Valorizar a dinâmica local e promover uma adequada integração;
- Fomentar a eficiência no uso de recursos;
- Reduzir o impacte das cargas;
- Assegurar a qualidade do serviço e resiliência ambiente, focada no conforto ambiental;  
Fomentar as vivencias socioeconómicas sustentáveis;

- Assegurar a melhor utilização sustentável dos ambientes construídos, através da gestão ambiental e da inovação.

A partir dos princípios acima mencionados, são avaliadas seis vertentes que englobam vinte áreas específicas de intervenção: a integração local, os recursos, a gestão das cargas ambientais, a qualidade do serviço e resiliência, a vivência socioeconómica e por último o uso sustentável.

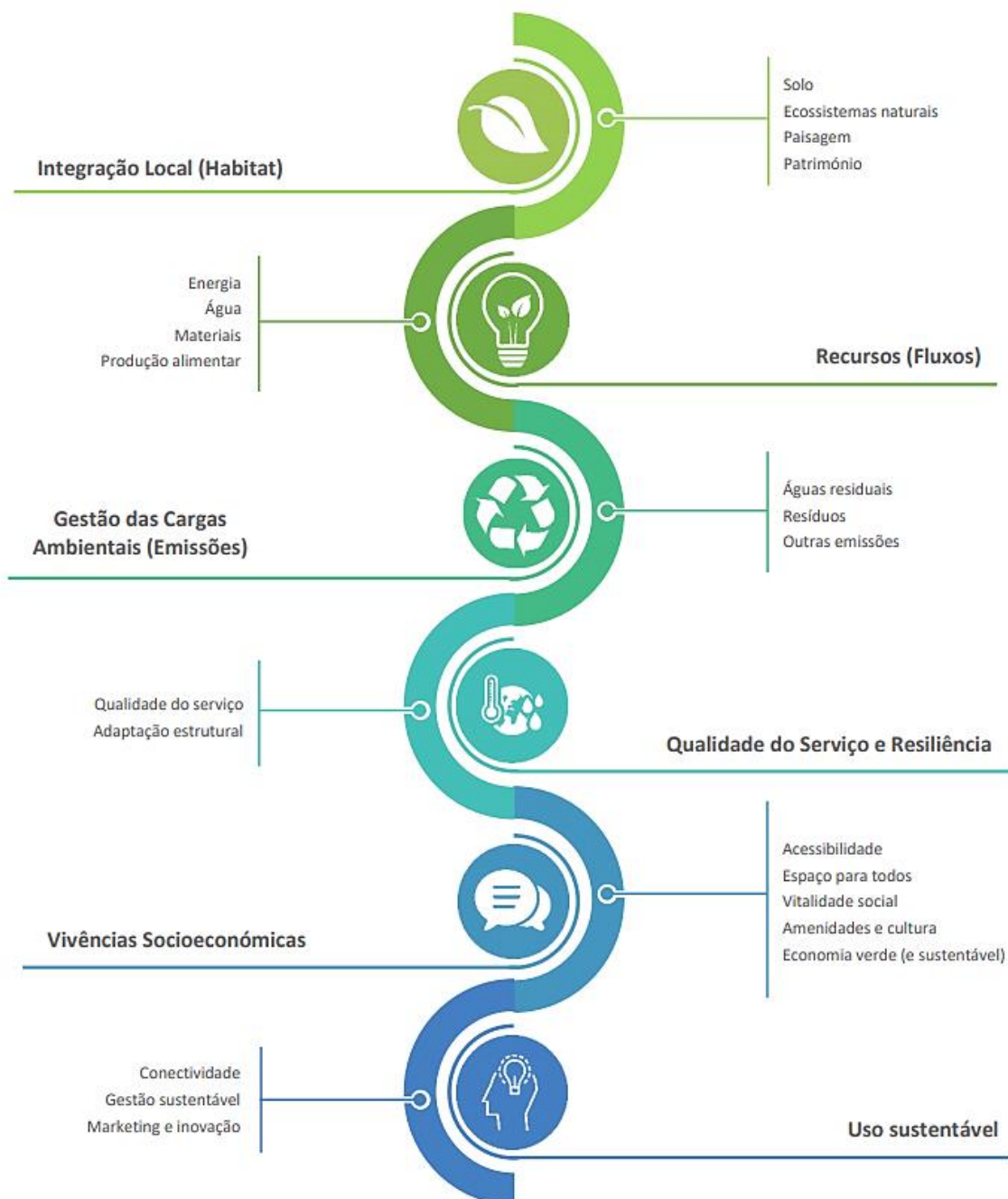


Figura 22-Esquema de vertentes e áreas do sistema LiderA, versão 4.00 [50]



As áreas de intervenção incluem quarenta critérios/programas, nos quais se avalia os ambientes construídos em função do seu desempenho e, a partir daí, torna-se possível criar soluções ambientais mais sustentáveis. Os critérios são numerados de P1 a P40.

### 5.3.2. Áreas, vertentes e Classificação

Como dito anteriormente o sistema de avaliação LiderA aborda seis vertentes que se subdividem em áreas específicas que incluem um conjunto de critérios/programas.

Uma estrada que é avaliada por este sistema de avaliação deve cumprir pelo menos 30 dos programas disponíveis, sendo que os restantes 10 são considerados voluntários [50].

**Vertente-Integração local:** Está dividida em três áreas: o solo, os ecossistemas naturais e a paisagem e património.

Esta vertente é umas das mais importantes face ao desenvolvimento sustentável em relação ao ambiente envolvente, pois a escolha do local onde uma estrada é construída é um aspeto crucial. Depende de vários fatores, entre eles, a ocupação do solo, as alterações nos ecossistemas, a valorização do território e da rede ecológica, e a valorização da paisagem e património.

Tabela 27-Áreas e critérios considerados na vertente Integração local [50]

Vertente	Áreas de intervenção	Ponderação individual	Critérios	Nº do critério	Opcional
<b>Integração local (Habitat)</b>	Solo	4%	Organização territorial	P1	Não
			Potenciar funções do solo	P2	Não
	Ecossistemas naturais	4%	Valorização ecológica	P3	Não
			Serviços dos ecossistemas	P4	Não
	Paisagem e património	4%	Valorização da paisagem	P5	Não
			Valorização do património construído	P6	Não
<b>Ponderação Total:</b>		12%			

**Vertente-Recursos:** Está dividida em quatro áreas: energia, água, materiais e produção alimentar

Do ponto de vista da sustentabilidade o consumo de recursos, como a água, energia, materiais assume um papel fundamental na obtenção do equilíbrio ambiental pois o setor da construção civil produz impactes negativos em todas as fases do ciclo de vida originando as emissões de gases com efeito de estufa, na maior parte das vezes em busca destes recursos.

Tabela 28-Áreas e critérios considerados na vertente Recursos [50]

Vertente	Áreas de intervenção	Ponderação individual	Critérios	Nº do critério	Opcional
Recursos	Energia	15%	Desempenho passivo	P7	Não
			Sistemas energéticos	P8	Não
			Gestão do carbono	P9	Não
	Água	7%	Uso ponderado de água	P10	Não
			Gestão de águas locais	P11	Não
	Materiais	7%	Produtos e materiais de origem responsável	P12	Não
			Durabilidade dos ambientes construídos	P13	Sim
Produção alimentar	1%	Contributo para a produção alimentar	P14	Não	
<b>Ponderação Total:</b>		30%			

**Vertente-Cargas ambientais:** Está dividida em três áreas: águas residuais, resíduos e outras emissões.

O consumo de recursos provoca cargas que afetam o ambiente, cargas essas que resultam das emissões de efluentes líquidos e das emissões atmosféricas.

