



Universidade do Porto

FEUP Faculdade de
Engenharia

Quantificação da pegada de carbono da empresa Vestas Portugal

Diogo Alves Estrela

Dissertação submetida para obtenção do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE – RAMO DE GESTÃO

Presidente do Júri: Manuel Afonso Magalhães da Fonseca Almeida

Orientador académico: Belmira de Almeida Ferreira Neto

Orientador na empresa: Rui António Salsinha Guerreiro Carrapato

Porto, Julho de 2011

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2010/2011

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO
Rua Dr. Roberto Frias
4200-465 PORTO
Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

Correio electrónico: feup@fe.up.pt

Endereço electrónico: <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente – 2010/2011 – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2011.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

AGRADECIMENTOS

A elaboração desta dissertação envolveu um alargado conjunto de pessoas que através do seu contributo proporcionaram, directa ou indirectamente, as condições para alcançar os objectivos deste projecto. Gostaria então de apresentar os meus agradecimentos:

À minha orientadora na faculdade, Professora Belmira Neto, por toda a sua dedicação, interesse e apoio prestado durante todo o processo desta dissertação. A sua intervenção a nível da revisão dos conteúdos foi, sem dúvida, imprescindível.

Ao professor Joaquim Góis pela sua ajuda e conhecimento na área de estatística.

A toda a excelente equipa da Vestas Portugal, na Maia e em Lisboa, gostaria de agradecer todo o apoio prestado e a oportunidade de executar este projecto de final de curso, numa empresa com a dimensão da Vestas. O interesse e o espírito de entreatajuda demonstrado por todos, foi um factor muito importante pois apesar de apenas ter estado quatro meses na empresa fizeram-me sentir parte da família Vestas. Um especial agradecimento ao Eng. Rui Carrapato pela sua ajuda no desenvolvimento e execução deste projecto, à Liliana Santos e Tânia Silva pelo determinante apoio moral e de ligação entre toda a equipa da Vestas.

À minha família por me ter proporcionado as condições necessárias para fazer este projecto em Lisboa.

Aos meus amigos e familiares pelo apoio prestado em diversas áreas. Em especial gostaria de agradecer à Julia Tegler o seu apoio, dedicação e o seu espírito crítico.

RESUMO

Este trabalho tem como objectivo quantificar a pegada de carbono da empresa Vestas Portugal e a pegada de carbono de um dos seus aerogeradores (V90-3.0MW), através da utilização de três metodologias diferentes, a metodologia da Defra, da GHG Protocol e uma metodologia desenvolvida para este trabalho.

A avaliação considera as actividades de manutenção e serviços administrativos da empresa para o ano de 2010, causadoras de emissões de gases com efeito de estufa provenientes do consumo de electricidade nos dois escritórios da empresa (localizados em Lisboa e Maia) – totalizando 114 838 kWh – e a distância percorrida pelos veículos da empresa – que contabilizam 1 830 235 km. O resultado final da pegada é expresso em kgCO₂equiv. sendo reportado à produção total teórica de todos os aerogeradores (kWh) com contrato de manutenção em 2010. O valor calculado para a capacidade de produção teórica dos aerogeradores Vestas e Portugal é de 1 360 GWh.

Os resultados da pegada calculados para a empresa Vestas usando os vários métodos variam significativamente. O valor mais baixo é de 3E-04 e o mais alto é de 5E-04 kg CO₂equiv./kWh. O valor da pegada calculada para o aerogerador V90-3.0MW também varia consideravelmente. O mais baixo é de 2E-04, sendo o mais alto igual a 4E-04 kg CO₂equiv./kWh.

A elaboração deste trabalho permitiu concluir que os valores calculados da pegada de carbono dependem essencialmente dos factores de emissão utilizados nas diferentes metodologias. Estes factores são dependentes do país de origem, do ano no qual foram obtidos, das tecnologias e actividades que consideram.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to quantify the carbon footprint of the company Vestas Portugal and one of its wind turbines (V90-3.0MW). This is done by using three different methodologies: Defra's, GHG Protocol and the methodology developed in this dissertation.

Only the activities that may cause the emissions of GHG, such as the maintenance and the administrative services of this company during 2010, were considered. For these activities, the greenhouse gas emissions due to electricity consumption at the offices (located in Lisbon and Maia) – summing up to 114.838 kWh – and the transport distance of the company's vehicles – summing up to 1.830.235 km – were analysed. The results are expressed in kg CO₂equiv. and related to the total theoretical production of all wind turbines (kWh) with a service contract in 2010. The total energy produced is about 1.360 GWh.

The carbon footprint results for the company, using different methods (Defra, GHG Protocol and the developed method) are different from each other, ranging from 3E-04 to 5E-04 kg CO₂equiv./kWh. For the wind turbine, the values vary between 2E-04 and 4E-04 kg CO₂equiv./kWh.

This present dissertation concludes that the values of the carbon footprint essentially depend on the emission factors considered by each methodology. The factors are dependent on the country of origin, the year they were calculated, the technologies and activities considered.

ÍNDICE

	Pág.
<u>Capítulo 1 – Introdução</u>	
1.1. A problemática das alterações climáticas	1
1.2. Avaliação da pegada de carbono de aerogeradores: Estado da arte.....	5
1.3. Objectivo e âmbito do trabalho	11
1.4. Organização da dissertação.....	12
<u>Capítulo 2 – A Empresa Vestas Wind Systems A/S</u>	
2.1. Evolução da Vestas	13
2.2. A Vestas no mercado mundial.....	13
2.3. A Vestas em Portugal	15
2.4. Descrição do Aerogerador V90-3.0 MW	18
<u>Capítulo 3 – Avaliação da Pegada de Carbono</u>	
3.1. Introdução às metodologias usadas na avaliação da pegada de carbono.....	21
3.1.1. A metodologia Defra	22
3.1.2. A metodologia do GHG Protocol	23
3.1.3. A metodologia desenvolvida	24
3.2. Cálculos auxiliares à quantificação da pegada de carbono	26
3.2.1. Cálculo do total de energia produzida pelos aerogeradores com contrato de manutenção.....	28
3.2.2. Cálculo da distância percorrida	35
3.3. Quantificação da pegada de carbono da empresa Vestas	38
3.3.1. Resultados obtidos através da metodologia Defra	38
3.3.2. Resultados obtidos através da metodologia GHG Protocol.....	41
3.3.3. Resultados obtidos através da metodologia desenvolvida neste trabalho.....	42
3.4. Quantificação da pegada de carbono do aerogerador V90-3.0MW	47
3.4.1. Resultados obtidos através da metodologia Defra	48
3.4.2. Resultados obtidos através da metodologia GHG Protocol.....	50
3.4.3. Resultados obtidos através da metodologia desenvolvida.....	51
<u>Capítulo 4 – Discussão dos resultados</u>	
4.1. Análise e comparação dos factores de emissão das três metodologias.....	53
4.2. discussão dos resultados obtidos para a pegada de carbono usando as diferentes metodologias	60
4.2.1. resultados da pegada de carbono da empresa.....	60
4.2.2. Comparação dos resultados da pegada de carbono do aerogerador V90-3.0MW..	63

ÍNDICE (CONTINUAÇÃO)

	Pág.
<u>Capítulo 5 – Conclusões e Trabalhos futuros</u>	
<u>Referências Bibliográficas</u>	
Bibliografia principal.....	71
Bibliografia complementar	74
Anexos	75

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 – Distribuição dos aerogeradores da Vestas	14
Figura 2 – Distribuição dos sectores da Vestas	14
Figura 3 – Organização da Vestas Portugal.....	15
Figura 4 – Localização dos escritórios, do armazém e dos parques eólicos em Portugal.....	16
Figura 5 – Distribuição dos aerogeradores em Portugal.....	17
Figura 6 – Potência instalada de acordo com o tipo de aerogerador	17
Figura 7 – Aerogerador V90	18
Figura 8 – Esquema da fundação onshore para o aerogerador V90.....	18
Figura 9 – Nacelle do aerogerador V90-3.0MW.....	19
Figura 10 – Actividades da Vestas Portugal consideradas às quais estão associadas emissões de GEE.....	21
Figura 11 – distribuição da velocidade do vento na Europa. Relativa a 1999 e desenvolvida pela associação dinamarquesa da indústria eólica.....	29
Figura 12 – Extrapolação da curva de potência para o aerogerador V52-850kW.....	32
Figura 13 – Extrapolação da curva de potência para o aerogerador V80-2.0MW.....	32
Figura 14 – Extrapolação da curva de potência para o aerogerador V90-2.0MW.....	33
Figura 15 – Representação das distâncias percorridas (km) em função do combustível consumido (litros).....	36

ÍNDICE DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1 – Gases com efeito de estufa.....	2
Tabela 2 – GEE directos e indirectos considerados pelo protocolo de Quioto.....	2
Tabela 3 – Definições recolhidas na bibliografia para a pegada de carbono.	3
Tabela 4 – Distribuição das emissões de CO ₂ equivalente por actividade	7
Tabela 5 – Distribuição dos GEE de acordo com as actividades da Vestas França.....	8
Tabela 6 – Distribuição de todos os aerogeradores modelo V90-3.0MW pelos diferentes parques eólicos nacionais	16
Tabela 7 – Distribuição do tipo e número total de aerogeradores por parque eólico implementados em Portugal pela Vestas e com contrato de manutenção da empresa em 2010.....	27
Tabela 8 – Temperatura média de diferentes cidades portuguesas em 2010.....	30
Tabela 9 – Potência dos aerogeradores instalados pela Vestas em Portugal considerando uma velocidade média do vento de 8 m/s.....	31
Tabela 10 – Potência calculada dos aerogeradores V52-850kW, V80-2.0MW e V90-2.0MW	33
Tabela 11 – Potência total teórica produzida por cada modelo dos aerogeradores com contrato de manutenção para um funcionamento anual de 365 dias por ano durante 24 horas.....	34
Tabela 12 – Distância percorrida, em km, para todas as viaturas da Vestas	35
Tabela 13 – Consumo médio calculado em função da distância total percorrida para cada viatura.....	37
Tabela 14 – Pegada de carbono associada ao consumo de electricidade pelos escritórios da Maia de Lisboa.	39
Tabela 15 – Quantificação da pegada de carbono da distância percorrida por todos os veículos da empresa	40
Tabela 16 – Quantificação total da pegada de carbono de acordo com a metodologia da Defra.....	40
Tabela 17 – Pegada de carbono associada ao consumo de electricidade nos escritórios da Maia e de Lisboa.....	41
Tabela 18 – Quantificação da pegada de carbono associada à distância percorrida por todos os veículos da empresa	41
Tabela 19 – Pegada de carbono total da empresa pela metodologia GHG Protocol	42
Tabela 20 – Factores de emissão da Ecoinvent e da EDP5d associados ao consumo de electricidade.....	42
Tabela 21 – Pegada de carbono associada ao consumo de electricidade nos escritórios da Maia e de Lisboa.....	43

ÍNDICE TABELAS (CONTINUAÇÃO)

	Pág.
Tabela 22 – Factores de emissão para veículos de passageiros e de transporte de mercadorias	44
Tabela 23 – Quantificação da pegada de carbono dos veículos dos serviços de administrativos.....	45
Tabela 24 – Quantificação da pegada de carbono dos veículo de manutenção	45
Tabela 25 – Pegada de carbono total da empresa de acordo com a metodologia desenvolvida.....	47
Tabela 26 – Pegada de carbono total do consumo de electricidade	48
Tabela 27 – Pegada de carbono associada à distância percorrida pelos veículos associados à manutenção	49
Tabela 28 – Pegada de carbono total da manutenção do aerogerador V90-3.0MW pela metodologia Defra.....	49
Tabela 29 – Pegada de carbono total do consumo de electricidade	50
Tabela 30 – Pegada de carbono associada à distância percorrida pelos veículos para a manutenção do aerogerador V90-3.0MW	50
Tabela 31 – Pegada de carbono total do aerogerador V90-3.0MW pela metodologia GHG Protocol.....	50
Tabela 32 – Pegada de carbono total do consumo de electricidade	51
Tabela 33 – Pegada de carbono associada à distância percorrida pelos veículos na manutenção do aerogerador V90-3.0MW	51
Tabela 34 – Pegada de carbono total da manutenção do aerogerador V90-3.0MW com a metodologia desenvolvida	52
Tabela 35 – Factores de emissão associados ao consumo de electricidade disponibilizados pelas diferentes metodologias.....	53
Tabela 36 – Comparação dos factores de emissão de CO ₂ das diferentes categorias de veículos para as três metodologias	55
Tabela 37 – Comparação dos factores de emissão de CH ₄ , N ₂ O e SF ₆ das diferentes categorias de veículos para as três metodologias	57
Tabela 38 – Resultados totais da pegada de carbono da empresa.....	61
Tabela 39 – Resultados totais da pegada de carbono do aerogerador V90-3.0MW	64
Tabela 40 – Total da pegada de carbono da empresa.....	67
Tabela 41 – Total da pegada de carbono associada à manutenção do aerogerador V90-3.0MW	68

ABREVIATURAS

ACV – Avaliação do Ciclo de Vida

CH₄ – Metano

CO₂ – Dióxido de Carbono

Defra –Department for environment, food and rural affairs

FE – Factor de Emissão

GEE – Gás com Efeito de Estufa

GHG – Green House Gases

GWP – Global Warming Potential

IEA – International Energy Agency

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

LER – Lista Europeia de Resíduos

N₂O – Óxido nitroso

NEDC – New European Driving Cycle

PAS – Publicly Available Specification

PCR – Product Category Rule

SF₆ - Hexafluoreto de enxofre

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

1.1. A PROBLEMÁTICA DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

A problemática das alterações climáticas está bem presente nos dias que correm e o interesse da população relativamente ao tema é cada vez maior. De acordo com o Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC), o termo “alterações climáticas” refere-se a qualquer mudança no clima que ocorre ao longo do tempo, com origem na variabilidade natural ou decorrente da actividade humana. Assim, as mudanças na temperatura média global, no nível do mar e na cobertura de neve nos hemisférios Norte e Sul inserem-se neste conceito [1].

Ainda de acordo com aquele relatório, foram registadas diversas mudanças no clima, as quais acarretam alterações nas temperaturas com consequências no nível de gelo do Ártico, mudanças generalizadas na quantidade de precipitação, salinidade dos oceanos, padrões de vento e aspectos de eventos climáticos extremos, como secas, precipitação extrema, ondas de calor e intensidade dos ciclones tropicais [1].

Nos dias que correm, a grande preocupação relativa ao aquecimento global reside no facto de nos últimos 250 anos o homem ter provocado um aumento das concentrações de gases com efeito de estufa devido principalmente à queima de combustíveis com origem fóssil, mas também devido ao abate de florestas que promovem o sequestro do carbono. Desde o início da revolução industrial, desde 1750 até 2009, constata-se que os níveis de dióxido de carbono aumentaram perto de 38% e os níveis de metano cresceram 148%.

O aumento da concentração de dióxido de carbono na atmosfera e, conseqüentemente, o aumento da temperatura provocam alterações do ciclo natural de carbono da Terra. Neste momento, os oceanos e os ecossistemas terrestres são responsáveis por retirar cerca de metade das emissões provenientes da queima de combustíveis [2]. No entanto, este fenómeno pode estar em risco, uma vez que com o aumento da temperatura dos oceanos, os mesmos passam a ter uma menor capacidade de retenção de carbono dissolvido, libertando-o para a atmosfera. Na atmosfera terrestre existem diversos gases que contribuem para o Efeito de Estufa. A Tabela 1 apresenta alguns dos GEE referenciados pelo IPCC.

Tabela 1 – Gases com efeito de estufa [3]

• Dióxido de carbono (CO ₂)	• Perfluorocarbonetos (PFCs: CF ₄ , C ₂ F ₆ , C ₃ F ₈ , C ₄ F ₁₀ , c-C ₄ F ₈ , C ₅ F ₁₂ , C ₆ F ₁₄)
• Monóxido de carbono (CO)	• Hexafluoreto de enxofre (SF ₆)
• Metano (CH ₄)	• Trifluoreto de nitrogénio (NF ₃)
• Óxido nitroso (N ₂ O)	• Trifluorometil-pentafluoreto de enxofre (SF ₅ CF ₃)
• Óxido de nitrogénio (NO _x)	• Éteres halogenados (como, por exemplo, C ₄ F ₉ OC ₂ H ₅ , CHF ₂ OCF ₂ OC ₂ F ₄ OCHF ₂ , CHF ₂ OCF ₂ OCHF ₂)
• Dióxido de enxofre (SO ₂)	• Compostos orgânicos voláteis não-metanados (COVNM)
• Hidrofluorcarbonetos (HFCs: como, por exemplo, HFC-23 (CHF ₃), HFC-134a (CH ₂ FCF ₃), HFC-152a (CH ₃ CHF ₂))	• Outros halocarbonetos não abrangidos pelo protocolo de Montreal incluindo: CF ₃ I, CH ₂ Br ₂ , CHCl ₃ , CH ₃ Cl, CH ₂ Cl ₂ .

Afim de combater as alterações climáticas causadas pelo aumento da concentração de GEE, seria necessária uma solução de compromisso a nível mundial. Em Quioto, no Japão, a 11 de Dezembro de 1997, foi assinado um protocolo internacional – o protocolo de Quioto – que estabelece metas vinculativas de redução das emissões de GEE na ordem dos 5% ao ano por comparação com o ano de 1990 que será cumprida no período 2008 a 2012 [4]. A assinatura deste protocolo implica a monitorização por parte dos países envolvidos, dos dados relativos aos gases com efeito de estufa indicados na Tabela 2.