Tabela 29-Áreas e critérios considerados na vertente Gestão das Cargas Ambientais [50]

Vertente	Áreas de intervenção	Ponderação individual	Critérios	Nº do critério	Opcional
Gestão das cargas ambientais	Águas residuais	2%	Gestão das águas residuais	P15	Não
	Resíduos	3%	Gestão de resíduos	P16	Não
	Outras emissões	5%	Gestão do ruído	P17	Não
			Gestão das emissões atmosféricas	P18	Não
			Gestão das outras cargas ambientais	P19	Não
<b>Ponderação Total:</b>		10%			

**Vertente-Qualidade do serviço e resiliência:** Está dividida em duas áreas: qualidade do serviço e adaptação estrutural

Apesar dos aspetos ambientais serem um fator importante na construção das infraestruturas rodoviárias, a satisfação dos utentes também é um fator a ter em consideração. É necessário ter em conta o conforto, segurança, mobilidade e a capacidade de se ajustar a intervenções (resiliência).

Tabela 30-Áreas e critérios considerados na vertente Qualidade do serviço e resiliência [50]

Vertente	Áreas de intervenção	Ponderação individual	Crítérios	Nº do critério	Opcional
Qualidade do serviço e resiliência	Qualidade do serviço	9%	Qualidade ambiental	P20	Não
			Segurança e controle dos riscos humanos	P21	Não
	Adaptação estrutural	6%	Adaptação climática e outros riscos naturais	P22	Não
			Resiliência e evolução adaptativa	P23	Não
<b>Ponderação Total:</b>		15%			

**Vertente-vivências socioeconómicas:** Está dividida em cinco áreas: acessibilidade, espaço para todos, vitalidade social, amenidades e cultura, e economia verde e sustentável.

Esta vertente relaciona a sociedade com o espaço onde a infraestrutura se situa.

Quando se constrói uma estrada não se pode considerar apenas a componente ambiental e económica, também é necessário ter conta a satisfação dos utilizadores, a segurança e garantir mobilidade.

Tabela 31-Áreas e critérios considerados na vertente vivências socioeconómicas [50]

Vertente	Áreas de intervenção	Ponderação individual	Crítérios	Nº do critério	Opcional
Vivências socioeconómicas	Acessibilidade	4%	Mobilidade ativa	P24	Não
			Sistema de transportes eficientes	P25	Sim
	Espaço para todos	4%	Áreas construídas inclusivas	P26	Não
			Espaços inclusivos-ruas e espaços públicos acessíveis e seguros	P27	Sim
	Vitalidade social	4%	Flexibilidade e complementaridade de usos	P28	Não
			Contributo para o bem-estar comunitário	P29	Sim
			Responsabilidade social	P30	Sim
	Amenidades e cultura	3%	Amenidades amigáveis	P31	Não
			Contributo para a cultura e identidade	P32	Sim
	Economia verde e sustentável	7%	Baixos no ciclo de vida	P33	Não
			Contributo para a economia circular	P34	Sim
			Contributo para empregos ambientais	P35	Sim
	<b>Ponderação Total:</b>		22%		

**Vertente-Usos sustentável:** Está dividida em três áreas: conectividade, gestão sustentável, marketing e inovação.

Esta vertente assenta na gestão dos aspetos ambientais, ao serem adotados métodos de gestão ambiental e práticas inovadoras está garantido um bom desempenho do ambiente construído e ao mesmo tempo é garantida a sua capacidade de adaptação ao longo do tempo contribuindo assim para a sustentabilidade do mesmo.

Tabela 32-Áreas e critérios considerados na vertente Usos sustentável [50]

Vertente	Áreas de intervenção	Ponderação individual	Crítérios	Nº do critério	Opcional
Usos sustentável	Conectividade	3%	conectividade e interação	P36	Não
	Gestão sustentável	5%	gestão da informação para atuação sustentável	P37	Não
			manutenção e gestão para a sustentabilidade	P38	Sim
			monitorização e governança	P39	Sim
	Marketing e inovação	3%	marketing e inovação	P40	Não
<b>Ponderação Total:</b>		11%			

As vertentes, as áreas e os critérios acima mencionados possuem impactos diferentes no ambiente construído, o que leva a que a ponderação de cada critério varie. Em suma as áreas de intervenção que são consideradas mais importantes tem uma ponderação maior quando comparadas as que são menos significativas. No sistema LiderA, a área a qual é atribuída uma maior importância é a área dedicada a energia que tem uma ponderação de 15% do valor final, em relação a área que é considerada menos relevante é a área relativa à produção alimentar, que representa apenas 1% do valor final [50].



Figura 23-Ponderação em percentagem para as 20 áreas do sistema LiderA [50]

Os critérios considerados no LiderA dispõem de diferentes níveis de desempenho, de 1 a 10 ou superior, que permitem indicar se a solução escolhida é ou não sustentável, contudo podem evoluir com a tecnologia permitindo assim obter soluções mais eficientes do ponto de vista ambiental e económico [41]. Estes níveis de desempenho numéricos são transformados em sete classes, em que a classe G é menos eficiente e a classe A a classe mais eficiente.



Figura 24-Níveis de desempenho considerados pelo sistema LiderA [50]

No LiderA o grau de sustentabilidade é medido em classes de bom desempenho crescentes: desde a classe E, que normalmente representa a prática construtiva existente, a classe C (superior a 25% à classe E), classe B (superior a 37,5% à classe E) e classe A (superior a 50 % à classe E). Na classe mais eficiente, classe A, existe também a classe A+ e a classe A++, que corresponde a um fator de melhoria 4 e 10 face a situação inicial considerada. Esta classificação é atribuída por assessores com formação no LiderA.

Na tabela seguinte encontram-se enunciadas as classes de desempenho do LiderA.

Tabela 33-Classes de desempenho do sistema LiderA [50]

<b>Classe</b>	<b>Valor de desempenho</b>
E	Prática construtiva existente
D	Melhoria de 12,5% face a classe E
C	Melhoria de 25% face a classe E
B	Melhoria de 37,5% face a classe E
A	Melhoria de 50% face a classe E
A+	Melhoria de 75% face a classe E
A++	Melhoria de 90% face a classe E

### 5.3.3. Processo de certificação

Para a implementação deste sistema de avaliação é necessário seguir todos as recomendações dadas pelo LiderA para se atingir com sucesso os objetivos do mesmo.

O primeiro passo a ser dado é a definição do âmbito do projeto, ou seja, é necessário fazer uma descrição, na folha de registo disponibilizada pelo LiderA, com todos os pormenores e informações necessárias da infraestrutura que vai ser alvo de avaliação. Em seguida o/os assessores formados pelo LiderA que foram nomeados para o projeto, deslocam-se ao local da obra para fazer o levantamento de dados necessários para a realização da avaliação.

Após todos os dados terem sido fornecidos e as visitas ao local terem sido efetuadas, procede-se a avaliação da infraestrutura com base nos critérios definidos no capítulo anterior, suportada por recolha de comprovativos que a evidenciem. Se a infraestrutura cumprir os critérios definidos é classificada em função do resultado obtido e obtém o certificado de infraestrutura sustentável [39].