Tabela 2 – GEE directos e indirectos considerados pelo protocolo de Quioto [4]

GEE Directos	GEE Indirectos
CO ₂ – Dióxido de carbono	SO ₂ – Dióxido de enxofre
CH ₄ – Metano	NO _x – Óxido de nitrogénio
N ₂ O – Óxido nitroso	CO – Monóxido de carbono
PFCs – Perfluorocarbonetos	COVNM - Compostos orgânicos voláteis não-metânicos
HFCs – Hidrofluorcarbonetos	
SF ₆ – Hexafluoreto de enxofre	

Os diversos países comprometidos com o protocolo estabelecem medidas de redução a nível nacional. Este protocolo proporciona aos seus participantes três mecanismos que ajudam a alcançar as metas estabelecidas. Estes mecanismos incluem o comércio de

emissões que permite, aos países com excedente de emissões, comercializar com países que excederam o seu limite de emissões. Um outro mecanismo é o mecanismo de desenvolvimento limpo. Este permite a países em vias de desenvolvimento a implementação conjunta, com financiamento de outros países, de projectos de redução de emissões, obtendo assim certificados de redução de emissões. Estes projectos facilitam também a aquisição de “unidades de redução de emissões” pelos países financiadores [4].

Para se perceber e actuar sobre as emissões de GEE, é necessário analisar e avaliar as actividades ou processos que contribuem para essas emissões. Esta avaliação pode ser feita de diversas maneiras, sendo uma delas o recurso à ferramenta denominada pegada de carbono. Esta definição não é ainda consensual, assim como não é consensual a metodologia usada para a avaliação da pegada [5,6].

A pegada quantifica os diferentes gases com efeito de estufa que estão directa ou indirectamente associados a uma determinada actividade ou que são acumulados ao longo do ciclo de vida de um produto, indivíduo ou organização. Esta quantificação permite avaliar a contribuição para as alterações climáticas.

A Tabela 3 apresenta algumas definições recolhidas na bibliografia, no que respeita à definição de pegada de carbono.

Tabela 3 – Definições recolhidas na bibliografia para a pegada de carbono. Baseadas nas referências [6,7,8].

Fonte	Definição
British Sky Broadcasting (SKY)	A pegada de carbono é calculada através da medição das emissões de CO ₂ equivalente, provenientes de instalações, veículos da empresa, viagens de negócios e de resíduos para aterro [6].
Parliamentary Office of Science and Technology	A pegada de carbono é a quantidade total de CO ₂ e outros gases com efeito de estufa, emitidos ao longo do ciclo de vida de um processo ou produto. É expressa em gramas de CO ₂ equivalente por quilowatt / hora (g CO ₂ equiv./kWh), representando diferentes efeitos do aquecimento global de outros gases de efeito estufa [6].
British Petroleum	A pegada de carbono corresponde à quantidade de dióxido de carbono proveniente das nossas actividades diárias [6].
Carbon Trust	A pegada de carbono é uma metodologia para estimar as emissões totais de gases com efeito de estufa (GEE) em carbono equivalente de um produto, ao longo de todo o seu ciclo de vida, ou seja, desde a produção de matérias-primas até à deposição do produto acabado (excluindo emissões de utilização).

	A pegada de carbono de um produto é uma técnica para identificar e medir as emissões de gases com efeito de estufa individuais de cada actividade dentro de uma etapa da cadeia de abastecimento, atribuindo essas emissões para cada produto de saída [6].
Energetics	A pegada de carbono corresponde à plenitude das emissões de CO ₂ directas e indirectas provenientes das actividades do negócio [6].
ETAP	A pegada de carbono é uma medida do impacto das actividades humanas sobre o ambiente em termos da quantidade de GEE emitidos, medido em toneladas de dióxido de carbono [6].
Global Footprint Network	A pegada de carbono corresponde à biocapacidade necessária para reter (através da fotossíntese) as emissões de dióxido de carbono (CO ₂) provenientes da queima de combustíveis fósseis [6].
Grub & Ellis	A pegada de carbono é uma medida da quantidade de dióxido de carbono emitida pela queima de combustíveis fósseis. No caso de uma organização, é a quantidade de CO ₂ emitido, directa ou indirectamente, como resultado das suas operações diárias. A pegada de carbono pode também reflectir a energia utilizada num produto ou mercadoria colocada no mercado [6].
Wiedmann Minx	A pegada de carbono é a quantificação do total de dióxido de carbono emitido, atribuído exclusivamente ao objecto de estudo durante todo o seu ciclo de vida [7].
Baldo, G., Marino, M., Montani, M. & Ryding, S.	A pegada de carbono corresponde ao total das emissões de dióxido de carbono e outros GEE associado a um produto ao longo da sua cadeia de fornecimento, incluindo a fase de utilização e também a fase de deposição [8].

A pegada de carbono é expressa em massa de dióxido de carbono equivalente (CO₂equiv.) e obtém-se através da multiplicação das emissões de GEE por factores de conversão para cada um dos GEE. Estes factores convertem os dados das actividades em quilogramas de dióxido de carbono equivalente (kg CO₂equiv.) [9]. A perspectiva de ciclo de vida prevalece nas avaliações da pegada de carbono, no que respeita às considerações e etapas do ciclo de vida (desde o berço até ao túmulo). Em seguida são identificadas algumas das metodologias correntemente usadas para a quantificação da pegada de carbono que incluem a metodologia Defra (Department for environment, food and rural affairs), a metodologia GHG Protocol e a metodologia PAS 2050 (Publicly Available Specification

2050). As duas primeiras metodologias disponibilizam publicamente uma “calculadora” que facilita o cálculo da pegada de carbono

Na metodologia apresentada pela Defra estão presentes factores de emissão específicos para o Reino Unido, no que respeita ao CO₂, CH₄ e N₂O para diferentes actividades [9]. As actividades consideradas são, entre outras, o consumo de combustíveis e electricidade, transporte de passageiros e de mercadorias e utilização de água, biomassa e biocombustíveis. Através desta informação o utilizador apenas necessita de introduzir os dados solicitados numa aplicação informática. Por exemplo, para o consumo de electricidade o utilizador introduz a quantidade de energia (kWh) consumida anualmente, permitindo o cálculo automático do total de emissões de CO₂equiv. para essa actividade.

A metodologia GHG Protocol apresenta normas, directrizes e ferramentas que facilitam a preparação do inventário das emissões de GEE abrangidas pelo protocolo de Quioto [10]. As ferramentas disponibilizadas pelo GHG Protocol permitem o cálculo automático dos GEE associados a emissões provenientes da combustão estacionária, electricidade e transporte.

A metodologia descrita na PAS 2050, elaborada pela comissão de normalização inglesa – BSI British Standards – e co-patrocinada pela Carbon Trust e pela Defra foi desenvolvida com a ajuda internacional e especialistas de diversas esferas de conhecimento incluindo, entre outros, escolas, empresas e governos [11]. Esta metodologia visa avaliar o ciclo de vida associado a produtos e serviços, no que se refere especificamente à libertação de GEE [12]. Esta metodologia, usada internacionalmente, tornou-se uma metodologia de referência, disponível ao público, pois estabelece um método padronizado para avaliar a pegada de carbono que pode ser usado para elaborar planos de redução das emissões de GEE.

1.2. AVALIAÇÃO DA PEGADA DE CARBONO DE AEROGERADORES: ESTADO DA ARTE

Em seguida são revistos alguns estudos disponíveis na bibliografia associados à avaliação da pegada de carbono. Os seis estudos revistos focam na avaliação das emissões de GEE associados às actividades associadas ao ciclo de vida de aerogeradores e de parques eólicos de diferentes empresas. O cálculo da pegada faz uso de diferentes calculadoras de pegada de carbono e os resultados revelam que a actividade mais poluidora é claramente a da produção dos aerogeradores, incluindo a extracção e processamento de todos os materiais que constituem o aerogerador. Relativamente à fase de operação, a manutenção não apresenta, comparativamente, uma contribuição elevada. Nesta etapa, os principais

contribuintes para a pegada são as viagens efectuadas pelos colaboradores e as peças e óleos substituídos.

Um estudo realizado para a Vestas França quantifica a pegada de carbono da empresa considerando as diversas actividades (produção de aerogeradores, instalação e construção de acessos, transportes de aerogeradores, vendas, montagem, manutenção e actividades corporativas) [13]. São analisadas as actividades que estão na origem da emissão de GEE e do respectivo ciclo de vida¹. Para a produção de aerogeradores são contabilizados os materiais utilizados na construção dos diferentes componentes. Na ligação à rede eléctrica e construção de acessos² são considerados os materiais utilizados na construção das fundações e acessos rodoviários, instalação de cabos de ligação à rede eléctrica e do transformador. O transporte de aerogeradores tem em atenção o consumo de combustível no transporte dos diversos componentes do aerogerador. As vendas consideram o consumo de combustível associado às viagens efectuadas pelos colaboradores, e a montagem foca o consumo de combustível associado às gruas, aos responsáveis pela obra e aos representantes da Vestas, a produção de resíduos e os activos fixos³. A manutenção identifica as substituições de materiais nos aerogeradores, o consumo de combustível das viagens dos técnicos, a produção de resíduos, o consumo de energia nos centros de manutenção e os activos fixos. Por fim, as actividades corporativas têm em linha de conta o consumo de combustível associado às viagens efectuadas pelos colaboradores e visitantes, materiais, produtos e serviços solicitados pela empresa, activos fixos e energia consumida pelos escritórios.

Os resultados do estudo permitem concluir que em 2008 as emissões de GEE geradas por todas as actividades da Vestas França foram cerca de 130 000 toneladas de CO₂equivalente (ton CO₂equiv.) para uma produção de 1 000 GWh. As distribuições das emissões pelas actividades associadas ao ciclo de vida dos aerogeradores são apresentadas na Tabela 4.

¹ No artigo [13] não é especificado a abordagem no que se refere às etapas do ciclo de vida consideradas. São no entanto referenciadas, para o exemplo da produção de aço, as fases de extracção, transporte e processamento dos materiais.

² A operação de construção das fundações é a actividade que mais contribui (85% do total de CO₂equiv.) [13].

³ A categoria de activos fixos considera as emissões provenientes da produção de bens utilizados pela empresa como por exemplo edifícios, materiais e veículos.

Tabela 4 – Distribuição das emissões de CO₂ equivalente por actividade

	Pegada de carbono (ton CO ₂ equiv.)	Percentagem (%)
Produção de aerogeradores	77 000	59,1%
Ligação à rede eléctrica e construção de acessos	46 000	35,3%
Transporte dos aerogeradores	3 000	2,3%
Manutenção	3 000	2,3%
Actividades corporativas	700	0,5%
Montagem de aerogeradores	500	0,4%
Vendas	10	<0,1%
Total	130 210	100%

Conclui-se que uma grande parte (59%) das emissões de GEE são geradas durante a manufactura dos componentes do aerogerador, cerca de 35% são devidas à ligação à rede eléctrica e construção de acessos e apenas cerca de 4% correspondem às actividades directamente associadas ao funcionamento da empresa Vestas França que incluem a manutenção, actividades corporativas, montagem e vendas. Estas actividades causam a libertação de GEE associados à manufactura dos materiais utilizados na manutenção, ao combustível usado em viagens, nos transportes e na operação de gruas, ao consumo energético nos escritórios, centros de manutenção e armazéns. São também incluídos os GEE associados aos resíduos produzidos durante a manutenção dos aerogeradores, os produzidos nos escritórios, centros de manutenção e armazéns e gases de refrigeração (ar condicionado). Para os resíduos são caracterizados os diferentes resíduos com o processo de gestão atribuído, ou seja, deposição em aterro, incineração ou reciclagem. A Tabela 5 detalha as contribuições de cada uma das actividades associadas à Vestas França.

Tabela 5 – Distribuição dos GEE de acordo com as actividades da Vestas França

	Manutenção ^{b)} (ton CO ₂ equiv)	Actividades corporativas (ton CO ₂ equiv)	Vendas (ton CO ₂ equiv)	Pegada de carbono da empresa ^{b)} (kg CO ₂ equiv/kWh)
Materiais de manutenção	2 400	0	0	n.d.
Consumo de combustível	480	440	7	9,27E-04
Activos fixos	100	60	0	n.d.
Resíduos	10	10	0	n.d.
Consumo de electricidade	2	4	0	6,00E-06
Produtos e serviços recebidos	0	170	0	n.d.
Gases de refrigeração	0	1	0	n.d.
Pegada de carbono total (ton CO ₂ equiv.)	2 992	685	7	n.d.
Pegada de carbono total (kg CO ₂ equiv./kWh) ^{a)}	4,82E-04	-	-	9,33E-04

a) Para este valor apenas foram considerados o consumo de combustível e de electricidade.

b) Apenas foi calculada a pegada associada à empresa para posterior comparação com os resultados obtidos neste trabalho

n.d. - não determinada

A manutenção é, dentro das actividades consideradas, aquela que mais contribui para a pegada de carbono da empresa Vestas França. Este facto está relacionado com a inclusão dos GEE emitidos durante as diversas etapas do ciclo de vida dos componentes substituídos e materiais utilizados na manutenção dos aerogeradores. O estudo não especifica quais os componentes ou materiais utilizados, apenas refere que foi utilizado um factor de conversão para o investimento monetário necessário para a manutenção de modo a obter um valor expresso em kg CO₂equiv. Nas actividades corporativas destacam-se o consumo de combustível utilizado pelos colaboradores e visitantes e os produtos e serviços solicitados pela empresa. Nas vendas, o principal contribuinte é, como seria de esperar, o consumo de combustível na deslocação dos colaboradores.

Constata-se que relativamente aos resíduos produzidos, ao consumo de combustível e de electricidade, os valores de GEE são semelhantes para a manutenção e para as actividades corporativas.

Um outro estudo foca a avaliação do ciclo de vida de um aerogerador, V90 – 3.0MW onshore (da Vestas), recorrendo ao software SimaPro 6.0 [14]. A unidade funcional escolhida foi a energia eléctrica produzida pelo aerogerador e as fronteiras do sistema abrangem todo o ciclo de vida do aerogerador, ou seja, inclui a extracção das matérias-primas (extracção, processamento e transporte das matérias), a manufactura dos componentes e das fundações (manufactura e transporte dos diversos componentes dos

aerogeradores, a construção das fundações e montagem do aerogerador), a operação/manutenção (deslocação dos técnicos e substituição de peças) e desmantelamento (processamento dos materiais do aerogerador). Para estas actividades foram considerados o consumo de energia, os materiais utilizados nas diversas actividades e os transportes dos componentes e dos colaboradores. Os autores concluem que a principal fonte de emissão de GEE durante a operação/manutenção é devida ao consumo de combustíveis resultantes da deslocação dos técnicos ao parque eólico/aerogerador.

Um outro estudo avalia o desempenho ambiental e energético da produção de energia eólica, através da avaliação do ciclo de vida de um parque eólico em Itália [15]. Para a construção deste parque foi considerado a manufactura dos componentes dos aerogeradores (como por exemplo cabos e transformadores), a construção das estruturas para a instalação dos aerogeradores (fundações, vala para os cabos e acessos rodoviários), a operação e manutenção (inspecção pelos técnicos e deslocação dos mesmos ao terreno, lubrificação, pintura e substituição de peças nos aerogeradores), o transporte dos componentes relativos a cada actividade e o desmantelamento dos aerogeradores (transporte dos componentes para os locais de deposição e reciclagem de materiais). Os resultados indicam que as necessidades energéticas totais são de 45,5 TJ de energia, dos quais 92% estão associadas à manufactura e instalação, cerca de 2% são relativos ao desmantelamento e, apenas cerca de 6% correspondem à operação e manutenção dos aerogeradores. O resultado obtido para o total de emissões de GEE, assumindo uma produção anual de 12 106 MWh, é de cerca de 15 g CO₂equiv./kWh produzido.

Um outro estudo compara dois aerogeradores localizados em França (de 4,5MW e de 250W de potência nominal) [16]. É avaliado o ciclo de vida dos dois aerogeradores considerando as fases de construção (manufactura dos diferentes componentes do aerogerador e das fundações), operação (transportes dos técnicos) e desmantelamento (transporte dos componentes para o local de deposição e reciclagem ou deposição dos materiais). Os resultados permitem concluir que o aerogerador de 4,5MW na fase de construção é responsável pela emissão de 3 173 ton CO₂equiv. e na fase de operação por 185 ton CO₂equiv. (5% do total das emissões de GEE) e durante o transporte por 1 170 ton CO₂equiv. O aerogerador de 250W, por outro lado, é responsável, na fase de construção pela emissão de 0,16 ton CO₂equiv., enquanto o valor é de 0,02 ton CO₂equiv. durante o transporte. O estudo não contempla, para o aerogerador de 250kW, a quantificação das emissões de GEE na fase de operação. Em relação à emissão de GEE, os autores calculam

um valor de cerca 16 e 46 g CO₂equiv./kWh, respectivamente para o aerogerador 4,5MW e de 250W.

Num outro estudo, os autores recorrem ao software SimaPro para avaliar o ciclo de vida, adoptando uma abordagem do berço ao túmulo para o aerogerador G8X 2,0MW [17]. Aqui são analisadas as fases de produção dos componentes do aerogerador (inclui a produção dos materiais utilizados nos componentes e manufactura dos componentes), o transporte para o parque eólico, a instalação e arranque (construção das fundações e montagem dos aerogeradores), a manutenção (substituição de óleos e componentes nos aerogeradores e deslocação dos técnicos ao local) e o desmantelamento dos aerogeradores (reciclagem ou deposição dos materiais). Os autores concluem que a manutenção contribui com cerca de 7% para o total de emissão de GEE de todas as actividades consideradas no estudo.

No trabalho [18], a empresa Vestas Wind Systems A/S avalia o ciclo de vida do aerogerador V90 – 3.0MW nas versões offshore e onshore. São consideradas as fases de manufactura (manufactura das fundações, torre, nacelle, pás e partes da rede eléctrica) transporte e montagem (transporte por camião e barco de todos os componentes e consequente montagem dos aerogeradores) operação/manutenção (mudança de óleo, lubrificação, renovação da caixa multiplicadora e do gerador e transporte dos colaboradores de e para o parque eólico) e desmantelamento do aerogerador (utilização de guias, transporte dos componentes para os locais de deposição assim como a separação dos materiais para reciclagem ou deposição em aterro). Conclui-se que o aerogerador V90 – 3.0MW onshore, assumindo um factor de utilização de 30%, emite 4,64 g CO₂equiv./kWh produzido.