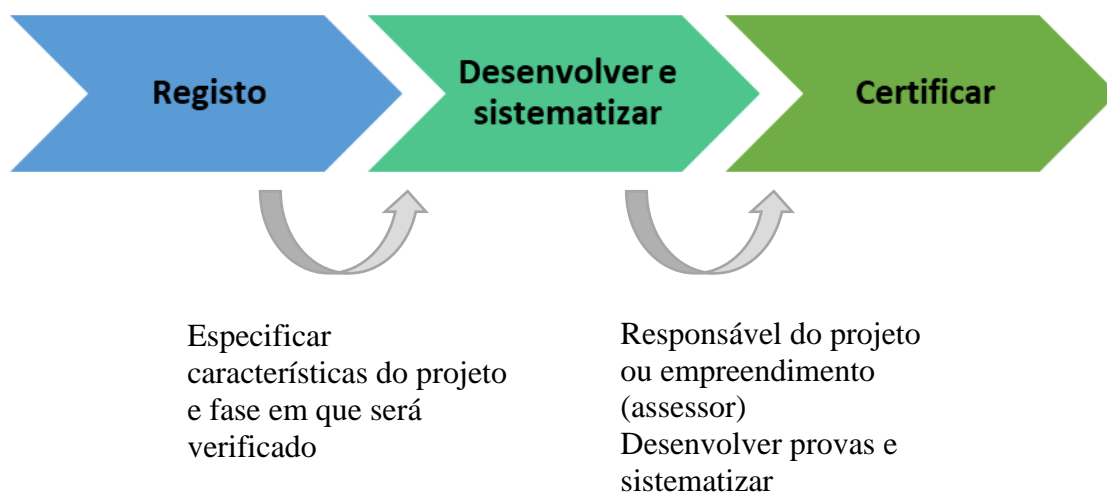


Figura 25-Processo de certificação do sistema LiderA [50]

#### 5.3.4. Custo associado à certificação




Os custos associados ao processo de certificação dependem do tipo e da dimensão do empreendimento, do tipo de acompanhamento que vai ser necessário, ou seja, se vai ser necessário apoio ao desenvolvimento das soluções, apoio na gestão ambiental, na avaliação prévia ou na certificação, incluindo a assessoria.

O custo de certificação é de 150 € por processo + 1 €/m<sup>2</sup> de área construída. Os valores do processo podem ser reduzidos em 50 % no custo por m<sup>2</sup>, no caso de haver um assessor envolvido, tal como o preço global, no caso de haver um acordo com o município, onde se insere o projeto[51].

## 5.4. Quadro Síntese

Na tabela seguinte encontram-se sumariadas as principais características de cada um dos sistemas de avaliação da sustentabilidade anteriormente mencionados.

Tabela 34-Descrição geral dos três sistemas de avaliação da sustentabilidade

	<b>CEEQUAL</b>	<b>GREENROADS</b>	<b>LiderA</b>
<b>Nome completo</b>	Civil Engineering Environmental Quality Assessment & Award Scheme manual	Greenroads	Liderar pelo Ambiente para a construção sustentável
<b>Logotipo</b>			
<b>Origem</b>	Reino Unido	Estados Unidos	Portugal
<b>Versão abordada na dissertação</b>	6.0	2.0	4.0
<b>Breve descrição</b>	Sistema voluntário que se baseia nas boas práticas ambientais na construção	Sistema voluntário que tem por base a quantificação de práticas sustentáveis superiores as práticas comuns.	Sistema voluntário que permite a avaliação da sustentabilidade na construção através de princípios associados a economia, ambiente e sociedade tendo como principal objetivo certificar os ambientes construídos sustentáveis
<b>Projetos-alvo</b>	Todos os projetos de engenharia civil	Projetos de estradas	Projetos de edifícios residenciais, turísticos, comerciais entre outros e ambiente construído
<b>Fases de aplicação</b>	Fase de projeto e construção	Fase de projeto e construção	Em todas as fases ciclo de vida
<b>Organização</b>	Sistema de autoavaliação composto por um conjunto de 30 tópicos de questões de avaliação	Constituído por 12 requisitos de projeto obrigatórios e 45 créditos voluntários	Assenta num conjunto de seis vertentes de bom desempenho ambiental, divididas em 20 áreas e 40 critérios
<b>Áreas de avaliação</b>	Gestão; resiliência; comunidades e partes interessadas; uso do solo e ecologia;	Ambiente e água; materiais; atividades de construção; acesso e habitualidade;	Integração local; recursos; cargas ambientais; qualidade de serviço e resiliência;



	paisagem e histórico ambiental; Poluição; recursos; transportes	serviços uteis;	vivências socioeconómicas; uso sustentável
<b>Pontuação/classificação</b>	Excepcional Excelente Muito Bom Bom Aprovado Não classificado	Bronze Prata Ouro Evergreen	O sistema possui sete classes de desempenho, que variam entre a classe A e a classe G

## **5.5. Análise comparativa dos critérios aplicáveis às principais áreas da sustentabilidade**

Após a explicação de cada um dos sistemas de avaliação ter sido feita anteriormente, onde foram identificados os critérios que cada sistema utiliza bem como as suas áreas de foco e a respetiva ponderação, neste subcapítulo realizou-se uma análise comparativa entre os critérios e parâmetros mais revelantes que cada sistema utiliza na resolução dos principais desafios da sustentabilidade.

Em alguns casos, os critérios estão associados a parâmetros e áreas diferentes em cada sistema o que dificulta a comparabilidade e análise dos mesmos.

Assim para que fosse possível fazer esta análise comparativa entre os sistemas apresentados foram adotadas áreas comuns aos três sistemas de avaliação, sendo as áreas escolhidas as seguintes:

- Sustentabilidade no local de construção
- Sustentabilidade na gestão de recursos
  - Água
  - Energia
  - Materiais
- Sustentabilidade nas emissões/Poluição
- Sustentabilidade nos transportes
- Sustentabilidade Cultural, Social e Económica

Com as áreas definidas foram analisados e agrupados os critérios e parâmetros adaptáveis a estradas, que cada um dos três sistemas de avaliação utiliza, de maneira a ser possível fazer uma análise conjunta dos mesmos em relação as áreas da sustentabilidade escolhidas, de modo a verificar como cada sistema enfrenta os principais desafios da sustentabilidade.

### **5.5.1. Sustentabilidade no local de construção**

Nesta área foram analisados todos os critérios relacionados com o local onde a estrada será construída, incluindo critérios que abordam o solo e os seus usos, critérios relacionados os habitats, com o valor ecológico e critérios relacionados com a biodiversidade, em suma todos os critérios que se relacionem direta ou indiretamente com o local de construção.

Esta área é considerada umas das mais importantes face ao desenvolvimento sustentável pois a escolha do local onde uma estrada vai ser construída é um aspeto decisivo, já que condiciona e influencia todos os outros critérios.

A ocupação do solo é considerada um dos principais desafios da sustentabilidade, o local de construção escolhido deve contribuir para a diminuição da ocupação em zonas naturais, para a redução das áreas ocupadas e impermeabilizadas e deve preservar as características naturais existentes do terreno [50].

Em relação aos ecossistemas, considera-se como principal desafio para a sustentabilidade, a proteção de zonas naturais, a diminuição de impactes sobre a biodiversidade e o aumento e valorização da dinâmica ecológica.

A tabela seguinte mostra os critérios que se relacionam com o local de construção, para os três sistemas.

Tabela 35-Sustentabilidade no local de construção

	<b>CEEQUAL</b>	<b>Greenroads</b>	<b>LiderA</b>
<b>Área de intervenção dentro de cada sistema</b>	<b>Uso do Solo e Ecologia</b>	<b>Ambiente e água</b>	<b>Integração local</b>
<b>Critérios analisados</b>	<b>4.1- Utilização e valor do solo</b>	<b>CV-2- Conectividade ecológica</b>	<b>P1- Organização territorial</b>
	Incentiva uma utilização eficiente do solo e minimiza a utilização de terrenos não urbanizados (terrenos agrícolas ou florestas)	Melhora o acesso e a mobilidade da vida selvagem na estrada	Contempla o estudo do local de construção e o respetivo uso do solo de modo a valorizar a construção num local que permita minimizar a ocorrência de impactes no solo e que garanta um desenvolvimento mais sustentável
	<b>4.3- Proteção da biodiversidade</b>	<b>CV-3- Conservação dos habitats</b>	<b>P2- Potenciar funções do solo</b>
Sempre que possível deve-se preservar a biodiversidade e os habitats naturais existentes e limitar os impactes negativos sob os mesmos.	Promove a restauração e proteção dos habitats naturais se a estrada a ser construída os destruir	Analisa a ocupação do projeto no local de construção e a integração do mesmo no ambiente existente, de modo a assegurar que sua correta implantação promova, por exemplo, o desenvolvimento de ecossistemas e preserve a existência de solo natural	

	<b>4.4- Melhorias na biodiversidade</b>	<b>CV-5- Qualidade da vegetação</b>	<b>P3- Valorização ecológica</b>
	Promove o aumento do valor ecológico de um solo, não só no local de construção como na envolvente, construindo por exemplo habitats naturais	Promove a colocação de vegetação sustentável no local de construção, ou seja, vegetação que não necessite de rega	Devem ser asseguradas as funções ecológicas do solo, incluindo a capacidade de suporte das atividades ecológicas do ciclo da água, a manutenção da vegetação e das espécies locais.
	<b>4.5- Gestão a longo prazo da biodiversidade</b>		<b>P4- Serviços dos ecossistemas</b>
	Promove uma monitorização e uma gestão contínua dos habitats e das funções ecológicas de modo a garantir que resultados positivos a longo prazo sejam alcançados	<b>CV-6- Gestão do solo</b>	<b>P5- Valorização da paisagem</b>
		Promove a redução da quantidade de terra movimentada pelas terraplenagens	A zona a ser construída deve valorizar a paisagem e deve se integrar com a paisagem já existente, contribuindo para uma integração paisagística e valorização da componente ambiental
<b>Área de intervenção dentro de cada sistema</b>	<b>Paisagem e histórico ambiental</b>	<b>Acesso e habitabilidade</b>	
<b>Critérios analisados</b>	<b>5.1- Paisagem e impacte ambiental</b>	<b>CV-37-Cenário e estética</b>	
	Garante que a paisagem é respeitada e inalterada e incentiva que os projetos se adequem e integrem á paisagem já existente	Assegurar que as estradas possuem vistas/paisagens agradáveis aos utilizadores	

Pela análise da tabela pode se verificar a importância que a área relacionada com o local de construção tem para os três sistemas de avaliação, pois embora tenham designações diferentes, os critérios adotados pelo CEEQUAL, Greenroads e pelo LiderA possuem objetivos idênticos: conservar e proteger os habitats e os ecossistemas e utilizar o solo de maneira eficiente.

Em relação a paisagem, o CEEQUAL e o LiderA promovem uma integração paisagística, ou seja, a zona onde a estrada vai ser construída deve se integrar com a paisagem existente, valorizando assim a sua componente ambiental. Já o Greenroads não tem um critério específico relacionado com a paisagem.

Concluindo, face aos principais desafios da sustentabilidade, referentes ao local de construção acima mencionados, os sistemas de avaliação priorizam a valorização ambiental o que reduz os impactos ambientais causados pela construção de uma estrada e valorizam a componente ecológica protegendo e conservando as áreas naturais existentes e a biodiversidade.

### 5.5.2. Sustentabilidade na gestão de recursos-Água

Nesta área foram analisados todos os critérios relacionados com o consumo de água.

A água é fundamental para a vida, para os ecossistemas, para os seres humanos e para as atividades construtivas, no entanto com o aumento populacional, com o desperdício e principalmente devido as alterações climáticas, a abundância de água potável está cada vez mais escassa. Por isso adotar um consumo de água eficiente e consciente é um dos principais desafios na obtenção da sustentabilidade.

A nível nacional, para incrementar o consumo de água eficiente foi implementado o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA), cujos principais objetivos são a redução das perdas de água, a otimização do uso de água no setor da construção e a redução dos volumes de cargas poluentes que vão para os meios hídricos [52].

A tabela seguinte mostra os critérios que se relacionam com a água, para os três sistemas.

Tabela 36-Sustentabilidade na gestão de recursos-Água

	<b>CEEQUAL</b>	<b>Greenroads</b>	<b>LiderA</b>
<b>Área de intervenção dentro de cada sistema</b>	<b>Recursos</b>	<b>Ambiente e água</b>	<b>Recursos</b>
<b>Crítérios analisados</b>	<b>7.8-Consumo de Água</b>	<b>CV-7-Conservação da água</b>	<b>P10-Uso ponderado de água</b>
	Promove a redução e uma gestão eficiente do consumo de água	Promove medidas de redução no consumo de água (reutilização de água sempre que possível)	Promove o uso sustentável da água adotando um uso racional da mesma, devendo-se introduzir mecanismo de reutilização de água sempre que possível
			<b>P11-Gestão de águas locais</b>
			É necessário assegurar o bom funcionamento do ciclo natural da água, evitando aumentar a escorrência superficial e assegurando a drenagem natural das linhas de água, maximizando a infiltração
<b>Área de intervenção dentro de cada sistema</b>		<b>Atividades de construção</b>	<b>Gestão das cargas ambientais</b>
<b>Crítérios analisados</b>		<b>CV-22-Controlo no uso de água no estaleiro</b>	<b>P15-Gestão das águas residuais</b>
		Promove o uso sustentável da água no local de construção controlando as quantidades gastas da mesma	As águas residuais devem ser reduzidas e reutilizadas nas atividades que não necessitem de água potável. Também é recomendado a colocação de sistemas de tratamento locais, para diminuir a pressão sobre as estações de tratamento residuais

Os três sistemas de avaliação fomentam um consumo de água consciente no geral. O Greenroads e o LiderA promovem a reutilização de água residuais em atividades que não necessitem de água potável contribuindo assim para a redução do consumo de água. O Greenroads vai um pouco mais além e incentiva a quantificação total de água para controlar o consumos da mesma.

### 5.5.3. Sustentabilidade na gestão de recursos-Energia

Nesta área foram analisados todos os critérios relacionados com o consumo de energia.

O setor da construção civil é dos setores que mais provoca impactes ambientais e emissões de gases com efeito de estufa principalmente devido ao excessivo consumo de energia.

É necessário reduzir este consumo sempre que possível, implementando medidas de eficiência energética, promover a utilização de energia proveniente de fontes renováveis e reduzir os custos associados ao consumo de energia, sendo estes os principais desafios identificados da sustentabilidade nesta área.

A tabela seguinte mostra os critérios que se relacionam com a energia, para os três sistemas.