Em resumo, poderá afirmar-se que uma avaliação detalhada do impacte e, mais propriamente, da pegada de carbono, associada à operação de manutenção não é normalmente uma tarefa prioritária realizada no âmbito dos estudos aqui revistos. No entanto é possível concluir que a actividade de manutenção contribui entre 3 e 7% quando se considera todo o ACV do aerogerador. Quando se estuda todo o ciclo de vida do aerogerador V90-3.0MW, as emissões de GEE são de 4,64 g CO₂equiv./kWh produzido.

Embora a pegada de carbono associada à manutenção possa ser pequena, por comparação com as outras fases do ciclo de vida de um aerogerador, esta constitui uma das principais actividades da empresa Vestas Portugal. Neste trabalho é então dada principal atenção às emissões de gases com efeito de estufa e, consequentemente, à pegada de carbono da operação de manutenção.

1.3. OBJECTIVO E ÂMBITO DO TRABALHO

O objectivo deste trabalho consiste em quantificar a pegada de carbono associada às actividades da empresa Vestas Portugal no ano de 2010. Objectiva-se também a determinação da pegada de carbono para o aerogerador modelo V90 de 3.0 MW produzido pela Vestas. Os resultados obtidos são reportados à capacidade de produção da totalidade dos aerogeradores Vestas com contrato de manutenção e existentes em território nacional.

Na determinação da pegada de carbono da empresa Vestas (instalações de Lisboa e da Maia) são considerados o consumo de electricidade e a distância percorrida pelos veículos associados às actividades de manutenção e serviços administrativos, onde se incluem as vendas.

Na determinação da pegada de carbono do aerogerador modelo V90 de 3.0MW é apenas considerada a actividade de manutenção que ocorre em todas as unidades instaladas em Portugal continental e regiões autónomas. São consideradas todas as distâncias percorridas pelos veículos associados às actividades de manutenção realizadas nos parques.

A avaliação da pegada é realizada usando várias metodologias, designadamente, a metodologia Defra [9] e a GHG Protocol [10] através de calculadoras disponibilizadas para uso público. Por fim, é calculada a pegada de carbono usando uma metodologia que recorre a alguns aspectos da PAS 2050 e faz uso de factores de emissão específicos das actividades disponíveis na base de dados do Ecoinvent [19] e no guia IPCC [20]. A quantificação da pegada considera as emissões indirectas do consumo de electricidade (correspondentes ao Tipo 2 das metodologias Defra e GHG Protocol) e emissões directas associadas à distância percorrida pelos veículos da empresa (correspondentes ao Tipo 1 das metodologias Defra e GHG Protocol).

Serão excluídas da análise algumas actividades, como por exemplo, as actividades de extracção de matérias-primas usadas no fabrico dos aerogeradores, a manufactura, a construção e manutenção de infra-estruturas associadas e o desmantelamento dos próprios aerogeradores. Estas actividades, embora podendo ter um peso importante na emissão de GEE, não são actividades realizadas na esfera de influência da empresa, ou seja, as acções que a empresa possa ter numa perspectiva de redução da pegada são, para essas actividades, muito limitadas.

1.4. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação está dividida em cinco capítulos. No primeiro é abordada a problemática do aquecimento global com incidência na descrição da ferramenta pegada de carbono. São resumidos alguns estudos disponíveis na bibliografia sobre a avaliação de GEE em organizações e produtos, mais concretamente sobre aerogeradores e parques eólicos. São também descritas as principais características das metodologias utilizadas para a quantificação da pegada de carbono. Este capítulo identifica ainda o objectivo e o âmbito do trabalho.

O capítulo 2 realiza uma breve introdução à história da empresa Vestas Wind Systems A/S. A empresa Vestas Portugal – Serviços de tecnologia eólica, Lda. é caracterizada, no que respeita à sua organização, à localização dos parques eólicos, o tipo de aerogeradores assim como a potência instalada em Portugal. Em seguida é apresentado e caracterizado o aerogerador V90-3.0 MW seleccionado como objecto de estudo face à significativa contribuição para o total de electricidade produzida em Portugal a partir do vento.

O capítulo 3 apresenta as metodologias utilizadas, os factores de emissão e os resultados da quantificação da pegada de carbono para a empresa Vestas Portugal e para as actividades associadas à manutenção do aerogerador V90-3.0MW. São apresentados os pressupostos e os cálculos efectuados para determinar a energia total produzida por todos os aerogeradores com contrato de manutenção e a distância total percorrida por todos os veículos.

No capítulo 4 são analisados, comparados e discutidos todos os factores de emissão de cada metodologia, assim como os resultados da pegada de carbono para a empresa Vestas Portugal e para a actividade de manutenção do aerogerador V90-3.0MW.

O capítulo 5 apresenta as principais conclusões deste trabalho, tendo em consideração as diferentes metodologias utilizadas. São também comparados os resultados aqui obtidos com os dos estudos similares recolhidos na bibliografia. Por fim são apresentadas algumas sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2. A EMPRESA VESTAS WIND SYSTEMS A/S

2.1. EVOLUÇÃO DA VESTAS

A origem da empresa Vestas remonta ao ano de 1898, quando o senhor H.S. Hansen fundou na Dinamarca, uma empresa de fundição dedicada à produção de janelas de ferro para edifícios fabris, na companhia do seu filho Peder Hansen. Em 1945, Peder Hansen, estabeleceu a empresa “VestjyskStålteknik A/S” – Vestas – dedicada à produção de equipamentos agrícolas. Durante a segunda crise de petróleo, em 1970, a Vestas começou a avaliar o potencial dos aerogeradores como alternativa de energia, tendo em 1979 produzido e comercializado o seu primeiro aerogerador [21].

Durante 1986 grande parte da Vestas foi vendida, abrindo caminho para a criação de uma nova empresa denominada “Vestas Wind System S/A” no final desse ano. Esta nova empresa tinha como objectivo concentrar-se apenas em energia eólica acabando, em 2004, por se fundir com outra empresa dinamarquesa – NEG Micon A/S – de produção de aerogeradores [21].

2.2. A VESTAS NO MERCADO MUNDIAL

A empresa Vestas lidera a fabricação de aerogeradores, apresentando uma cota de 25% no mercado mundial. Em mais de 65 países, distribuídos pelos cinco continentes, existem 43433 aerogeradores onshore com uma capacidade total instalada de 44 114,3 MW e 580 aerogeradores offshore com uma capacidade total instalada de 1 407,09 MW. A Figura 1 apresenta a distribuição global dos aerogeradores instalados pela Vestas.

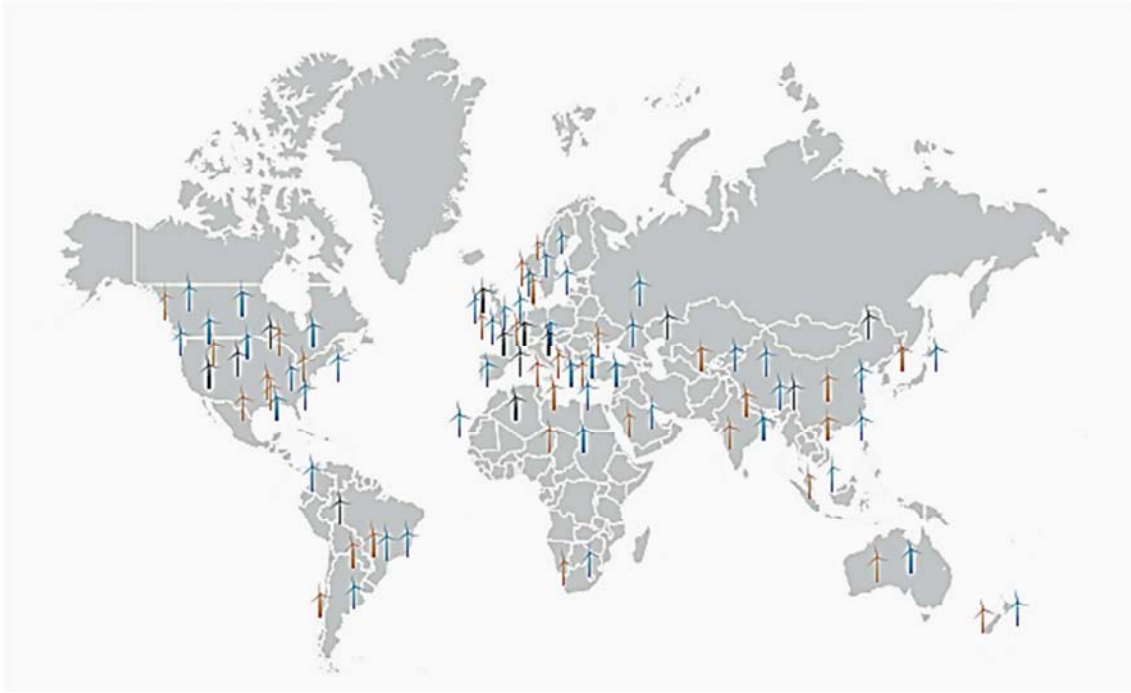


Figura 1 – Distribuição dos aerogeradores da Vestas [22]

A Vestas dedica-se ao desenvolvimento e produção de aerogeradores, assim como à construção e manutenção de parques eólicos em todo o mundo. Para tal, conta com uma equipa de mais de 20 mil trabalhadores com a vocação de levar as tecnologias de energia eólica a qualquer local do mundo. A Figura 2 representa a distribuição dos diferentes sectores da Vestas.



Figura 2 – Distribuição dos sectores da Vestas [22]

2.3. A VESTAS EM PORTUGAL

A actividade da Vestas em Portugal começou em 1992 com a instalação dos primeiros três aerogeradores na ilha da Madeira (designado por parque Perform I), seguindo-se em Portugal Continental com a instalação de mais três aerogeradores em 1998 (o parque Mação I). Desde 1998 até 2004, a Vestas trabalhou em Portugal através de duas companhias: a Neg Micon, com sede em Espanha, e a Vestas A/S, com sede na Dinamarca, juntamente com outras companhias portuguesas [23].

Em 2004, foi criada a empresa Vestas Portugal – Serviços de Tecnologia Eólica, Lda. A actual organização da empresa é apresentada na Figura 3.

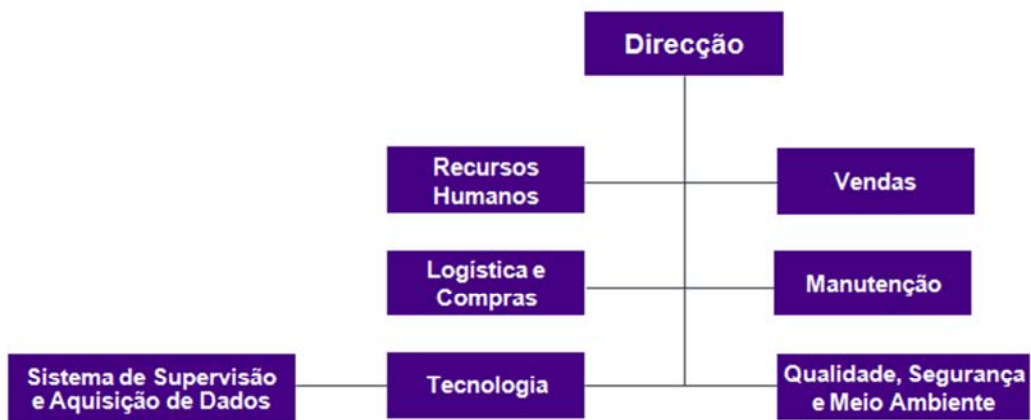


Figura 3 – Organização da Vestas Portugal

A potência instalada nacional é actualmente de 643MW, repartidos por 34 parques eólicos. Estes parques estão distribuídos pelo Continente e pelos arquipélagos da Madeira e Açores. A potência instalada corresponde a uma cota de cerca 16% no mercado nacional de energia eólica [23]. A Figura 4 ilustra a localização de todos os parques eólicos construídos pela Vestas Portugal.

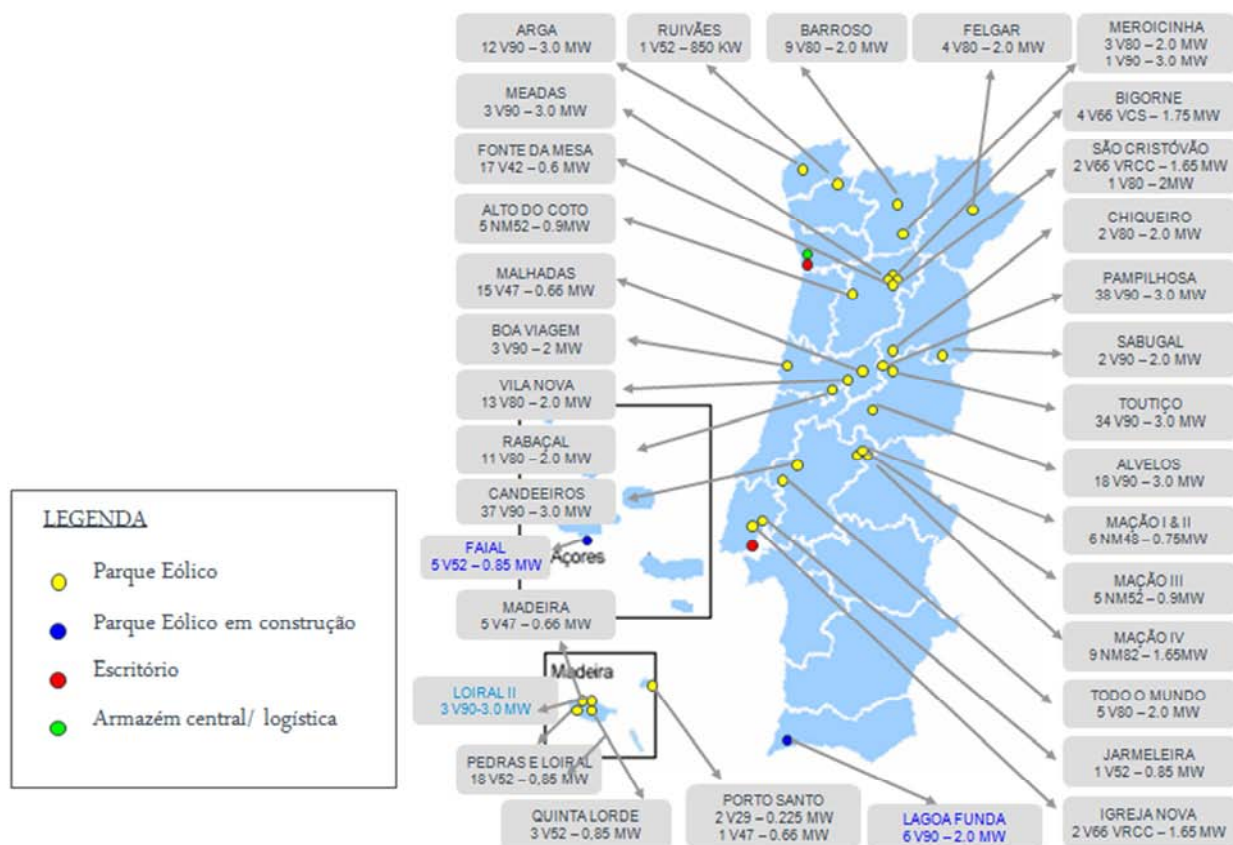


Figura 4 – Localização dos escritórios, do armazém e dos parques eólicos em Portugal [23]

Nos 34 parques eólicos existem 12 tipos de aerogeradores diferentes, contabilizando um total de 306 aerogeradores. O mais utilizado é o aerogerador V90–3.0MW, tendo sido instalados, até ao momento, 146 unidades, correspondendo a uma potência instalada de 438 MW. A Tabela 6 apresenta os diferentes parques eólicos onde se encontram instalados os aerogeradores V90–3.0 MW.

Tabela 6 – Distribuição de todos os aerogeradores modelo V90-3.0MW pelos diferentes parques eólicos nacionais [23]

Parque eólico	Nº de aerogeradores
Pampilhosa	38
Candeeiros	37
Toutiço	34
Alvelos	18
Arga	12
Loiral II*	3
Meadas	3
Meroicinha	1
Total de aerogeradores	146

* Este parque eólico ainda está em construção.

As Figuras 5 e 6 indicam, respectivamente, o tipo dos aerogeradores instalados pela Vestas Portugal e a distribuição da potência instalada em função do tipo de aerogerador. Conclui-se que aproximadamente 48% do número total de aerogeradores instalados pela Vestas em Portugal correspondem a aerogeradores V90-3.0MW que por sua vez corresponde a cerca de 68% do total da potência instalada (pela Vestas) em Portugal.

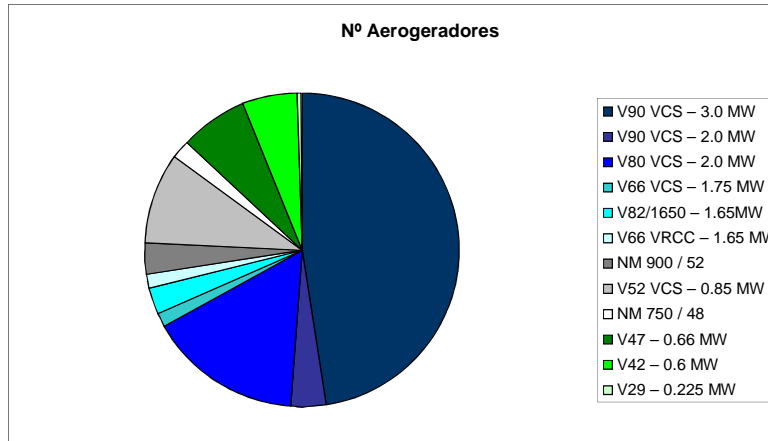


Figura 5 - Distribuição dos aerogeradores em Portugal [23]

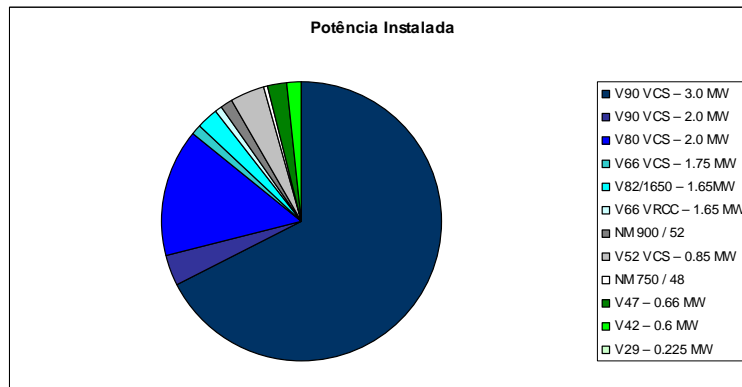


Figura 6 - Potência instalada de acordo com o tipo de aerogerador [23]

Com a crescente instalação de aerogeradores e, conseqüentemente, com o aumento de potência instalada, a Vestas conseguiu alcançar o segundo posto no mercado eólico português. Uma das funções mais relevantes da Vestas Portugal é a contratualização das actividades de operação e manutenção de longo prazo. Prevê-se que esta ligação aos parques eólicos permitirá à Vestas garantir a sua permanência em Portugal durante pelo menos os próximos 15 anos [23].