Tabela 37-Sustentabilidade na gestão de recursos-Energia

	<b>CEEQUAL</b>	<b>Greenroads</b>	<b>LiderA</b>
<b>Área de intervenção dentro de cada sistema</b>	<b>Recursos</b>	<b>Atividades de construção</b>	<b>Recursos</b>
<b>Critérios analisados</b>	<b>7.7-Consumo de energia</b>	<b>CV-20-Consumo eficiente de Combustível dos equipamentos</b>	<b>P7-Desempenho passivo</b>
	Promove a redução do consumo de energia e o aumento da eficiência energética, de modo a minimizar as emissões gases feito de estufa e de outros poluentes associados ao consumo de energia	Promove a redução do consumo geral de combustíveis fósseis utilizados em equipamentos	De forma a minimizar o consumo de energia deve-se optar por usar sistemas passivos
			<b>P9-Gestão do carbono</b>
			Quantifica as emissões de carbono resultantes do consumo de energia das fontes não renováveis. Dá-se preferência a utilização de energia proveniente das fontes renováveis
<b>Área de intervenção dentro de cada sistema</b>		<b>Serviços Uteis</b>	
<b>Critérios analisados</b>		<b>CV-41-Eficiencia energética</b>	
		Redução do consumo de energia a longo prazo de sistemas de iluminação das estradas, optando por exemplo por iluminação LED	
		<b>CV-42-Energias alternativas</b>	
		Promove a utilização de	

		fontes de energia renováveis sempre que possível (Eólica, solar, hídrica, etc.) em substituição do uso de combustíveis fósseis	
--	--	--	--

Verificam-se semelhanças entre os três sistemas de avaliação no que concerne ao desempenho energético e ao consumo de energia. Todos promovem a redução do consumo de energia, de modo a minimizar as emissões de gases efeito de estufa. O Greenroads e o LiderA promovem o uso de energias alternativas provenientes de fontes renováveis como por exemplo energia solar, eólica, hídrica entre outras.

#### 5.5.4. Sustentabilidade na gestão de recursos-Materiais

Nesta área foram analisados todos os critérios relacionados com o consumo de materiais e a produção de resíduos.

A construção civil é umas maiores consumidoras de recursos materiais, e como este setor está em constante crescimento, o consumo de materiais por consequência está sempre a aumentar. O consumo de materiais utilizados na construção provoca inúmeros impactes ambientais, sendo que o principal está relacionado com o consumo de recursos e das matérias-primas e aos respetivos processos de fabricação e extração dos mesmos [27].

Assim na procura da sustentabilidade, é imperativo reduzir sempre que possível o consumo de materiais, devendo-se privilegiar a utilização de materiais:

- locais, reciclados e/ou renováveis;
- não tóxicos ou de baixa toxicidade;
- de baixa energia associada à sua produção, transporte e utilização;
- e com alta durabilidade.

Também é importante garantir que os materiais utilizados dispõem de baixo impacte ambiental, comprovado pela sua certificação ambiental.

Em relação a produção de resíduos, o sector da construção é o responsável pela maioria dos resíduos gerados em Portugal, logo é necessário implementar medidas que fomentam a sua redução.



A tabela seguinte mostra os critérios que se relacionam com os materiais, para os três sistemas.

Tabela 38-Sustentabilidade na gestão de recursos-Materiais

	<b>CEEQUAL</b>	<b>Greenroads</b>	<b>LiderA</b>
<b>Área de intervenção dentro de cada sistema</b>	<b>Recursos</b>	<b>Materiais</b>	<b>Materiais</b>
<b>Critérios analisados</b>	<b>7.3-Impacte ambiental dos produtos usados na construção</b>	<b>CV-11-Conservação e reutilização de materiais</b>	<b>P12-Produtos e materiais de origem responsável</b>
	Redução da carga ambiental dos materiais usados na construção através da implementação da avaliação do ciclo de vida dos mesmos e através da adoção de materiais com baixo impacto ambiental	Reutilização de materiais existentes de modo a evitar desperdícios	Incentiva a utilização de materiais com bom desempenho ambiental e origem responsável, ou seja, materiais com baixo impacte ambiental e que sejam certificados. Atribui-se preferência à utilização de materiais locais, cuja distância para buscar os mesmos não ultrapasse os 100 km, contribuindo assim para a redução da energia gasta em transportes e ajuda a economia local
	<b>7.5-Fornecimento responsável de materiais de construção</b>	<b>CV-12-Uso de materiais reciclados</b>	<b>P13-Durabilidade dos ambientes construídos</b>
	Incentiva a aquisição e utilização de materiais mais sustentáveis e de origem responsável	Promove o uso de materiais reciclados, reduzindo o custo do ciclo de vida dos impactos ecológicos e até mesmo da construção da própria estrada	Como o consumo de materiais está relacionado com a durabilidade dos materiais e dos ambientes construídos, prezam-se pela utilização de materiais com alto índice de durabilidade, reduzindo assim o consumo de materiais durante a construção
	<b>7.6-Gestão de resíduos da construção</b>	<b>CV-13-Declaração ambiental dos produtos</b>	
Adoção de uma gestão de resíduos para minimizar a quantidade de resíduos produzidos	Incentiva a utilização de materiais com bom desempenho ambiental e que sejam certificados		

		<b>CV-15-Uso de materiais locais</b>	
		Promove o uso de materiais locais para reduzir custos de combustível e impactes no transporte e para apoiar a economia local	
		<b>CV-16-Durabilidade dos materiais</b>	
		Promove a utilização de materiais com alto índice de durabilidade, nomeadamente a colocação de um pavimento de longa duração reduzindo assim o custo do ciclo de vida	
<b>Área de intervenção dentro de cada sistema</b>			<b>Cargas ambientais</b>
<b>Crítérios analisados</b>			<b>P16-Gestão de resíduos</b>
			Promove a redução da quantidade de resíduos produzidos e estipula medidas na gestão dos mesmos, como por exemplo a adoção da regra dos 4Rs: reduzir, reutilizar, reciclar e recuperar materiais e energia. Reduzir a produção de resíduos deve ser encarado como uma meta a atingir em todas as fases do ciclo de vida

Pela análise da tabela é notável a importância que é dada aos materiais pelos três sistemas, os critérios que utilizam são praticamente os mesmos. Todos os sistemas promovem a redução do consumo de materiais, incentivando à reutilização e à reciclagem de maneira a evitar desperdícios. Também promovem o uso de materiais com origem responsável, ou seja, materiais com bom desempenho ambiental e privilegiam materiais de origem local, o que contribui para a redução do consumo de energia gasto em transportes e potencia a economia local.

O CEEQUAL e o LiderA incentivam ainda o uso de materiais com índice de durabilidade elevado, de maneira a ser reduzido o consumo de materiais durante a fase de construção.

No que se refere à gestão de resíduos resultantes da construção, o CEEQUAL e o LiderA promovem a adoção de uma gestão eficiente de maneira a serem minimizados as quantidades de resíduos produzidos, já no Greenroads não se encontra um critério específico que aborde a questão da gestão dos resíduos.

### 5.5.5. Sustentabilidade nas Emissões/Poluição

Nesta área foram analisados todos os critérios relacionados com as emissões atmosféricas provenientes da construção e com todos os tipos de poluição resultantes: sonora, luminosa e atmosférica.

A construção de estradas origina emissões e cargas poluentes, tais como emissões atmosféricas, a poluição sonora e vibrações e poluição térmica e/ou luminosa que resultam na maior parte das vezes dos transportes efetuados e da produção dos materiais de construção, como é o caso do cimento. Estas emissões que têm na sua constituição poluentes como o oxido de azoto(Nox), dióxido de carbono, metais , entre outros, contribuem para alterar a qualidade do ar [29]

A tabela seguinte mostra os critérios que se relacionam com as emissões GEE e Poluição, para os três sistemas.