2.4. DESCRIÇÃO DO AEROGERADOR V90-3.0 MW

A designação V90-3.0MW significa que o aerogerador pertence à Vestas (V), o diâmetro do rotor é de 90 metros e consegue uma produção máxima de energia de 3,0 MW⁴. No ano de 2010, mais de 1 300 aerogeradores deste modelo foram instaladas em todo o mundo, contabilizando mais de 4GW de potência instalada [24]. Cada V90 é constituída por cinco componentes, sendo eles a fundação, os cabos de ligação à rede eléctrica, a torre, a nacelle e as pás. A Figura 7 representa o aerogerador V90.

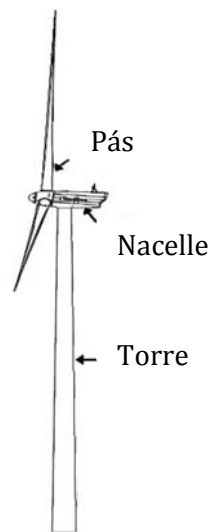


Figura 7 – Aerogerador V90 [18]

As fundações são tipicamente quadrangulares com 15 metros de largura e 2 metros de profundidade. Para estas medidas são necessários cerca de 475 m³ de betão e 35 toneladas de aço [18]. A Figura 8 apresenta um esquema da fundação para aerogeradores onshore.

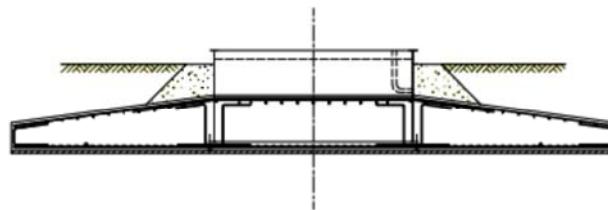
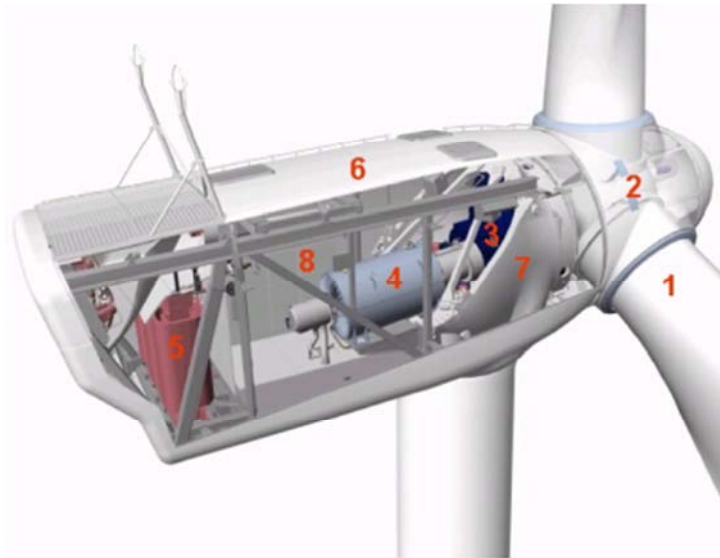


Figura 8 – Esquema da fundação onshore para o aerogerador V90 [18]

As torres são construídas a partir de placas de aço, previamente cortadas, que são moldadas e soldadas nas fábricas da Vestas. No final, as torres são lixadas e tratadas com uma camada de epoxy. A nacelle é constituída por 8 componentes (Figura 9).

⁴ Potência conseguida se a velocidade do vento estiver entre 15 e 25 m/s [23].

LEGENDA:

1. Pá
2. Cubo do rotor
3. Caixa multiplicadora
4. Gerador
5. Transformador
6. Protecção da nacelle
7. Fundação principal
8. Controlador eléctrico

Figura 9 – Nacelle do aerogerador V90-3.0MW [18]

Por fim, as pás são constituídas por duas partes sendo, no final, coladas uma à outra. O material utilizado para produzir as pás denomina-se prepreg e é constituído, aproximadamente, por 60% de fibra de vidro e 40% de resina epoxy.

As operações de manutenção são realizadas periodicamente segundo um plano. É elaborada uma primeira manutenção passados três meses da instalação de um aerogerador, com o objectivo de se proceder a apertos (manutenção estrutural). As próximas intervenções são feitas anualmente, a contar a partir do dia de instalação. Nestas manutenções procede-se à substituição de diversos filtros (óleo, ar e do desumidificador), de baterias, lubrificação dos rolamentos das pás, através da injeção de massa consistente e, por fim, é retirada uma amostra do óleo de lubrificação da caixa multiplicadora para análise. Apesar de ser necessário fazer a mudança dos 550 litros de óleo de lubrificação a cada 5 anos, esta análise possibilita detectar anomalias no mesmo. Esta análise permite assim uma intervenção antecipada, fazendo com que o aerogerador funcione em plenas condições pelo menos ao nível da lubrificação.

De acordo com alguns autores, o aerogerador V90-3.0MW tem a capacidade de produzir cerca de 7 890 kWh/ano, assumindo um factor de utilização de cerca de 30% ao ano [18]. Este aerogerador foi desenhado e construído tendo em consideração um período de utilização de pelo menos 20 anos. Durante este período estima-se a substituição de cerca de metade dos componentes da caixa multiplicadora, como por exemplo rolamentos, óleos e lubrificantes. No caso de necessidade renova-se ou repara-se o gerador [18].

CAPÍTULO 3. AVALIAÇÃO DA PEGADA DE CARBONO

Para a avaliação da pegada de carbono são usados os pressupostos da metodologia Defra, da GHG Protocol e da metodologia desenvolvida neste trabalho. A avaliação da pegada da empresa Vestas considera os consumos de electricidade dos escritórios e do armazém e a distância percorrida pela frota de veículos da empresa durante o ano de 2010. A Figura 10 apresenta as actividades consideradas na quantificação da pegada de carbono às quais estão associadas emissões de poluentes que contribuem para o efeito de estufa.

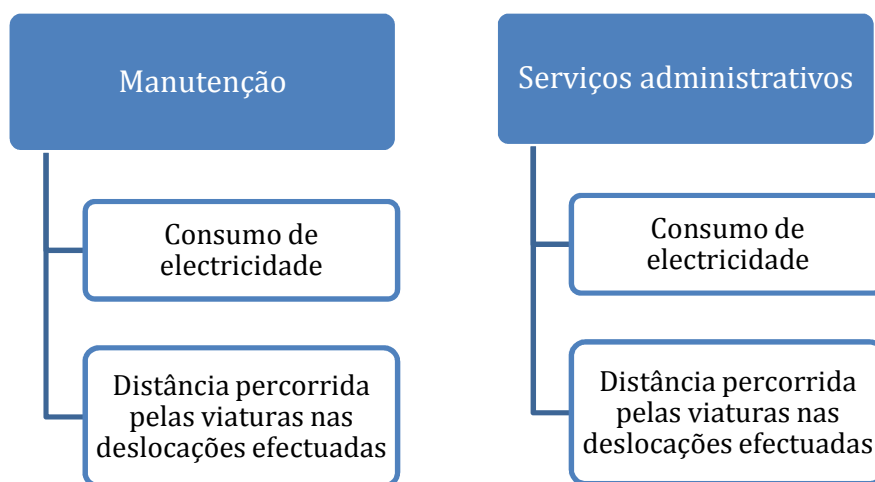


Figura 10 – Actividades da Vestas Portugal consideradas às quais estão associadas emissões de GEE.

3.1. INTRODUÇÃO ÀS METODOLOGIAS USADAS NA AVALIAÇÃO DA PEGADA DE CARBONO

Neste trabalho são usadas para o cálculo da pegada de carbono duas calculadoras disponíveis *on line*, que designados aqui por metodologia Defra e metodologia GHG Protocol. Para além destas duas calculadoras é desenvolvida uma metodologia usando as linhas orientadoras da PAS 2050, complementada pelo guia da IPCC, e pelos factores de emissão da Ecoinvent e de páginas oficiais dos fabricantes de veículos automóveis e produtores de energia eléctrica. O objectivo será comparar a pegada obtida usando as diferentes abordagens.

3.1.1. A METODOLOGIA DEFRA

Esta metodologia apresenta diversas tabelas que permitem calcular a pegada de carbono de várias fontes de emissão de GEE com diferentes níveis de detalhe. Todos os factores de emissão disponibilizados são específicos para Inglaterra. Este facto leva a que os resultados calculados devam ser interpretados cuidadosamente e por comparação com resultados obtidos por outros métodos [9]. Além desta limitação, a própria metodologia desaconselha a sua utilização para apresentação de resultados em relatórios oficiais.

As emissões consideradas para a avaliação da pegada são o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O). Esta metodologia considera o ciclo de vida dos combustíveis incorporando, assim, as emissões indirectas associadas ao consumo de combustíveis. São excluídas as emissões de GEE que possam estar associadas à produção de veículos ou de infra-estruturas. Para o cálculo de CO₂, CH₄ e N₂O, os autores recorrem aos potenciais de contribuição destes gases⁵ para o Aquecimento Global referidos no IPCC [9]. É de salientar que actualmente estes valores são diferentes [11].

A metodologia Defra divide as emissões em directas e indirectas. As emissões directas de GEE são emissões associadas com a libertação no local de utilização do combustível. Por outro lado, as emissões indirectas são emissões associadas à extracção e transformação da matéria-prima (por exemplo, petróleo) em energia (combustível). Estas acontecem antes da utilização da energia/combustível num determinado local.

A determinação das emissões (directas ou indirectas) é calculada segundo o pressuposto que divide as emissões dos GEE em três tipos.

Tipo 1: Emissões directas de GEE emitidas durante a combustão dos combustíveis.

Tipo 2: Emissões indirectas de GEE associadas ao consumo de energia eléctrica ou seja, são emissões directas de GEE associadas à produção de electricidade, calor ou vapor.

Tipo 3: Emissões indirectas, por exemplo, provenientes da extracção e produção de materiais e de combustíveis adquiridos, actividades relacionadas com o transporte em veículos que não são propriedade ou, não são controlados pela empresa. Podem aqui ser incluídos também as actividades relacionadas com a utilização electricidade (por exemplo, perdas no transporte e distribuição) não abrangidas no Tipo 2.

Para melhor distinguir onde se enquadram as emissões de acordo com o respectivo Tipo, a metodologia propõe utilizar uma abordagem de controlo sobre os activos. Esta abordagem está subdividida em controlo financeiro e operacional. Isto significa que uma empresa tem o controlo financeiro sobre uma operação se tem a capacidade de dirigir as políticas

⁵ Potencial de Aquecimento Global (GWP) do CO₂ = 1 CO₂equiv.; Potencial de Aquecimento Global (GWP) do CH₄ = 24 CO₂equiv.; Potencial de Aquecimento Global (GWP) do N₂O = 310 CO₂equiv.

financeiras e operacionais da operação, com vista a obter benefícios económicos das suas actividades. Uma empresa tem o controlo operacional sobre uma operação se a empresa ou uma das suas subsidiárias tem plena autoridade para introduzir e implementar as suas políticas operacionais na operação. Neste trabalho considera-se o controlo financeiro como método de decisão.

Esta metodologia disponibiliza diversas ferramentas de cálculo da pegada de carbono associado, por exemplo, ao consumo de electricidade, utilização de equipamento de ar condicionado e ao transporte de passageiros e mercadorias. Para o cálculo da pegada o utilizador insere os dados solicitados e automaticamente é calculado a pegada de carbono para os diferentes tipos de emissões.

3.1.2. A METODOLOGIA DO GHG PROTOCOL

Esta metodologia apresenta normas e directrizes para que empresas ou organizações possam preparar o inventário de emissões de GEE. Os GEE considerados para o inventário são os abrangidos pelo protocolo de Quioto, nomeadamente, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorcarbonetos (HFCs), perfluorcarbonetos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF₆).

Esta metodologia disponibiliza algumas ferramentas de cálculo para sectores cruzados, aplicáveis a todas as indústrias e visam quantificar a pegada de carbono de, por exemplo, da combustão estacionária e móvel e emissões provenientes da utilização de ar condicionado e ferramentas específicas que são aplicáveis a certas indústrias, como por exemplo, a do alumínio e cimento. A cada uma das ferramentas está associado uma guia de utilização que auxilia o utilizador no cálculo das emissões de GEE.

As emissões consideradas por esta metodologia estão divididas em emissões directas e indirectas, as quais se enquadram nos diferentes Tipos referidos anteriormente para a metodologia Defra. Das ferramentas disponíveis [25] são usadas as relativas ao cálculo das emissões indirectas de CO₂ provenientes do consumo de electricidade comprada e, a ferramenta de cálculo das emissões de CO₂ associadas a fontes móveis (veículos).

Para o cálculo da pegada associada ao consumo de electricidade apenas são emissões indirectas de CO₂, emitidas pelo consumo de electricidade e decorrentes das actividades das empresas ou organizações. Apesar de ocorrer emissão de CH₄ e N₂O, a metodologia afirma que o CO₂ é responsável por 99% das emissões. Assim, e devido à complexa tarefa de determinar as emissões de CH₄ e N₂O – associados ao tipo de combustível e tecnologia utilizada, características de combustão e utilização de equipamento de controlo de poluição –, esta metodologia apenas são consideradas as emissões de CO₂. Os autores

consideram que apenas se liberta emissões de CO₂, pois as emissões de CO e COV (onde se inclui o CH₄) libertadas para a atmosfera aquando da combustão oxidam formando CO₂. Esta metodologia permite auxiliar as empresas e organizações a preparar o inventário dos GEE, utilizando princípios e abordagens padronizadas de modo a promover vantagens na sua utilização. Destacam-se, por exemplo, a simplificação e redução dos custos da compilação do inventário, a disponibilização de informações necessárias para a construção de uma estratégia eficaz na gestão e redução das emissões de GEE e, para facilitar a participação em programas voluntários e obrigatórios de GEE.

3.1.3. A METODOLOGIA DESENVOLVIDA

Na base da metodologia desenvolvida está a PAS 2050 e as linhas orientadoras que apresentam para a determinação da pegada de carbono [11], sendo complementada pelos factores de emissão associados aos consumos de electricidade e distância percorrida pelos veículos da empresa. Estes factores estão disponíveis em bases de dados da Ecoinvent [26], ou através do guia do IPCC 2006 ou ainda recorrendo a páginas oficiais, como as dos fabricantes de automóveis. Existe uma diferença óbvia da metodologia desenvolvida para a PAS 2050 que se relaciona com a extensão das fronteiras usadas.

A norma PAS 2050 [11] define linhas orientadoras para que empresas ou organizações possam calcular a pegada de carbono dos seus próprios produtos ou serviços. Para tal procede-se inicialmente à definição dos objectivos e da unidade funcional, seguida do cálculo da pegada. Na **definição dos objectivos**⁶ são estabelecidos os objectivos específicos da avaliação da pegada de carbono. Seguidamente, é necessário definir a **unidade funcional**, a qual reflecte o modo como será avaliado o desempenho do objecto em estudo. A fase do cálculo da pegada é constituída pela definição das fronteiras, recolha e tratamento dos dados e quantificação da pegada. Nesta fase, estabelecem-se as **fronteiras** relevantes ao sistema⁷ definindo, assim, o âmbito do estudo, ou seja, as fases do ciclo de vida a incluir na quantificação da pegada de carbono. Neste trabalho apenas se considera a manutenção e, relativamente aos materiais (combustíveis e electricidade), não será considerado o ciclo de vida total dos mesmos. Em seguida, procede-se à **recolha e tratamento dos dados** das diferentes actividades, dos materiais utilizados e dos factores de conversão referentes ao ciclo de vida do objecto de estudo. Após o levantamento dos dados necessários, efectua-se a **quantificação da pegada de carbono**, multiplicando o

⁶ De referir que a utilização desta metodologia “não resulta num valor de pegada de carbono que possa ser verificado por terceiros e não é apropriada para afirmações ao público”. [11]

⁷ As fronteiras aplicadas devem estar de acordo com a “definição de categorias de produtos”. [25] No caso de esta informação não estiver disponível, as fronteiras devem ser claramente definidas.

valor das emissões pelo respectivo factor de conversão, obtendo um valor em função da massa de dióxido de carbono equivalente.

A norma refere que as fronteiras do sistema possam estar definidas nas regras de categoria do produto (*Product Category Rule* - PCR). Estas regras definem alguns pressupostos a ter em atenção para a realização de avaliações ambientais de produtos e estão disponíveis para alguns produtos [27]. No entanto, para o caso específico de aerogeradores a informação dos pressupostos a considerar não estão disponíveis.

Esta norma não distingue entre emissões de GEE directas e indirectas, pois baseia-se numa avaliação completa do ciclo de vida do produto que, por definição, inclui todos os tipos de emissões referenciados. Na quantificação da pegada de carbono dos GEE (expressos em CO₂equiv.) a norma utiliza os indicadores de potenciais de aquecimento global para 100 anos [28]. Estes descrevem o impacto que os gases têm por referência ao gás CO₂, ao longo de um período igual a 100 anos [29].