Tabela 39-Sustentabilidade nas Emissões/Poluição

	<b>CEEQUAL</b>	<b>Greenroads</b>	<b>LiderA</b>
<b>Área de intervenção dentro de cada sistema</b>	<b>Poluição</b>	<b>Atividades de construção</b>	<b>Cargas ambientais</b>
<b>Critérios analisados</b>	<b>6.1-Poluição da água</b>	<b>CV-21-Emissões de gases produzidas no estaleiro</b>	<b>P18-Gestão das emissões atmosféricas</b>
	Contempla a proteção do ambiente aquático da poluição resultante da construção	Minimizar as emissões de gases dos equipamentos utilizados no local da construção	Contempla a análise das fontes e das cargas de emissões atmosféricas, nas quais se adotam medidas que promovam a redução das emissões de partículas de SO2 e NOx
	<b>6.2-Poluição do ar,</b>		<b>P19-Gestão de outras</b>

	<b>sonora e luminosa</b>		<b>cargas ambientais</b>
	Promove a gestão, minimização e mitigação dos efeitos negativos da poluição atmosférica, sonora e luminosa		Contempla a gestão da poluição ilumino-técnica, promove a redução das emissões de luz artificial no período noturno de modo a não prejudicar os ecossistemas
<b>Área de intervenção dentro de cada sistema</b>	<b>Recursos</b>	<b>Acesso e habitabilidade</b>	
<b>Crítérios analisados</b>	<b>7.2-Redução das emissões de carbono em todo o ciclo de vida</b>	<b>CV-34-Redução do ruído</b>	
	Promove a redução das emissões de carbono durante todo o ciclo de vida	Promove a redução do ruído através da colocação de um pavimento porosa e através da limitação da velocidade em zonas habitáveis	

Através da análise da tabela, verifica-se que os três sistemas promovem a redução de emissões de gases com efeito de estufa em todo o ciclo de vida de uma estrada. Em relação à poluição, os três sistemas apresentam diferenças, enquanto o CEEQUAL considera a poluição da água, a atmosférica e a luminosa, o Greenroads foca-se na poluição do ruído promovendo a colocação de um pavimento poroso e o LiderA considera a poluição luminosa fomentando a redução das emissões de luzes artificiais no período noturno de modo a não prejudicar os ecossistemas.

Também é importante referir que o LiderA promove a redução de emissões de partículas de SO<sub>2</sub> e de Nox devido ao seu potencial acidificante.

#### 5.5.6. Sustentabilidade nos transportes

Nesta área foram analisados todos os critérios relacionados com a mobilidade e acessibilidade da localização dos utilizadores da estrada a outros serviços. Esta área relaciona diretamente a comunidade com o espaço onde a estrada se vai localizar. Como se trata de uma infraestrutura

rodoviária, é necessário garantir acessos pedonais e ciclovias para que as pessoas circulem com todas as condições de segurança.

Tabela 40-Sustentabilidade nos transportes

	<b>CEEQUAL</b>	<b>Greenroads</b>	<b>LiderA</b>
<b>Área de intervenção dentro de cada sistema</b>	<b>Transportes</b>	<b>Acesso e habitabilidade</b>	<b>Vivências económicas</b>
<b>Critérios analisados</b>	<b>8.1-Rede de transportes</b>	<b>CV-30-Mobilidade multimodal e CV-32- Transporte ativo</b>	<b>P24-Mobilidade ativa</b>
	Promove a criação de uma rede de transporte local, que promova acessibilidade a comunidade através da construção de ciclovias, vias destinadas apenas a autocarros, infraestruturas pedonais, entre outros	Promove a criação de condições para uma mobilidade ativa com acessibilidade para os peões e ciclistas	Promove a criação de condições para uma mobilidade ativa, através da construção de infraestruturas pedonais e ciclovias, que garantam acessibilidade e integração com a envolvente
			<b>P25-Sistema de transportes eficientes</b>
Criar condições para assegurar eficiência dos transportes, preferencialmente os de carácter mais ecológico, valorizando-se a proximidade a transportes públicos			
<b>Área de intervenção dentro de cada sistema</b>		<b>Serviços uteis</b>	
<b>Critérios analisados</b>		<b>CV-39-Manutenções e saídas de emergência</b>	
		Assegura equipas de manutenção, de modo a garantir a limpeza da estrada e promove a construção de saídas de emergência para assegurar condições de segurança aos utilizadores	
		<b>CV-40-Infraestruturas para veículos elétricos</b>	
		Promove a construção de infraestruturas adaptáveis para veículos elétricos,	

		com a colocação de postos de carregamento	
--	--	---	--

Os três sistemas promovem a criação de condições para uma mobilidade ativa através da construção de ciclovias e passagens pedonais de modo a garantir acessibilidade, o que incentiva os utilizadores a optarem pelo uso da bicicleta para as suas deslocações em vez dos tradicionais veículos a motor, reduzindo assim as emissões de gases com efeito de estufa.

O Greenroads promove ainda que as infraestruturas rodoviárias sejam adaptadas para os veículos elétricos.

### 5.5.7. Sustentabilidade Cultural, Social e Económica

Nesta área foram analisados todos os critérios que visem melhorar a qualidade de vida das populações ou seja critérios referentes aos benefícios sociais, culturais e ambientais que a infraestrutura pode proporcionar a comunidade.

A tabela seguinte mostra os critérios que se relacionam para os três sistemas.

Tabela 41-Sustentabilidade Cultural, Social e Económica

	<b>CEEQUAL</b>	<b>Greenroads</b>	<b>LiderA</b>
<b>Área de intervenção dentro de cada sistema</b>	<b>Gestão</b>	<b>Atividades de construção</b>	<b>Vivências económicas</b>
<b>Critérios analisados</b>	<b>1.5-Analise do custo do ciclo de vida</b>	<b>CV-18-Condições de segurança e saúde no trabalho</b>	<b>P27-Espaços inclusivos</b>
	Promove a análise do custo do ciclo de vida de modo a serem selecionadas as alternativas mais eficientes e económicas durante todo o ciclo de vida	Garantia de condições de segurança e saúde aos trabalhadores	Promove a acessibilidade a todas as pessoas, nomeadamente pessoas com mobilidade reduzida
		<b>CV-26-Trabalho qualificado e valorizado</b>	<b>P29-Contributo para o bem-estar comunitário</b>
		Promove a contratação de trabalhadores, incluindo empreiteiro, qualificados e uma construção com qualidade e garantia. E estabelece que os trabalhadores recebem	Promove soluções que assegurem a saúde e o bem-estar da comunidade nos espaços comuns

		salários justos e condições de trabalho	
		<b>CV-27-Desenvolvimento económico local</b>	<b>P33-Baixos no ciclo de vida</b>
		Promove a criação de postos de trabalho na região e fornecimento de materiais das empresas locais	Contempla as diferentes fases do ciclo de vida visto ser uma maneira de maximizar a rentabilidade e juntamente minimizar a sua manutenção
			<b>P32-Contributo para a cultura e identidade</b>
			Promove a valorização da cultura
			<b>P34-Contributo para a economia circular</b>
			Promove a criação de condições para a economia circular
	<b>P35-Contributo para empregos ambientais</b>		
		Promove a criação de postos de trabalho localizados nos ambientes construídos locais, de modo a evitar perdas de tempo nas deslocações e diminuição de emissões de carbono	
<b>Área de intervenção dentro de cada sistema</b>	<b>Comunidades e partes interessadas</b>	<b>Acesso e habitabilidade</b>	<b>Integração local</b>
<b>Critérios analisados</b>	<b>3.1-Envolvimento com as comunidades</b>	<b>CV-35-Programa cultural</b>	<b>P6-Valorização do património construído</b>
	Promove um envolvimento com as comunidades, de modo a serem identificadas as preocupações destas, estabelecendo uma relação de confiança entre a comunidade e as partes interessadas	Promove uma integração cultura e uma conectividade entre a comunidade e a arte	O património existente pode ter uma grande influência na identidade do local e como tal deve ser conservado e valorizado
	<b>3.2-Benefícios sociais</b>		