O guia do IPCC 2006 [3], usado como base para o trabalho proporciona as linhas orientadoras necessárias à compilação do inventário das emissões de GEE emitidos por diferentes actividades. Este disponibiliza também os factores de emissão específicos para várias actividades que dão origem à libertação das emissões directas de GEE. Este guia visa a uniformização do cálculo das emissões de GEE reportadas pelos vários países que se comprometeram com o UNFCCC na avaliação dos GEE. O guia utiliza ainda árvores de decisão como instrumento de ajuda ao utilizador, no que respeita à escolha do tipo de abordagem a utilizar para cada actividade em estudo. As estimativas das emissões de GEE são efectuadas através da utilização dos FE apresentados num dos três níveis. Assim, o primeiro nível (Tier 1) apresenta factores de emissão genéricos aplicáveis às actividades em estudo. Esta via é utilizada, se a actividade em foco não for considerada uma categoria chave⁸ ou, quando os dados das actividades em estudo forem pouco específicos ou, então, quando não estão disponíveis factores de emissão específicos para o país. O segundo nível (Tier 2) utiliza uma avaliação similar à primeira, no entanto, considera os factores de emissão específicos do país onde está a ser feito o inventário e as actividades em estudo são consideradas categorias-chave. Por fim, o terceiro nível (Tier 3) recorre à introdução de informação mais detalhada. Nos casos práticos, verifica-se correntemente que essas informações não são registadas.

Para além das informações gerais sobre a aplicação da metodologia da avaliação da pegada de carbono é necessário recolher informações específicas sobre as actividades (no que

⁸ É uma actividade que se deve prestar especial atenção pois a sua contribuição poder influenciar fortemente no total de CO₂equiv. emitido pela instituição.

respeita às emissões de GEE associadas ao consumo de electricidade e à distância percorrida pelos veículos da empresa). Esta informação existe dispersa em várias fontes bibliográficas ou bases de dados comerciais.

O Ecoinvent inclui uma base de dados muito completa em relação a inventários de materiais, energia, emissões associadas a inventários de ciclo de vida de produtos e processos [19]. Com mais de 400 inventários de diferentes actividades, inclui por exemplo, a agricultura, a energia e transportes. Este trabalho faz uso dos factores de emissão disponibilizados pelo Ecoinvent e específicos de actividades como o consumo de electricidade e a distância percorrida pelos veículos.

Os dados de inventário foram ainda complementados recorrendo a diversas páginas oficiais de empresas da EDP e fabricantes de automóveis.

Os fabricantes automóveis disponibilizam, nos folhetos dos veículos, os valores de emissões de CO₂ que cada modelo de veículo da empresa liberta por quilómetro percorrido. Estes folhetos disponibilizam também o consumo médio dos veículos.

3.2. CÁLCULOS AUXILIARES À QUANTIFICAÇÃO DA PEGADA DE CARBONO

A identificação da unidade funcional e a realização de cálculos preliminares são necessários à quantificação da pegada de carbono da empresa Vestas e do aerogerador V90-3.0MW. Estes incluem a identificação e definição da unidade funcional, a identificação dos parques eólicos nos quais decorreram operações de manutenção durante 2010, a estimativa do total de energia produzida por todos os aerogeradores com contrato de manutenção, e calcular as distâncias percorridas por cada viatura nas operações de manutenção. Apenas se considerarem os aerogeradores com contrato de manutenção pois a manutenção destes está ligado à actividade da Vestas Portugal. Assim, estes aerogeradores foram os considerados para o cálculo do valor total de energia produzida. Apenas se pode comparar a produção total de electricidade dos aerogeradores com contrato de manutenção pois só para estes a informação disponível é precisa. Em seguida são identificados e estimados estes valores e realizados os cálculos.

Para o cálculo da pegada de carbono do aerogerador V90-3.0MW o resultado é expresso em kg CO₂equiv./kWh produzido por todos os aerogeradores V90-3.0MW com contrato de manutenção.

Em relação aos parques eólicos verifica-se que, em 2010, dos 34 parques eólicos instalados pela Vestas Portugal 21 (constituindo no total 217 aerogeradores) possuem contrato de manutenção com a empresa. Este contrato abrange toda a manutenção preventiva e curativa que seja necessária fazer a cada aerogerador. Quando se assina um contrato de manutenção a Vestas garante que o aerogerador estará 95% do tempo (ao ano) em condições de funcionamento, sendo que os restantes 5% encontra-se em manutenção preventiva ou curativa. Não são contabilizados os aerogeradores que não são abrangidos por contratos de manutenção da empresa. Cerca de 26% do total de aerogeradores Vestas não possuem contratos de manutenção. A Tabela 7 apresenta os parques eólicos abrangidos pelo serviço de manutenção. Estes parques e a electricidade produzida pelos seus aerogeradores serão os considerados, neste estudo, para o cálculo da pegada de carbono.

Tabela 7 – Distribuição do tipo e número total de aerogeradores por parque eólico implementados em Portugal pela Vestas e com contrato de manutenção da empresa em 2010.

Parques eólicos	Número de aerogeradores	Tipo aerogerador
Pampilhosa	38	V90 – 3.0 MW
Candeeiros I e II	37	V90 – 3.0 MW
Toutiço	34	V90 – 3.0 MW
Alveolos	18	V90 – 3.0 MW
Arga	12	V90 – 3.0 MW
Rabaçal	11	V80 – 2.0 MW
Mação IV	9	V82/1650 – 1.65MW
Pedras e Loiral	18	V52 – 0.85 MW
Todo o Mundo	5	V80 – 2.0 MW
Felgar	4	V80 – 2.0 MW
Meadas	3	V90 – 3.0 MW
Meroicinha*	3	V80 – 2.0 MW
Sabugal	2	V90 – 2.0 MW
Alto do Côtó	5	NM 900 / 52
Mação III	5	NM 900 / 52
Mação I e II	6	NM 750 / 48
Chiqueiro	2	V80 – 2.0 MW
Quinta Lorde	3	V52 – 0.85 MW
Meroicinha*	1	V90 – 3.0 MW
Ruivães	1	V52 – 0.85 MW
Total	217	

* Este parque eólico foi subdividido nos dois tipos de aerogeradores que o constituem

3.2.1. CÁLCULO DO TOTAL DE ENERGIA PRODUZIDA PELOS AEROGERADORES COM CONTRATO DE MANUTENÇÃO

Com o objectivo de determinar a electricidade total produzida anualmente por todos os aerogeradores, e posteriormente contabilizar a electricidade produzida pelos V90-3.0MW, determinou-se a produção teórica de cada modelo de aerogerador que esteja abrangido pelo contrato de manutenção no ano de 2010. Estes cálculos foram necessários pois os valores reais de produção de electricidade de cada aerogerador são confidenciais. Os parâmetros necessários para determinar o valor de produção teórica de cada modelo de aerogerador são a velocidade média do vento, a temperatura média do ar em Portugal, a massa volúmica do ar à temperatura média e a curva de potência para cada modelo. Em seguida são apresentados os valores e as informações utilizadas para o cálculo teórico do total de electricidade produzida.

Para a determinação da velocidade média do vento recorreu-se à Fig. 11. Nesta Figura está representada a distribuição da velocidade média do vento em alguns países da Europa. Conclui-se que a velocidade média do vento em Portugal está entre 7 e 8,5 m/s. Foi considerada para os cálculos uma velocidade média de 8 m/s.

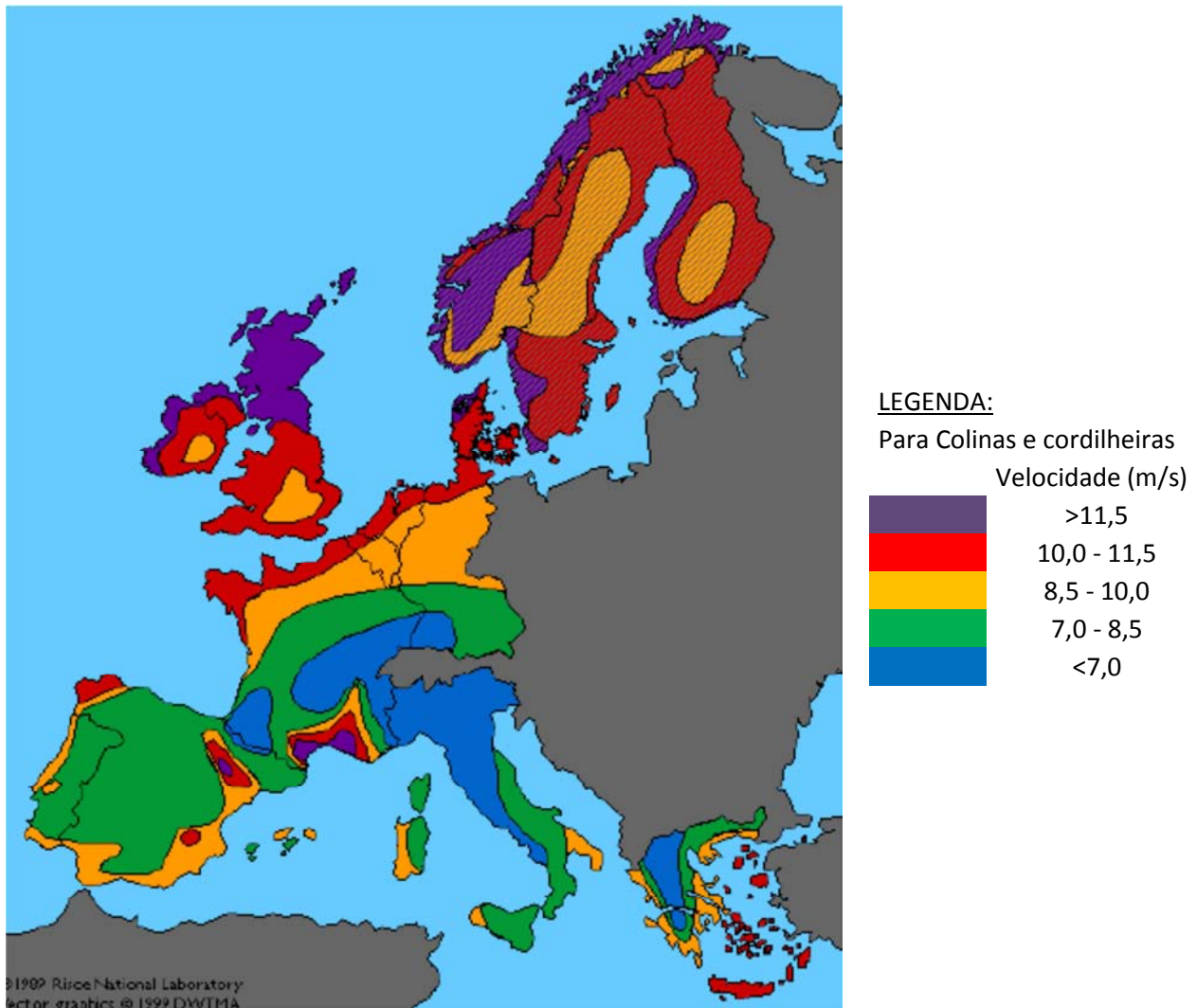


Figura 11 - distribuição da velocidade do vento na Europa. Relativa a 1999 e desenvolvida pela associação dinamarquesa da indústria eólica [30]

Em relação à temperatura média do ar o Instituto de Meteorologia disponibiliza para o ano de 2010 os valores da temperatura média em Portugal. Os parques eólicos instalados e com contrato de manutenção encontram-se no arquipélago da Madeira e na região norte e centro de Portugal continental. Assim, apenas foram consideradas as cidades que se encontram nestas regiões. A Tabela 8 apresenta os valores da temperatura média para essas cidades. Conclui-se que a temperatura média em Portugal continental e na Madeira é, respectivamente, cerca de 15°C e 20°C.

Tabela 8 – Temperatura média de diferentes cidades portuguesas em 2010 [31]

Cidade	Região	Temperatura média (°C)
Viana do Castelo	Norte	14,5
Bragança	Norte	12,5
Porto	Norte	15,4
Castelo Branco	Centro	16
Lisboa	Centro	17,7
Funchal	Madeira	20

Os cálculos dos valores da massa volúmica do ar, em função da temperatura, são necessários pois a curva de potência dos aerogeradores é expressa em função da velocidade do vento e da massa volúmica do ar. Para calcular a massa volúmica do ar utilizou-se a equação (1):

$$\rho_{ar} = \frac{p}{R \cdot T} \quad \text{(equação 1)}$$

ρ_{ar} – Massa volúmica do ar (kg/m³)

p – Pressão atmosférica – 101 325 Pa

R – Constante específica do ar – 287,05 J/kg·K

T – Temperatura do ar (K)

Utilizando esta equação e substituindo os valores de temperatura média do ar para Portugal continental (273,15 K) e para o arquipélago da Madeira (293,15 K) é calculada uma massa volúmica de 1,225 kg/m³ (Portugal continental) e 1,204 kg/m³ (arquipélago da Madeira).

A determinação da potência produzida por cada modelo de aerogerador é efectuada com base nas curvas de potência constantes nos ficheiros Classe I para cada modelo. A Tabela 9 apresenta os valores da curva de potência dos sete modelos de aerogeradores com contrato de manutenção para uma velocidade de 8 m/s, considerando diversas massa volúmicas do ar.

Tabela 9 – Potência dos aerogeradores instalados pela Vestas em Portugal considerando uma velocidade média do vento de 8 m/s.

Aerogerador	Massa volúmica do ar (kg/m ³)				
	1,18	1,204	1,21	1,225	1,24
	Potência (kW)				
NM 48 ^{a)}	235	-	241	245	248
NM 52 ^{b)}	294	-	302	306	310
V52-850kW ^{c)}	292	297	300	304	308
V82-1.65 MW MK II ^{d)}	722	-	746	758	767
V80-2.0 MW ^{e)}	671	-	689	698	707
V90-2.0 MW ^{f)}	868	-	890	901	912
V90-3.0 MW ^{g)}	852	-	875	886	898

a) Consultar referência [32] para as características técnicas do aerogerador.

b) Consultar referência [33] para as características técnicas do aerogerador.

c) Consultar referência [34] para as características técnicas do aerogerador.

d) Consultar referência [35] para as características técnicas do aerogerador.

e) Consultar referência [36] para as características técnicas do aerogerador.

f) Consultar referência [37] para as características técnicas do aerogerador.

g) Consultar referência [38] para as características técnicas do aerogerador.

Foi necessário extrapolar os valores de potência para a massa volúmica do ar de 1,204 e 1,225 kg/m³ dos aerogeradores V52-850kW, V80-2.0MW e V90-2.0MW através da obtenção de uma linha de tendência com os dados das curvas de potência. Apesar das condicionantes em termos de precisão associadas a uma análise de regressão linear com base em apenas três pontos, esta foi necessária para determinar o valor aproximado calculada para a potência do aerogerador. Em seguida são apresentados os gráficos e as linhas de tendências dos aerogeradores V52-850kW (Fig. 12), V80-2.0MW (Fig. 13) e V90-2.0MW (Fig. 14).

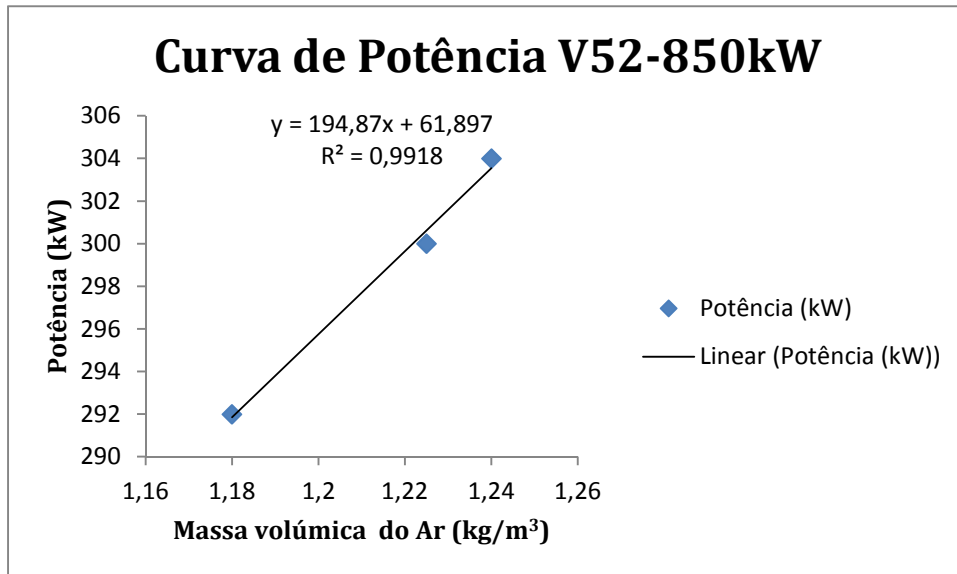


Figura 12 – Extrapolação da curva de potência para o aerogerador V52-850kW.