	Implementação de ações que aumentem os benefícios sociais, como por exemplo promover acessibilidade para todos (idosos, pessoas com deficiência)		
	<b>3.3-Benefícios económicos</b>		
	Implementação de ações que aumentem os benefícios económicos (criação de postos de trabalho, redução do tempo de viagem, melhorias na exportação)		
<b>Área de intervenção dentro de cada sistema</b>	<b>Paisagem e histórico ambiental</b>		
<b>Critérios analisados</b>	<b>5.2-Bens patrimoniais</b>		
	Promove medidas que garantam proteção do património		

Através da análise da tabela, verifica-se que os três sistemas contribuem para o bem-estar das populações de diversas formas. Os aspetos que os três sistemas têm em comum é a criação de postos de trabalho locais a valorização do património existente, que defendem que deve ser conservado e valorizado. O CEEQUAL e o LiderA fomentam a análise do custo do ciclo de vida de maneira a tornar a construção mais eficiente e sustentável

O CEEQUAL promove um relação de confiança com as comunidades promovendo um envolvimento com as mesmas já o Greenroads promove a implementação de condições de segurança e saúde no local de construção e valoriza os mesmos com a atribuição de salários adequados.



## ***Capítulo 6***

---

### **Conclusão**



## 6. CONCLUSÃO

### 6.1. Discussão

A construção de estradas traz inúmeros benefícios aos seus utilizadores entre elas, o aumento da acessibilidade, facilidade de circulação das pessoas e as melhorias no transporte de bens materiais, no entanto por ser uma obra de grandes dimensões, é umas das atividades do setor da construção que mais impactes ambientais produz. Os impactes ambientais mais significativos ocorrem na fase de construção e revelam-se ao nível do solo e usos do solo, consumo elevado de matérias-primas, recursos hídricos e qualidade da água, ambiente sonoro, qualidade do ar, paisagem, ordenamento do território. Por isso incluir a sustentabilidade e adotar uma construção mais sustentável ao longo de todo o processo construtivo é de extrema importância.

Para reduzir a ocorrência dos impactes resultantes da construção, foram surgindo ao longo dos anos sistemas que incentivam a implementação de medidas e soluções mais sustentáveis, estes sistemas são denominados de sistemas de avaliação da sustentabilidade. Estes sistemas abordam áreas importantes tais como o solo, a água, materiais de construção, consumo de energia, impactes na biodiversidade, entre outros.

Os sistemas de avaliação da sustentabilidade abordados na presente dissertação foram o Greenroads, o CEEQUAL e o LiderA.

Os três sistemas de avaliação da sustentabilidade estudados apresentam metodologias diferentes e a ponderação que é atribuída aos três pilares/dimensões da sustentabilidade também varia, no entanto após a sua análise dos percebe-se que os seus objetivos gerais são muito parecidos, tendo como primeira instância incentivar a adoção dos princípios da sustentabilidade na construção. Uma outra característica que os sistemas têm em comum deve-se ao facto de todos apoiarem um projeto em fase inicial, o que contribui para seja possível alcançar níveis de desempenho de sustentabilidade superiores as práticas existentes.

Outra conclusão que pode ser retirada após a finalização do presente trabalho, prende-se pelo facto de que os sistemas de avaliação atribuem um peso maior à dimensão ambiental e social pondo um pouco de parte a dimensão económica, não que isto seja um ponto negativo porque não é, contudo como foi dito ao longo da dissertação a sustentabilidade assenta em três pilares/dimensões, por isso o ideal é que as dimensões económica, social e ambiental sejam

consideradas em conjunto e com a mesma ponderação. No entanto é notório que o setor da construção é um negócio, em que o principal objetivo é a obtenção de lucro, e o que acontece muitas vezes é que os donos de obra apenas cumprem os mínimos que a lei exige, e aplicar sistemas de avaliação de sustentabilidade implicaria mais despesas.

Embora os três sistemas estudados sejam muito interessantes do ponto de vista da avaliação da sustentabilidade, o sistema mais adequado para fazer esta avaliação em estradas em Portugal é o sistema LiderA, pois por ser um sistema de avaliação nacional, as áreas e os critérios/programas abrangem a legislação portuguesa. Além disso, comparado com o CEEQUAL e com o Greenroads o LiderA é um sistema mais simples e objetivo no que diz respeito ao processo de verificação e avaliação.

Uma das limitações que os sistemas de avaliação apresentam, deve-se ao facto de não ser possível aplicar a mesma metodologia a dois projetos diferentes de maneira sistemática, ou seja, como cada projeto tem as suas especificações, os sistemas têm que adaptar os seus critérios ao projeto bem como à legislação do país em que o projeto vai ser aplicado. Outra limitação encontrada diz respeito à classificação dos sistemas. Como a classificação final é atribuída por um assessor, de certa forma depende muito da opinião e do sentido crítico do mesmo, o que faz com que por exemplo se dois assessores diferentes, mesmo que tenham a mesma formação, fizeram a avaliação de um projeto, a classificação final vai ser diferente e por consequente o nível de certificação também.

No que respeita às principais dificuldades encontradas ao longo do desenvolvimento da presente dissertação, existiram algumas, no entanto nenhuma delas impediu a finalização do presente trabalho. A primeira limitação, e talvez a principal a ser destacada, foi a falta de bibliografia disponível relativa à aplicação de sistemas de avaliação da sustentabilidade em estradas, pois embora existam muitos artigos e teses sobre a temática da sustentabilidade, a maioria versa sobre edifícios e não no ambiente construído. Outra limitação encontrada foi a inexistência de bibliografia relativa aos sistemas CEEQUAL e Greenroads em contexto nacional, pois estes dois sistemas nunca foram aplicados em Portugal.

Com a realização desta dissertação, espera-se que possa servir de motivação para a realização de outros trabalhos futuros no mesmo âmbito da sustentabilidade na construção, nomeadamente nas infraestruturas rodoviárias.

## **6.2. Desenvolvimentos futuros**

De modo a dar continuidade ao estudo desenvolvido na presente dissertação, propõe-se a aplicação dos três sistemas de avaliação da sustentabilidade abordados: Greenroads, CEEQUAL e o LiderA a uma caso de estudo prático, nomeadamente a um projeto de estrada, com o propósito de verificar a diferença dos três sistemas na prática, visto que a presente dissertação focou na análise teórica.

Também se propõe o estudo de outros sistemas de avaliação que sejam aplicáveis em estradas nomeadamente o Greenlites, Envision, Invest, entre outros.