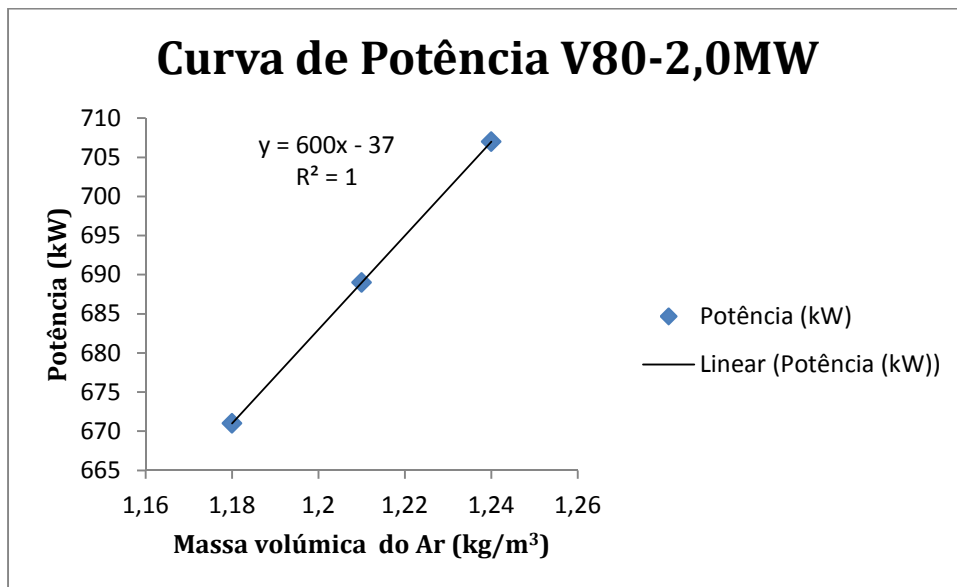


Figura 13 – Extrapolação da curva de potência para o aerogerador V80-2.0MW

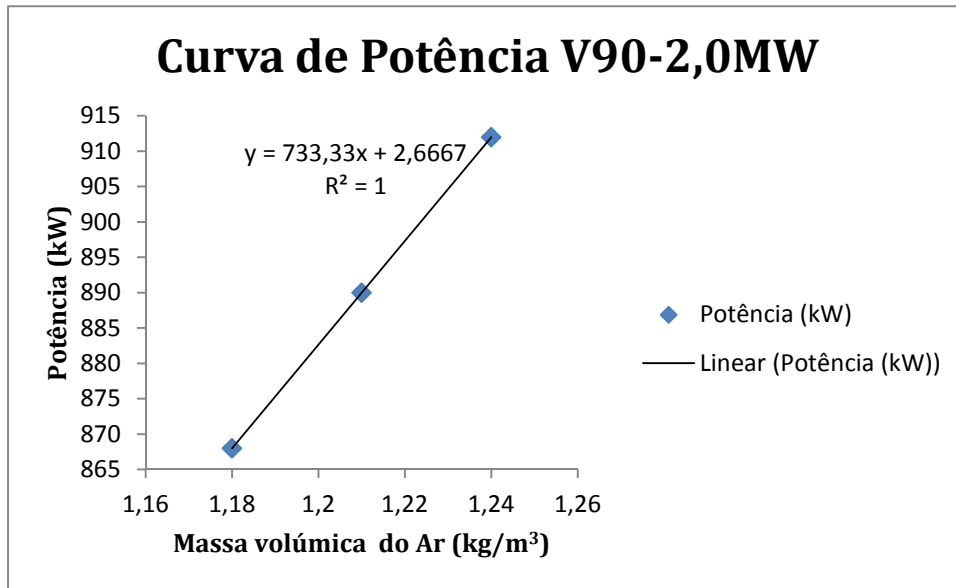


Figura 14 – Extrapolação da curva de potência para o aerogerador V90-2.0MW

A partir da equação da linha de tendência obtida para cada modelo de aerogerador foi possível determinar a potência com base na massa volúmica do ar no local onde esse aerogerador está instalado. A potência para o aerogerador V52-850kW foi estimada para uma massa volúmica do ar de 1,204 kg/m³ (no arquipélago da Madeira) ao passo que para os aerogeradores V80-2.0MW e V90-2.0MW o valor da potência foi estimado para uma massa volúmica do ar de 1,225 kg/m³ (para Portugal Continental). Em seguida, na tabela 10 são apresentados os cálculos efectuados e os resultados de potência para os três aerogeradores referidos.

Tabela 10 – Potência calculada dos aerogeradores V52-850kW, V80-2.0MW e V90-2.0MW

	V52-850kW a)	V80-2.0MW b)	V90-2.0MW c)
Massa volúmica do ar (kg/m ³)	1,204	1,225	1,225
Potência calculada (kW)	297	698	901

a) Linha de tendência Potência = $194,87 \times \text{Massa volúmica do ar}_{\text{ar}} + 61,897$ (equação 2)

b) Linha de tendência Potência = $600 \times \text{Massa volúmica do ar}_{\text{ar}} - 37$ (equação 3)

c) Linha de tendência Potência = $733,33 \times \text{Massa volúmica do ar}_{\text{ar}} + 2,6667$ (equação 4)

Por fim foram calculadas a produção anual teórica por modelo de aerogerador usando a equação 5.

$Potência\ Anual\ Teórica\ Produzida = Potência \times N^{\circ}\ aerogeradores \times N^{\circ}\ dias \times N^{\circ} horas$
 equação (5)

Onde:

Potência – Valor da potência apresentada na Curva de Potência do aerogerador.

Nº aerogeradores – Número de aerogeradores, do mesmo modelo, em operação.

Nº dias – Número de dias do ano (365 dias)

Nº horas – Horas diárias de funcionamento (24horas)

A Tabela 11 apresenta os resultados totais da produção de electricidade de todos os aerogeradores, com contrato de manutenção. O valor total de potência produzida, em 2010, foi de 1,363 GWh, considerando 95% de disponibilidade para todos os aerogeradores. Salienta-se que este valor em comparação com a produção anual real é menos de 2% (por excesso) da produção real total.

Tabela 11 – Potência total teórica produzida por cada modelo dos aerogeradores com contrato de manutenção para um funcionamento anual de 365 dias por ano durante 24 horas

Tipo de aerogerador	Nº de aerogeradores	Potência (kW)	Produção anual total (kWh)
V90 – 3.0 MW	143	886	1 109 874 480,00
V80 – 2.0 MW	25	698	152 862 000,00
V82/1650 – 1.65MW	9	758	59 760 720,00
V52 – 0.85 MW	22	298	57 508 357,21
NM 900 / 52	10	306	26 805 600,00
V90 – 2.0 MW	2	901	15 785 449,04
NM 750 / 48	6	245	12 877 200,00
Total	217		1 435 473 806,25
<i>Produção anual total (95% disponibilidade)</i>			1 363 700 116

3.2.2. CÁLCULO DA DISTÂNCIA PERCORRIDA

A empresa Vestas possui uma frota automóvel de 48 viaturas. Para a quantificação da pegada de carbono associada à utilização destas viaturas foi necessário determinar a distância total percorrida por cada uma das viaturas. Na Tabela 12 são apresentadas as distâncias percorridas por cada viatura no ano de 2010.

Tabela 12 – Distância percorrida, em km, para todas as viaturas da Vestas

Viatura 1	28 883	Viatura 17	51 958	Viatura 33	45 894
Viatura 2	32 937	Viatura 18	25 752	Viatura 34	2 180
Viatura 3	47 434	Viatura 19	43 411	Viatura 35	31 000
Viatura 4	34 187	Viatura 20	13 562	Viatura 36	54 425
Viatura 5	48 954	Viatura 21	55 530	Viatura 37	42 837
Viatura 6	45 598	Viatura 22	10 111	Viatura 38	62 425
Viatura 7	53 709	Viatura 23	24 936	Viatura 39	39 996
Viatura 8	33 013	Viatura 24	29 431	Viatura 40	24 241
Viatura 9	43 145	Viatura 25	23 777	Viatura 41	27 501
Viatura 10	9 275	Viatura 26	51 761	Viatura 42	31 601
Viatura 11	37 784	Viatura 27	53 723	Viatura 43	59 665
Viatura 12	30 617	Viatura 28	57200	Viatura 44	50 094
Viatura 13	26 800	Viatura 29	51 360	Viatura 45	41 135
Viatura 14	29 107	Viatura 30	30 700	Viatura 46	42 691
Viatura 15	39 004	Viatura 31	31 600	Viatura 47	53 550
Viatura 16	53 653	Viatura 32	28 799	Viatura 48	43 289

A Tabela 12 foi construída com base na análise das distâncias percorridas após abastecimento total de cada viatura. Os registos usados são os disponibilizados pela empresa onde constam a data de abastecimento e os quilómetros na data desse abastecimento. Sempre que possível considerou-se os quilómetros registados no último abastecimento de Dezembro de 2009 até ao último abastecimento de Dezembro de 2010. Constaram-se algumas lacunas na informação disponível para alguns veículos, sendo assim necessário recorrer a uma análise estatística da curva do consumo de combustível médio por parte dos modelos das viaturas semelhantes àquelas. Quando a comparação não é possível informação, em relação ao consumo médio dessa viatura, foi retirada dos folhetos dos fabricantes. Realizou-se isto para as viaturas 1, 26, 27, 28, 29, 30, 33 e 34. Com base na distância percorrida entre cada abastecimento e nas quantidades de combustível foram detectados e eliminados os valores anómalos. Eliminaram-se os valores anómalos referentes a distâncias calculadas como negativas ou distâncias em que os registos entre abastecimentos apresentam distâncias superiores a 2 000 km. Realça-se que o consumo médio mais baixo de entre todos os modelos de viaturas da empresa corresponde ao modelo Caddy, que de acordo com o fabricante, é de 5,1L/100 km, com um

depósito de aproximadamente 60 litros pelo que teria de ter um consumo médio de 3L/100 km para conseguir percorrer 2 000 km, o que não é real. Apenas foram considerados para o estudo os abastecimentos que cumpram com os critérios estipulados. A representação da distribuição da distância percorrida e dos litros de combustível abastecidos para uma das viaturas usada como exemplo (apresentado na Figura 15) permite concluir que uma análise de regressão não seria possível, pois os dados obtidos não permitem a elaboração de uma linha de tendência fiável.

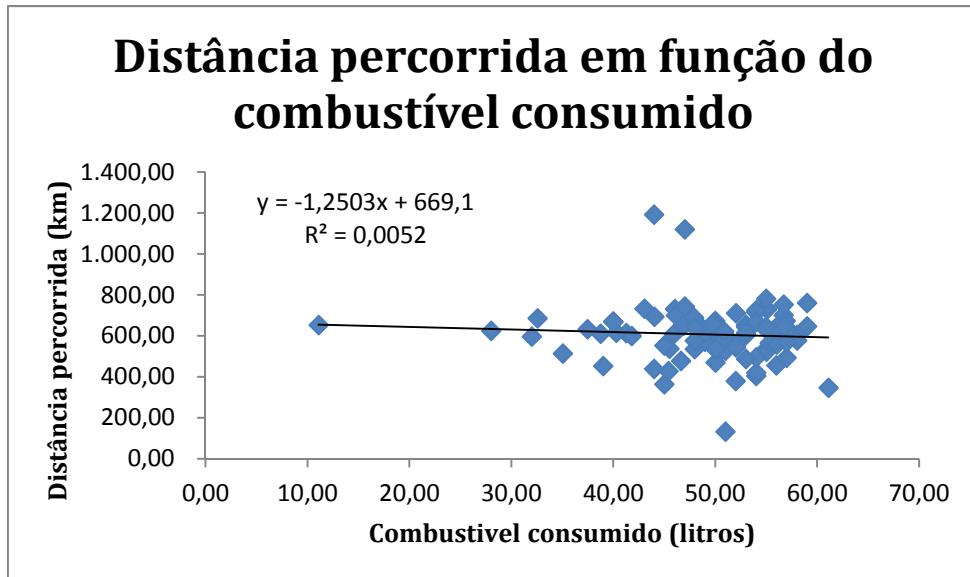


Figura 15 – Representação das distâncias percorridas (km) em função do combustível consumido (litros)

Em alternativa calculou-se o consumo médio do modelo em causa. Assim determinou-se o consumo médio (litros/100 km), para cada abastecimento dos modelos das viaturas em análise. Com estes valores determinou-se a média harmónica, para cada viatura, dos consumos anteriores. Através dos valores das médias harmónicas de cada viatura, do mesmo modelo, determinou-se a média harmónica das médias anteriores para que se conseguisse obter o valor do consumo médio para o modelo em causa.

Considerou-se que os valores determinados produzem um valor mais fiável da distância percorrida pelas viaturas do que os valores determinados pelos fabricantes de automóveis. A Tabela 13 apresenta os valores dos consumos médios, a quantidade de combustível e as distâncias percorridas por cada viatura que não apresenta a distância percorrida em 2010.

Tabela 13 – Consumo médio calculado em função da distância total percorrida para cada viatura

Viaturas	Modelo	Modelo de comparação	Consumo médio de combustível estimado (L/100 km)	Consumo de combustível (litros)	Distância total percorrida (km)
Viatura 1	A6 2.0 TDI Exclusive Multitronic 170CV ⁹	Não foi comparado	5,9	1 704	28 883
Viatura 8	Caddy 1.9TDI Extra AC 105 CV 4P	Caddy 1.9TDI Extra AC 105 CV 4P	7,4	2 454	33 013
Viatura 20	Caddy 1.9TDI Kombi Ext.AC 5L 105CV 5P	Caddy 1.9TDI Extra AC 105 CV 4P	7,4	1 008	13 562
Viatura 22	Caddy Maxi 1.9 TDI Summer Edition 105CV	Caddy 1.9TDI Extra AC 105 CV 4P	7,4	752	10 111
Viatura 32	Passat V. 2.0 TDI Highline 140CV 5P	Passat V. 2.0 TDI Confortline140CV 5P	6,8	1 961	28 799
Viatura 33	Tiguan 2.0 TDI Track 4Motion 140CV 5P ¹⁰	Não foi comparado	7,7	3 534	45 894
Viatura 34	Tiguan 2.0 TDI Track 4Motion 170CV 5P ⁷	Não foi comparado	7,7	168	2 180
Viatura 38	Transporter 2.5 TDI 130 4M L. EX.AC 130CV 4P	Transporter 2.5 TDI 130 4M L. Ex.AC 130CV 4P	11,5	7 202	62 425
Viatura 47	Transporter 2.5 TDI 130 L. EX.AC 130CV 4P	Transporter 2.5 TDI 130 L. Ex.AC 130CV 4P	11,4	6 082	53 550

⁹ O valor do consumo médio foi retirado do folheto do fabricante.

¹⁰ Para este modelo, por falta de informação, foi considerado o valor do consumo médio urbano apresentado nos folhetos do fabricante. Foi escolhido o consumo urbano pois estas viaturas estão alocadas aos escritórios pelo que se considerou a sua utilização recair no espaço urbano.

3.3. QUANTIFICAÇÃO DA PEGADA DE CARBONO DA EMPRESA VESTAS

A quantificação da pegada tem em consideração o consumo de electricidade e da distância percorrida pelos veículos responsáveis pela emissão de GEE que decorrem na manutenção dos aerogeradores e nos serviços administrativos sendo esta principal função da empresa Vestas Portugal. Serão principalmente tidos em consideração o consumo de electricidade e a distância percorrida com os veículos (serviços administrativos e de manutenção). Neste trabalho apenas serão consideradas as emissões de GEE que incluem a emissões de CO₂, CH₄ e N₂O. Sendo que para a metodologia desenvolvida são também incluídas as emissões de SF₆.

Em seguida serão apresentadas as informações e os cálculos utilizados para a quantificação da pegada de carbono da empresa baseada no uso de calculadores de pegada disponíveis (Defra e GHG Protocol) e pela metodologia desenvolvida neste trabalho.

3.3.1. RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DA METODOLOGIA DEFRA

Seguidamente são apresentados os pressupostos utilizados para a quantificação da pegada de carbono da empresa da componente relativa ao consumo de electricidade e combustível nos veículos.

A informação disponibilizada pela Defra para o consumo de electricidade apresenta factores de emissão para a electricidade consumida específicos para o mix energético do Reino Unido. Nestes factores estão incluídas as perdas de electricidade na distribuição ou seja, para o ano de 2008 considera-se que existiram 7,4% de perdas de electricidade na distribuição da electricidade.

Para comparação entre as diferentes metodologias apenas se considera a abordagem Tipo 2 que inclui as emissões indirectas de GEE associadas ao consumo de energia eléctrica ou seja, são emissões directas de GEE associadas à produção de electricidade, calor ou vapor.

A Tabela 14 apresenta os valores da pegada de carbono do consumo de electricidade dos escritórios da Maia e Lisboa.

Tabela 14 – Pegada de carbono associada ao consumo de electricidade pelos escritórios da Maia de Lisboa.

Fonte	Gás	Factor emissão (kg CO ₂ equiv./Km)	Consumo de electricidade (kWh)	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv.)	Pegada de carbono total (kg CO ₂ equiv.)
Maia	CO ₂	5,42E-01		44 635	
	CH ₄	2,40E-04	82 413	20	44 932
	N ₂ O	3,37E-03		278	
Lisboa	CO ₂	5,42E-01		17 561	
	CH ₄	2,40E-04	32 425	8	17 678
	N ₂ O	3,37E-03		109	
Total			114 838		62 611

As emissões de GEE emitidas nas deslocações efectuadas pelos colaboradores da empresa, podem ser estimadas com base no consumo de combustível ou na distância percorrida pelos veículos. Neste trabalho, apenas as emissões directas serão contabilizadas (Tipo 1). É excluído desta análise o cálculo das emissões do Tipo 2, as quais são consideradas para o consumo de electricidade, ao passo que as do Tipo 3 são emissões indirectas, estando fora do âmbito do trabalho.

A calculadora permite a entrada de informação, onde os veículos estão divididos por categorias. A Tabela 15 apresenta os factores de emissão, as distâncias percorridas e a pegada de carbono calculada para cada categoria de veículos.

Tabela 15 – Quantificação da pegada de carbono da distância percorrida por todos os veículos da empresa

Fonte	Gás	Factor emissão (kg CO ₂ equiv./km)	Distância percorrida (km)	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv.)	Pegada de carbono total (kg CO ₂ equiv.)
Lower medium ^{a)}	CO ₂	1,66E-01		4 894	
	CH ₄	5,00E-05	29 431	1	4 945
	N ₂ O	1,66E-03		49	
Executive ^{b)}	CO ₂	2,15E-01		24 307	
	CH ₄	5,00E-05	113 059	6	24 500
	N ₂ O	1,66E-03		188	
4x4 ^{c)}	CO ₂	2,71E-01		87 651	
	CH ₄	5,00E-05	323 818	16	88 205
	N ₂ O	1,66E-03		538	
Diesel van (Class III), 1,74 to 3,5 ton ^{d)}	CO ₂	2,69E-01		367 088	
	CH ₄	6,25E-05	1 363 927	85	369 670
	N ₂ O	1,83E-03		2 497	
Total	-	-	1 830 235	-	487 320

a) Modelo: VW Golf

b) Modelos: Audi A6, Opel Insignia e VW Passat

c) Modelos: VW Tiguan e Mitsubishi L200

d) Modelos: VW Caddy, VW Crafter e VW Transporter

O valor total para a pegada de carbono da Vestas Portugal reportado à produção total de electricidade teórica é expresso em kg CO₂equiv./kWh (Tabela 16).

Tabela 16 – Quantificação total da pegada de carbono de acordo com a metodologia da Defra

	Gás	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv.)	% Contribuição	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv./kWh)
Electricidade consumida	CO ₂	62 196	99%	4,56E-05
	CH ₄	28	<1%	2,02E-08
	N ₂ O	387	1%	2,84E-07
	Total	62 611	100%	4,59E-05
Distância percorrida	CO ₂	483 940	99%	3,55E-04
	CH ₄	109	<1%	7,96E-08
	N ₂ O	3 271	1%	2,40E-06
	Total	487 320	100%	3,57E-04
Total	-	549 930	-	4,03E-04

3.3.2. RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DA METODOLOGIA GHG PROTOCOL

Em seguida serão analisadas as ferramentas de cálculo, utilizadas na quantificação da pegada de carbono associada às emissões provenientes do consumo de electricidade e das emissões provenientes de fontes móveis (veículos).

Neste trabalho foram utilizados os factores de emissão mais abrangentes, ou seja, os factores de emissão para Portugal. Na Tabela 17 é apresentado o factor de emissão para o CO₂, o consumo de electricidade e o respectivo valor calculado para a pegada de carbono.

Tabela 17 – Pegada de carbono associada ao consumo de electricidade nos escritórios da Maia e de Lisboa

	Gás	Factor emissão (kg CO ₂ /kWh)*[25]	Consumo (kWh)	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv.)
Maia	CO ₂	4,16E-01	82 413	34 319
Lisboa	CO ₂	4,16E-01	32 425	13 503
Total			114 838	47 821

* Mix energético português no ano de 2006

Para o cálculo da pegada associada às deslocações e transportes, apenas são consideradas as emissões directas (Tipo 1) de CO₂ associadas aos veículos pertencentes à empresa. Apesar de esta ferramenta referir que a contribuição de CH₄ e N₂O poderá ser significativa, quando a frota de veículos da empresa for grande, este valor não foi calculado devido ao facto da ferramenta não disponibilizar factores de emissão específicos destes gases.

A quantificação das emissões de CO₂ pode ser efectuada tendo por base o consumo de combustível ou, em alternativa, pela distância percorrida pelos veículos. Neste trabalho será utilizado a distância percorrida, o que permitirá comparar as três metodologias. Esta ferramenta permite utilizar diferentes categorias de veículos, sendo que apenas se consideram os veículos de passageiros e os de transporte de mercadorias. A Tabela 18 apresenta os cálculos da pegada de carbono para veículos de passageiros e de transporte de mercadorias.

Tabela 18 – Quantificação da pegada de carbono associada à distância percorrida por todos os veículos da empresa

	Gás	Factor emissão (kg CO ₂ /Km)	Distância percorrida (km)	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv.)
Veículos de passageiros ^{a)}	CO ₂	2,80E-01	221 564	61 990
Veículos de transporte de mercadorias ^{b)}	CO ₂	3,89E-01	1 608 671	625 109
Total			1 830 235	687 099

a) Modelos: Audi A6, Opel Insignia, VW Golf, VW Passat e VW Tiguan

b) Modelos: Mitsubishi L200, VW Caddy, VW Crafter e VW Transporter

A pegada de carbono total da empresa é dividida pela produção total de electricidade teórica obtendo assim o valor da unidade funcional (kg CO₂equiv./kWh) (Tabela 19).

Tabela 19 – Pegada de carbono total da empresa pela metodologia GHG Protocol

	Gás	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv.)	% Contribuição	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv./kWh)
Electricidade consumida	CO ₂	47 821	100%	3,51E-05
	Total	47 821	100%	3,51E-05
Distância percorrida	CO ₂	687 099	100%	5,04E-04
	Total	687 099	100%	5,04E-04
Total		734 920		5,39E-04

3.3.3. RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DA METODOLOGIA DESENVOLVIDA NESTE TRABALHO

Para a quantificação da pegada de carbono da electricidade consumida recorreu-se à base de dados Ecoinvent e à página oficial da EDP5d (Tabela 20). Foram utilizados os factores de emissão disponíveis na Ecoinvent resultantes do uso do mix energético nacional para os gases CH₄, N₂O e SF₆. O mix energético apresentado na Ecoinvent, foi elaborado usando como base a produção média de electricidade no ano de 2000. Para o CO₂ foi utilizado o factor de emissão de disponibilizado pela EDP5d [39]. Este valor reflecte uma emissão com base no mix energético de 2009.

Tabela 20 – Factores de emissão da Ecoinvent e da EDP5d associados ao consumo de electricidade

Gás	Factor emissão Ecoinvent [26] (kg/kWh)	Factor emissão EDP5d [39] (kg/kWh)
CO ₂	5,79E-01	3,07E-01
CH ₄	7,69E-04	-
N ₂ O	1,70E-05	-
SF ₆	7,93E-08	-

A Tabela 21 apresenta os valores calculados da pegada de carbono, para os escritórios da Maia e Lisboa.

Tabela 21 – Pegada de carbono associada ao consumo de electricidade nos escritórios da Maia e de Lisboa

Fonte	Gás	Factor emissão (kg/kWh)	Consumo de electricidade (kWh)	Emissões (kg)	GWP (CO ₂ equiv) [11]	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv.)
Maia	CO ₂	3,07E-01	82 413	25 271	1	25 271
	N ₂ O	1,70E-05		1	298	417
	CH ₄	7,69E-04		63	25	1 583
	SF ₆	7,93E-08		<1	22 800	149
Lisboa	CO ₂	3,07E-01	32 425	9 943	1	9 943
	N ₂ O	1,70E-05		<1	298	164
	CH ₄	7,69E-04		25	25	623
	SF ₆	7,93E-08		<1	22 800	59
Total			114 838			38 208

Na Tabela 22 são apresentados os diferentes modelos dos veículos da empresa assim como o respectivo valor de factor de emissões de CO₂. As emissões de CO₂ de cada veículo correspondem aos valores médios de g CO₂/km apresentados nos folhetos dos veículos presentes nas páginas oficiais dos fabricantes dos mesmos. Devido à constante renovação dos modelos dos veículos, e conseqüente falta dos folhetos antigos, será necessário por vezes recorrer aos valores actuais desses modelos. Para tal, é considerada a motorização mais próxima da versão corrente relativamente ao veículo em causa. No que respeita aos factores de emissão de CH₄, N₂O e SF₆ recorreu-se ao Ecoinvent, considerando os factores para veículos ligeiros a diesel, com tecnologia Euro5¹¹ e para viaturas de transporte de mercadorias a diesel, inferiores a 3,5ton. Aqui são considerados todos os processos directamente relacionados com a operação dos veículos na Suíça (veículos ligeiros) e na Europa (veículos de transporte de mercadorias). Assim, são consideradas as emissões provenientes da utilização do veículo (combustão), do gasto dos pneus e das pastilhas dos travões.

¹¹ Tecnologia utilizada nos veículos com vista à redução das emissões de diversos GEE.

Tabela 22 – Factores de emissão para veículos de passageiros e de transporte de mercadorias

Categoria	Marca e modelo	Factores de emissão de CO ₂ (g/km) ^{a)}	Factores de emissão de CH ₄ (kg/km)	Factores de emissão de N ₂ O (kg/km)	Factores de emissão de SF ₆ (kg/km)
Veículos passageiros	Audi A6	154			
	Opel Insignia	161			
	VW Golf	114-119			
	VW Passat	119	6,02E-05 ^{b)}	7,38E-08 ^{b)}	7,92E-14 ^{b)}
	VW Tiguan 140 CV	164			
	VW Tiguan 170 CV	165			
Veículos de transporte de mercadorias (<3,5t)	Mitsubishi L200	225			
	VW Caddy - 1,9 TDI Extra	168-171			
	VW Caddy - 1,9 TDI Extra 4Motion	168-171			
	VW Caddy - 1,9 TDI Maxi	171-174			
	VW Caddy - 1,9 TDI Kombi	171	7,58E-06 ^{c)}	9,33E-06 ^{c)}	n.d.
	VW Crafter	261-293			
	VW Transporter - 2.0 TDI ¹²	211-219			
	VW Transporter - 2.5 TDI ¹³	219-226			

a) Valores retirados dos folhetos dos fabricantes dos respectivos automóveis e, no caso de existir uma gama de variação para os factores de emissão, foi considerada a média destes valores.

b) Valores retirados da base de dados, Ecoinvent, de veículos de passageiros a diesel.

c) Valores retirados da base de dados, Ecoinvent, de veículos de mercadorias a diesel.

As Tabelas 23 e 24 apresentam, respectivamente, os valores da pegada de carbono dos veículos pertencentes aos serviços de administrativos e à manutenção.

¹² Considerou-se os valores da Transporter 2.0TDI 4Motion com tecto normal.

¹³ Como não existe esta motorização considerou-se os valores da Transporter 2.0TDI 4Motion com tecto alto diferenciando-se assim do outro modelo de Transporter.

Tabela 23 – Quantificação da pegada de carbono dos veículos dos serviços de administrativos

Viatura	Distância percorrida (km)	Emissão de CO ₂ (kg CO ₂ equiv.)	Emissão de CH ₄ (kg CO ₂ equiv.)	Emissão de N ₂ O (kg CO ₂ equiv.)	Emissão de SF ₆ (kg CO ₂ equiv.)	Pegada de carbono total (kg CO ₂ equiv.)
Viatura 1	28 883	4 448	0,6	15	1,16E-01	4 464
Viatura 24	29 431	3 429	0,7	16	1,18E-01	3 445
Viatura 25	23 777	3 828	0,5	13	9,54E-02	3 841
Viatura 32	28 799	3 427	0,6	15	1,16E-01	3 443
Viatura 34	2 180	360	<0,1	1	8,74E-03	361
Viatura 35	31 000	5 115	0,7	17	1,24E-01	5 132
Total	144 070	20 607	3	77	<1	20 687

A Tabela A.1 (em Anexo) apresenta a marca e o modelo destas viaturas.

Tabela 24 – Quantificação da pegada de carbono dos veículo de manutenção

Viatura	Distância percorrida (km)	Emissão de CO ₂ (kg CO ₂ equiv.)	Emissão de CH ₄ (kg CO ₂ equiv.)	Emissão de N ₂ O (kg CO ₂ equiv.)	Emissão de SF ₆ (kg CO ₂ equiv.)	Pegada de carbono total (kg CO ₂ equiv.)
Viatura 2	32 937	5 583	6,2	92	-	5 681
Viatura 3	47 434	8 040	9,0	132	-	8 181
Viatura 4	34 187	5 795	6,5	95	-	5 896
Viatura 5	48 954	8 298	9,3	136	-	8 443
Viatura 6	45 598	7 729	8,6	127	-	7 864
Viatura 7	53 709	9 104	10,2	149	-	9 263
Viatura 8	33 013	5 596	6,3	92	-	5 694
Viatura 9	43 145	7 313	8,2	120	-	7 441
Viatura 10	9 275	1 572	1,8	26	-	1 600
Viatura 11	37 784	6 404	7,2	105	-	6 517
Viatura 12	30 617	5 190	5,8	85	-	5 281
Viatura 13	26 800	4 543	5,1	75	-	4 622
Viatura 14	29 107	4 934	5,5	81	-	5 020
Viatura 15	39 004	6 611	7,4	108	-	6 727

Continuação Tabela 25 – Quantificação da pegada de carbono dos veículo de manutenção

Viatura	Distância percorrida (km)	Emissão de CO ₂ (kg CO ₂ equiv.)	Emissão de CH ₄ (kg CO ₂ equiv.)	Emissão de N ₂ O (kg CO ₂ equiv.)	Emissão de SF ₆ (kg CO ₂ equiv.)	Pegada de carbono total (kg CO ₂ equiv.)
Viatura 16	53 653	9 094	10,2	149	-	9 254
Viatura 17	51 958	8 807	9,8	144	-	8 961
Viatura 18	25 752	4 365	4,9	72	-	4 441
Viatura 19	43 411	7 423	8,2	121	-	7 552
Viatura 20	13 562	2 319	2,6	38	-	2 359
Viatura 21	55 530	9 579	10,5	154	-	9 744
Viatura 22	10 111	1 744	1,9	28	-	1 774
Viatura 23	24 936	6 907	4,7	69	-	6 981
Viatura 26	51 761	11 646	9,8	144	-	11 800
Viatura 27	53 723	12 088	10,2	149	-	12 247
Viatura 28	57 200	12 870	10,8	159	-	13 040
Viatura 29	51 360	11 556	9,7	143	-	11 709
Viatura 30	30 700	6 908	5,8	85	-	6 999
Viatura 31	31 600	3 760	0,7	17	1,27E-01	3 778
Viatura 33	45 894	7 527	1,0	25	1,84E-01	7 552
Viatura 36	54 425	12 110	10,3	151	-	12 271
Viatura 37	42 837	9 531	8,1	119	-	9 658
Viatura 38	62 425	13 890	11,8	174	-	14 075
Viatura 39	39 996	8 899	7,6	111	-	9 018
Viatura 40	24 241	5 394	4,6	67	-	5 466
Viatura 41	27 501	6 119	5,2	76	-	6 201
Viatura 42	31 601	6 794	6,0	88	-	6 888
Viatura 43	59 665	12 828	11,3	166	-	13 005
Viatura 44	50 094	11 146	9,5	139	-	11 295
Viatura 45	41 135	9 153	7,8	114	-	9 275
Viatura 46	42 691	9 499	8,1	119	-	9 626
Viatura 47	53 550	11 915	10,1	149	-	12 074
Viatura 48	43 289	9 632	8,2	120	-	9 760
Total	1 686 166	330 211	306	4 514	<1	335 032

A Tabela A.1 (em Anexo) apresenta a marca e o modelo destas viaturas.

A pegada de carbono total da empresa resulta dos valores da pegada de carbono referente aos consumos de electricidade e de combustível. O resultado reportado à capacidade de produção teórica é expresso em kg CO₂equiv./kWh. A Tabela 25 apresenta os valores totais da pegada de carbono da empresa.

Tabela 26 – Pegada de carbono total da empresa de acordo com a metodologia desenvolvida

	Gás	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv.)	% Contribuição	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv./kWh)
Electricidade consumida	CO ₂	35 213	92%	2,58E-05
	CH ₄	2 206	6%	1,62E-06
	N ₂ O	581	<2%	4,26E-07
	SF ₆	208	<1%	1,52E-07
	Total	38 208	100%	2,80E-05
Distância percorrida	CO ₂	350 818	99%	2,57E-04
	CH ₄	310	<1%	2,27E-07
	N ₂ O	4 591	1%	3,37E-06
	SF ₆	<1	<1%	6,52E-10
	Total	355 720	100%	2,61E-04
Total		393 928		2,89E-04

3.4. QUANTIFICAÇÃO DA PEGADA DE CARBONO DO AEROGERADOR V90-3.0MW

Na quantificação da pegada de carbono relativa à manutenção do aerogerador V90-3.0MW foi considerada a electricidade consumida no escritório da Maia, sede da manutenção de todos os aerogeradores. O valor do consumo total de electricidade consumida para o aerogerador V90-3.0MW foi de 54 309 kWh. Este valor foi calculado multiplicando o consumo de electricidade por aerogerador, pelo total de V90-3.0MW com contrato de manutenção (143 aerogeradores). Os factores de emissão são os mesmos utilizados para a quantificação da pegada de carbono da empresa.

Relativamente à distância percorrida foi feito um levantamento de todas as viaturas utilizadas para a manutenção de parques eólicos que possuem aerogeradores V90-3.0MW. Foram contabilizadas as viaturas do escritório da Maia pois são as exclusivamente utilizadas na manutenção. Os cálculos foram realizados dividindo o total de quilómetros percorridos pela viatura pelo número total de aerogeradores que a viatura faz manutenção. Reportou-se este valor ao número de aerogeradores V90-3.0MW que essa viatura abrange, obtendo assim o valor total da distância percorrida pela viatura para a manutenção das V90-3.0MW. Por fim somou-se o total das distâncias percorridas por

todas as viaturas que efectuem manutenção ao referido aerogerador. Para as 36 viaturas que efectuem manutenção das V90-3.0MW determinou-se uma distância total de 1 147 902 km. Para o cálculo da pegada de carbono total foi determinado o total de energia produzida por todos os aerogeradores V90-3.0MW, em 2010, contabilizando 1 054 380 756 kWh.

Em seguida serão apresentados as informações e os cálculos utilizados para a quantificação da pegada de carbono do aerogerador das diferentes metodologias baseadas em calculadores de pegada disponíveis (Defra e GHG Protocol) e pela metodologia desenvolvida neste trabalho.

3.4.1. RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DA METODOLOGIA DEFRA

Em seguida serão apresentados a quantificação da pegada de carbono, através da metodologia da Defra. Na Tabela 26 são apresentados a pegada de carbono relativa ao consumo de electricidade.

Tabela 27 - Pegada de carbono total do consumo de electricidade

Gás	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv.)	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv./kWh)
CO ₂	29 414	2,79E-05
CH ₄	13	1,24E-08
N ₂ O	183	1,74E-07
Total	29 610	2,81E-05

A quantificação da pegada de carbono de acordo com as diversas categorias de veículos é apresentada na Tabela 27.