## ***Referências Bibliográficas***

---





## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Oliveira, P. Pereira, and L. Picado Santos, “Pavimentos Rodoviários: A importância da existência de um sistema de gestão,” *Construção Magazine - Revista Técnico-Científica de Engenharia Civil*, 2011.
- [2] A. Oliveira, “Condicionantes Ambientais no Projecto de Vias de Comunicação,” Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, 2008.
- [3] J. P. Araújo, J. Oliveira, and H. Silva, “The importance of the use phase on the LCA of environmentally friendly solutions for asphalt road pavements,” 2014.
- [4] J. M. Barandica, G. Fernández-Sánchez, Á. Berzosa, J. A. Delgado, and F. J. Acosta, “Applying life cycle thinking to reduce greenhouse gas emissions from road projects,” *J. Clean. Prod.*, vol. 57, pp. 79–91, 2013.
- [5] G. Fernández-Sánchez and F. Rodríguez-López, “A methodology to identify sustainability indicators in construction project management - Application to infrastructure projects in Spain,” *Ecol. Indic.*, vol. 10, no. 6, pp. 1193–1201, 2010.
- [6] V. C. Alves, “Uso do Sistema LiderA como Ferramenta de Análise de sustentabilidade na Reabilitação Urbana do Centro Histórico de Viseu,” Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para a obtenção do grau de Mestre em Urbanismo Sustentável e Ordenamento do Território, 2020.
- [7] Infraestruturas de Portugal, “Plano rodoviário nacional.” [Online]. Available: <https://www.infraestruturasdeportugal.pt/pt-pt/rede/rodoviaria/prn>. [Accessed: 13-Dec-2020].
- [8] F. Branco, P. Pereira, and L. Picado Santos, *Pavimentos Rodoviários*. 2011.
- [9] A. H. Pires da Costa and J. M. G. Macedo, “Engenharia de Tráfego: Conceitos Básicos,” in *Manual de Planeamento das Acessibilidades e da Gestão Viária*, 2008, p. 36.
- [10] R. C. Costa, “Procedimentos para a gestão de processo de AIA em projectos lineares – Projecto de infraestruturas rodoviárias em fase de Estudo Prévio,” Dissertação apresentada ao Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa para a

- obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, 2007.
- [11] R. Almeida, “Desativação de infraestruturas rodoviárias: Metodologias utilizadas em países europeus,” Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia de Lisboa para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na área de especialização de Vias de Comunicação e Transportes, 2016.
- [12] *Portaria n.º 701-H/2008 de 29 de julho do Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações*. 2008, pp. 5106 (37)-5106 (80).
- [13] C. Vieira, “Direcção de obra de estradas, Contribuição para a melhoria do Processo,” Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para a obtenção do grau de Mestre em Vias de Comunicação, 2004.
- [14] L. M. Marques, “Controlo de Custos em Obras de Vias de Comunicação-Estudo de caso,” Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Especialização em Construções, 2012.
- [15] F. Martinho, “Direção e Acompanhamento de obras Rodoviárias,” Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, 2017.
- [16] F. Lopes, “Estudo da Reflexão de Fendas em Pavimentos Semi-Rígidos,” Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, 2011.
- [17] Estradas De Portugal, “Equipamentos de sinalização e segurança: Dicionário de rúbricas e critérios de medição,” 1998. [Online]. Available: <https://www.infraestruturasdeportugal.pt/pt-pt/negocios-e-servicos/fornecedores/documentacao>. [Accessed: 15-Dec-2020].
- [18] APA, “Inventário Nacional de Emissões 2020 Objetivos e metas.” 2020.
- [19] Expresso, “ESTAMOS CONDENADOS? O PRAZO PARA SALVAR A TERRA TERMINA EM 2030,” 2018. [Online]. Available: <https://multimedia.expresso.pt/ambiente2018/>.
- [20] A. M. S. Calixto, “Métodos de Avaliação da Sustentabilidade na construção,” Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia de Coimbra para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Especialização em Construção

- Urbana, 2016.
- [21] A. Pinho, “Emissão de gases com efeito de estufa na distribuição do gás natural,” Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, 2019.
- [22] J. Bernardo, “Plano Nacional Energia e Clima,” 2019.
- [23] F. Abreu, “Sustentabilidade para a direção de obra,” Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Especialização em Construções, 2020.
- [24] APA, “Avaliação do impacte ambiental.” .
- [25] *DECRETO-LEI n.º 69/2000 de 3 de maio do Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território*. 2000, pp. 1784–1801.
- [26] R. Matos, “Building Life Cycle Management na reabilitação de edifícios,” Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, 2016.
- [27] Á. FERNANDES, “Métodos de avaliação da sustentabilidade das construções,” Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Especialização em Construções, 2013.
- [28] A. Teixeira, “Operacionalização de Princípios de Sustentabilidade nas Práticas de Projecto,” Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Especialização em Construções, 2010.
- [29] M. D. Pinheiro, *Ambiente E Construção Sustentável*, Instituto. 2006.
- [30] “Sexto programa de ação em matéria de ambiente,” 2011. [Online]. Available: [http://publications.europa.eu/resource/cellar/f9319510-a0ab-4fef-af8d-4d8a34c76026.0013.02/DOC\\_2](http://publications.europa.eu/resource/cellar/f9319510-a0ab-4fef-af8d-4d8a34c76026.0013.02/DOC_2).
- [31] Comissão Europeia, “Viver bem , dentro dos limites do nosso planeta.”
- [32] APA, “Políticas, estratégias e compromissos internacionais.” [Online]. Available: <https://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=142&sub2ref=249>. [Accessed: 26-Mar-2021].

- [33] L. Magalhães, “Agenda 2030,” 2018. [Online]. Available: <https://www.todamateria.com.br/agenda-2030/>. [Accessed: 26-Mar-2021].
- [34] A. Carvalho, “Proposta de método para a avaliação da sustentabilidade em obra,” Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Especialização em Construções Civas, 2012.
- [35] R. Mateus, “Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção,” Dissertação apresentada à Universidade do Minho para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, 2004.
- [36] R. Mateus, “Avaliação da Sustentabilidade da Construção,” Dissertação apresentada à Universidade do Minho para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil, 2009.
- [37] P. Sousa and M. Amado, “Construção Sustentável – Contributo para a Construção de Sistema de Certificação.”
- [38] J. Bryce, “Developing Sustainable Transportation Infrastructure,” *Explor. Dev. Implement. a Green Highw. Rat. Syst.*, no. August, 2008.
- [39] A. Magina, “Avaliação da sustentabilidade de infraestruturas rodoviárias pelo sistema LiderA,” Dissertação apresentada ao Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, 2008.
- [40] “Passagens Verdes: Como ajudar os animais a atravessar a estrada?” [Online]. Available: <https://noctula.pt/passagens-verdes-como-ajudar-os-animais-a-atravesar-a-estrada/>. [Accessed: 08-Jun-2021].
- [41] B. Costa, “Gestão da sustentabilidade nas estradas,” Dissertação apresentada ao Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, 2012.
- [42] A. Pereira, “A integração de critérios de sustentabilidade na legislação portuguesa da construção,” Dissertação apresentada à Universidade de Coimbra para a obtenção do grau de Mestre em Reabilitação de Edifícios, no Ramo Não-Estrutural, 2020.
- [43] S. T. Muench and J. L. Anderson, “Greenroads : A sustainability performance metric for roadway design and construction,” 2009.

- [44] Greenroads, “GREENROADS RATING SYSTEM.” 2018.
- [45] K. Abdul, “Applicability of a road Rating System to the City of Vancouver,” no. July. 2012.
- [46] BRE Global Limited, “CEEQUAL Version 6 Technical Manual,” 2019.
- [47] BRE, “An introduction to CEEQUAL.” 2018.
- [48] BRE, “CEEQUAL Schemes v6 onwards: Fee Sheet,” 2019.
- [49] M. D. Pinheiro, “LiderA - SISTEMA VOLUNTÁRIO PARA A SUSTENTABILIDADE DOS AMBIENTES CONSTRUÍDOS.” p. 4, 2010.
- [50] M. Pinheiro, “LiderA - Sistema voluntário para a sustentabilidade dos ambientes construídos.” 2019.
- [51] LiderA, “LiderA- Sistema voluntário para a sustentabilidade dos ambientes construídos,” 2019.
- [52] APA, “Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água.” [Online]. Available: <https://apambiente.pt/agua/programa-nacional-para-o-uso-eficiente-da-agua>.