Tabela 28 – Pegada de carbono associada à distância percorrida pelos veículos associados à manutenção

Categoria	Gás	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv.)	Pegada de carbono total (kg CO ₂ equiv.)
Executive ^{a)}	CO ₂	4 957	4 996
	CH ₄	1	
	N ₂ O	38	
4x4 ^{b)}	CO ₂	42 842	43 113
	CH ₄	8	
	N ₂ O	263	
Diesel van (Class III), 1.74 to 3.5 ton ^{c)}	CO ₂	260 143	261 973
	CH ₄	60	
	N ₂ O	1 770	
Total			310 082

a) Modelos: VW Passat; Distância Total (km): 23 055

c) Modelos: VW Tiguan e Mitsubishi L200; Distância Total (km): 158 277

d) Modelos: VW Caddy, VW Crafter e VW Transporter; Distância Total (km): 966 570

A Tabela 28 apresenta os valores totais da pegada de carbono e a contribuição de cada fonte de emissão, associada à manutenção do aerogerador V90-3.0MW.

Tabela 29 – Pegada de carbono total da manutenção do aerogerador V90-3.0MW pela metodologia Defra

	Gás	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv.)	% Contribuição	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv./kWh)
Electricidade consumida	CO ₂	29 414	99%	2,79E-05
	CH ₄	13	<1%	1,24E-08
	N ₂ O	183	<1%	1,74E-07
	Total	29 610	100%	2,81E-05
Distância percorrida	CO ₂	307 942	99%	2,92E-04
	CH ₄	69	<1%	6,59E-08
	N ₂ O	2 071	<1%	1,96E-06
	Total	310 082	100%	2,94E-04
Total		339 692		3,22E-04

3.4.2. RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DA METODOLOGIA GHG PROTOCOL

Nesta secção serão apresentados os resultados da pegada de carbono, da manutenção do aerogerador V90-3.0MW, com a metodologia GHG Protocol. Os valores da pegada de carbono associados ao consumo de electricidade são apresentados na Tabela 29.

Tabela 30 – Pegada de carbono total do consumo de electricidade

	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv.)	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv./kWh)
CO ₂	22 616	2,15E-05
Total	22 616	2,15E-05

Na Tabela 30 são apresentados os resultados da pegada de carbono associada à distância percorrida pelos veículos na manutenção do aerogerador V90-3.0MW.

Tabela 31 – Pegada de carbono associada à distância percorrida pelos veículos para a manutenção do aerogerador V90-3.0MW

	Gás	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv.)	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv./kWh)
Veículos de passageiros	CO ₂	19 291	1,83E-05
Veículos de transporte de mercadorias	CO ₂	419 267	3,98E-04
Total		438 558	4,16E-04

a) Modelos: VW Passat e VW Tiguan; Distância Total (km): 68 949

b) Modelos: Mitsubishi L200, VW Caddy, VW Crafter e VW Transporter; Distância Total (km): 1 078 953

Por fim, e somando os valores da pega na Tabela 31 são apresentados os resultados totais da pegada de carbono e a contribuição de cada fonte de emissão para a manutenção do aerogerador V90-3.0MW.

Tabela 32 – Pegada de carbono total do aerogerador V90-3.0MW pela metodologia GHG Protocol

	Gás	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv.)	% Contribuição	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv./kWh)
Electricidade consumida	CO ₂	22 616	100%	2,14E-05
	Total	22 616	100%	2,14E-05
Distância percorrida	CO ₂	438 558	100%	4,16E-04
	Total	438 558	100%	4,16E-04
Total		461 174		4,37E-04

3.4.3. RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DA METODOLOGIA DESENVOLVIDA

Seguidamente serão apresentados os resultados da pegada de carbono do aerogerador V90-3.0MW obtidos com a Metodologia Desenvolvida. Na Tabela 32 são apresentados os resultados da pegada de carbono para o consumo de electricidade.

Tabela 33 – Pegada de carbono total do consumo de electricidade

Gás	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv.)	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv./kWh)
CO ₂	16 653	1,58E-05
CH ₄	1 043	9,90E-07
N ₂ O	275	2,61E-07
SF ₆	98	9,31E-08
Total	18 069	1,71E-05

Na Tabela 33 são apresentados os resultados da pegada de carbono relativa à distância percorrida pelos veículos na manutenção do aerogerador V90-3.0MW.

Tabela 34 – Pegada de carbono associada à distância percorrida pelos veículos na manutenção do aerogerador V90-3.0MW

	Gás	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv.)	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv./kWh)
Veículos de passageiros ^{a)}	CO ₂	10 270	
	CH ₄	2	9,78E-06
	N ₂ O	37	
	SF ₆	<1	
Veículos de transporte de mercadorias ^{b)}	CO ₂	208 707	
	CH ₄	203	2,01E-04
	N ₂ O	2 986	
	SF ₆	-	
Total		222 205	

a) Modelos: VW Passat e VW Tiguan; Distância Total (km): 68 949

b) Modelos: Mitsubishi L200, VW Caddy, VW Crafter e VW Transporter; Distância Total (km): 1 078 953

Por fim e após somar os valores da pegada de carbono associada ao consumo de electricidade e da distância percorrida pelos veículos na manutenção do aerogerador V90-3.0MW são apresentados, na Tabela 34, o resultado da pegada de carbono e a contribuição de cada actividade na quantificação da pegada de carbono.

Tabela 35 – Pegada de carbono total da manutenção do aerogerador V90-3.0MW com a metodologia desenvolvida

	Gás	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv.)	% Contribuição	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv./kWh)
Electricidade consumida	CO ₂	16 653	92%	1,58E-05
	CH ₄	1 043	6%	9,90E-07
	N ₂ O	275	<2%	2,60E-07
	SF ₆	98	<1%	9,31E-08
	Total	18 069	100%	1,71E-05
Distância percorrida	CO ₂	218 977	99%	2,08E-04
	CH ₄	205	<1%	1,94E-07
	N ₂ O	3 023	1%	2,87E-06
	SF ₆	<1	<1%	2,62E-10
	Total	222 205	100%	2,11E-04
Total		240 274		2,28E-04

CAPÍTULO 4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para determinar o resultado da pegada de carbono da empresa e do aerogerador V90-3.0MW, foram utilizados factores de emissão diferentes. Seguidamente são analisados e comparados os factores de emissão usados em cada metodologia. Este capítulo apresenta e compara os factores de emissão usados com os resultados finais obtidos para a pegada de carbono da empresa e para o aerogerador V90-3.0MW. Isto é realizado para as três metodologias utilizadas na avaliação.

4.1. ANÁLISE E COMPARAÇÃO DOS FACTORES DE EMISSÃO DAS TRÊS METODOLOGIAS

Para a quantificação da pegada de carbono, associada ao consumo de electricidade, são utilizados diferentes factores de emissão (FE), de CO₂, CH₄, N₂O e SF₆. A Tabela 35 apresenta os FE considerados.

Tabela 36 – Factores de emissão associados ao consumo de electricidade disponibilizados pelas diferentes metodologias

Gás	Defra* (kg CO ₂ equiv./kWh)	GHG Protocol** (kg CO ₂ equiv./kWh)	Metodologia desenvolvida*** (kg CO ₂ equiv./kWh)
CO ₂	5,42E-01	4,16E-01	3,07E-01
CH ₄	2,40E-04	-	1,92E-02
N ₂ O	3,37E-03	-	5,06E-03
SF ₆	-	-	1,81E-03

* FE estimados com base na consideração do ano de referência do mix energético de 2008 no Reino Unido

** FE estimado com base na consideração do ano de referência do mix energético de 2006 em Portugal

*** FE do CO₂ estimado com base no ano de referência de 2009 sendo os restantes gases referentes ao ano 2000, para o mix energético de Portugal.

O factor de emissão de CO₂ mais baixo é apresentado pela metodologia desenvolvida, considerando o mix energético português ao passo que o mais elevado é apresentado pela Defra, considerando o mix energético do Reino Unido. Para os restantes GEE constata-se que os FE usados para o cálculo usando a metodologia desenvolvida são os mais elevados. A metodologia GHG Protocol apenas disponibiliza informação sobre as emissões de CO₂, para o mix energético português no ano de 2006, pois consideram este gás como o principal responsável pelas emissões de GEE (cerca de 99% do total das emissões). O EF do poluente SF₆ apenas está disponível para a metodologia desenvolvida.

As diferenças existentes entre os valores dos FE podem ser explicadas pela diferença do mix energético e do tipo de tecnologia empregue nas centrais eléctricas, que por sua vez está dependente do período temporal considerando na contabilização das emissões por cada metodologia. Assim, por um lado, os FE da Defra correspondem ao mix energético do Reino Unido para o ano de 2008, por outro lado os FE da GHG Protocol e da metodologia aqui desenvolvida são referentes ao mix energético de Portugal para o ano de 2006 e 2009 respectivamente.

Os FE de CO₂, CH₄, N₂O e SF₆, disponibilizados pelas diferentes metodologias e utilizados no cálculo da pegada de carbono associada à distância percorrida pelos veículos, são apresentados, na Tabela 36 (FE para CO₂) e na Tabela 37 (FE para o CH₄, N₂O e SF₆). De referir que na metodologia GHG Protocol apenas são consideradas as emissões de CO₂.

Tabela 37 – Comparação dos factores de emissão de CO₂ das diferentes categorias de veículos para as três metodologias

Categoria do veículo da metodologia GHG e da desenvolvida	Categoria do veículo da metodologia Defra	Modelo	FE da Defra (kg CO ₂ equiv./Km) [9]	FE da GHG Protocol (kg CO ₂ equiv./Km) [25]	FE da metodologia desenvolvida (kg CO ₂ equiv./Km) [40 a 48]
Veículos de passageiros	Lower medium	VW Golf	1,66E-01	2,80E-01	1,17E-01
	Executive	Audi A6	2,15E-01		1,54E-01
		Opel Insignia			1,61E-01
		VW Passat			1,19E-01
	4x4 (Tiguan)	VW Tiguan - 2.0 TDI 140CV	2,71E-01		1,64E-01
		VW Tiguan - 2.0 TDI 170CV			1,65E-01
Veículos de mercadorias	4x4 (L200)	Mitsubishi L200	2,71E-01	3,89E-01	2,25E-01
	Van 1,74 to 3,5 ton	VW Caddy - 1,9 TDI Extra & (4Motion)	2,69E-01		1,70E-01
		VW Caddy - 1,9 TDI Kombi			1,71E-01
		VW Caddy - 1,9 TDI Maxi			1,73E-01
		VW Crafter			2,77E-01
		VW Transporter - 2.5 TDI			2,23E-01
		VW Transporter - 2.0 TDI			2,15E-01

Observa-se que os FE de CO₂ considerados, para os *veículos de passageiros* na metodologia desenvolvida são mais baixos. Para a mesma categoria os FE da GHG Protocol são os mais elevados. A diferença dos FE dos *veículos de passageiros* da metodologia Defra para os da GHG Protocol, situa-se entre 3% (4x4 Tiguan) e 41% (Lower medium); a diferença dos FE entre a metodologia desenvolvida e a GHG Protocol, situa-se entre 41% (VW Tiguan) e 65% (VW Passat). Seguindo a mesma abordagem para os *veículos de mercadorias* a diferença da metodologia Defra para a GHG Protocol situa-se a aproximadamente 30%, nas duas categorias, ao passo que na metodologia desenvolvida a diferença é entre 29% (VW Crafter) e 56% (VW Caddy 1,9 TDI Kombi).

Tabela 38 – Comparação dos factores de emissão de CH₄, N₂O e SF₆ das diferentes categorias de veículos para as três metodologias

Categoria do veículo da metodologia desenvolvida	Categoria do veículo da metodologia Defra	Modelo	Emissões de CH ₄ (kg CO ₂ equiv./km) [9]		Emissões de N ₂ O (kg CO ₂ equiv./km) [25]		Emissões de SF ₆ (kg CO ₂ equiv./km) [26]	
			Defra	Metodologia desenvolvida	Defra	Metodologia desenvolvida	Defra	Metodologia desenvolvida
Veículos de passageiros	Lower Medium	VW Golf	5,00E-05	2,22E-05	1,66E-03	5,34E-04	-	4,011E-06
	Executive	Audi A6						
		Opel Insignia						
		VW Passat						
	4x4 (Tiguan)	VW Tiguan - 2.0 TDI 140CV						
VW Tiguan - 2.0 TDI 170CV								
Veículos de mercadorias	4x4 (L200)	Mitsubishi L200	5,00E-05	1,89E-04	1,66E-03	2,78E-03	-	-
	Van 1,74 to 3,5 ton	VW Caddy - 1,9 TDI Extra & (4Motion)	6,25E-05		1,83E-03			
		VW Caddy - 1,9 TDI Kombi						
		VW Caddy - 1,9 TDI Maxi						
		VW Crafter						
		VW Transporter - 2.5 TDI						
		VW Transporter - 2.0 TDI						

Em todos os modelos de *veículos de passageiros* verifica-se que a metodologia da Defra apresenta valores de FE superiores aos da metodologia desenvolvida, sendo as diferenças de 57% (para o CH₄) e 68% (para o N₂O). Na categoria de *veículos de mercadorias* os FE de CH₄ da metodologia desenvolvida são mais elevados que os da Defra, sendo que as diferenças variam entre 74% para a categoria “4x4 (L200)” e 67% para a categoria “Van 1,74 to 3,5 ton”. No entanto para os FE de N₂O da metodologia desenvolvida são superiores aos da Defra sendo que a diferença para a categoria “4x4 (L200)” é de 40% ao passo que para a categoria “Van 1,74 to 3,5 ton a diferença é de 34%. Por fim as emissões de SF₆ apenas são consideradas na metodologia desenvolvida e apenas disponíveis para os *veículos de passageiros*.

As variações dos FE observados podem ser explicadas sobretudo pela origem e pelo método utilizado para determiná-los. Para tal, o país, o ano, a tecnologia empregue nos veículos e as actividades que os FE contemplam influenciam os valores. Em primeiro lugar serão analisados os FE de CO₂ das três metodologias estudadas, seguida pela análise conjunta dos FE de CH₄, N₂O e SF₆ da metodologia da Defra e na metodologia desenvolvida. Os valores de FE de CO₂ apresentados pela metodologia GHG Protocol poderiam ser explicados devido aos factores não serem específicos de um país, além de os factores considerados nos *veículos de passageiros* e nos *veículos de mercadorias* serem referentes a veículos desde o ano 1987 e do ano de 1996 até ao presente, respectivamente. Visto que a tecnologia automóvel no que toca ao controlo de emissões avançou nos últimos anos, a utilização deste FE pode prejudicar a quantificação da pegada de carbono.

Os FE para o CO₂ apresentados pela Defra correspondem a um conjunto de viaturas registadas, com diferentes tecnologias, durante os anos de 1997 a 2009, ao passo que os FE usados na metodologia desenvolvida foram obtidos através dos folhetos dos fabricantes dos automóveis em estudo. Numa tentativa de aproximar à realidade de utilização dos veículos, ou seja, utilização de acessórios como AC, aumento do peso do veículo, manutenção inadequada, condições meteorológicas e estilos de condução, a metodologia da Defra considera um aumento de 15% das emissões de CO₂ recolhidas pela NEDC¹⁴. Os FE apresentados pelos fabricantes, usados na metodologia desenvolvida, também são os recolhidos pela NEDC, no entanto não é considerado nenhum factor adicional. Portanto, destaca-se dois motivos pelos quais os FE de CO₂ considerados na metodologia desenvolvida são mais baixos que na Defra. Primeiro, apesar de ambas as metodologias partirem dos mesmos valores da NEDC, as diferenças nos valores

¹⁴ New European Driving Cycle – Este teste tem como objectivo simular as condições da utilização média de veículos na Europa, a fim de obter, entre outro, dados sobre o consumo médio e emissões de CO₂.

apresentados podem ser explicadas pelo aumento sistemático, na metodologia da Defra, de 15% do valor da NEDC. Segundo, os veículos considerados pela Defra, nas diferentes categorias datam de 1997 até 2009, enquanto a metodologia desenvolvida utiliza valores específicos.

Contudo, embora a Defra conclua que um aumento de 10 a 15% da NEDC corresponde melhor às emissões reais, o aumento sistemático de 15% levanta a questão da fiabilidade dos seus valores. Do mesmo modo, a TÜV Nord¹⁵ considera adequado um aumento de 30% sobre o valor da NEDC para caracterizar com mais exactidão o valor das emissões de CO₂, ao passo que a IEA utiliza um factor entre 15 a 18% sobre o valor indicado pela NEDC [9]. Se bem que a NEDC está concebida de forma a reproduzir a utilização média de um veículo na Europa, estas agências de referência recomendam acrescentar um factor para que os valores das emissões de CO₂ transmitam mais fielmente a realidade. No entanto, visto que a dimensão do valor adicional não está definida de forma consensual, optou-se, na metodologia desenvolvida, pela aplicação directa dos FE da NEDC, a qual pode ser igualmente questionada.

Relativamente aos FE de CH₄, N₂O e SF₆ utilizados na metodologia desenvolvida estes são retirados da base de dados da Ecoinvent. Para os *veículos de passageiros* são considerados os FE da base de dados referente a veículos de cidade a diesel com tecnologia Euro5 na Suíça. Quanto aos *veículos de mercadorias* é considerada para o ano de 2005 a média dos veículos de mercadorias, com menos de 3,5 ton, a diesel ou a gasolina, utilizados na Europa. Na metodologia da Defra os FE de CH₄ e N₂O foram retirados do inventário nacional dos GEE em 2010, para o transporte no Reino Unido. A diferença dos valores apresentados pode estar relacionada com o país de origem, o tipo de metodologia utilizada e os veículos considerados para cada categoria. No entanto, é de referir que a contribuição destes três gases é bastante baixa. Esta é inferior a 2% do total da pegada de carbono, sendo este valor para as duas metodologias.

¹⁵ Agência Ambiental Alemã

4.2. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS PARA A PEGADA DE CARBONO USANDO AS DIFERENTES METODOLOGIAS

4.2.1. RESULTADOS DA PEGADA DE CARBONO DA EMPRESA

Nesta secção serão comparados os resultados da pegada de carbono, associada ao consumo de electricidade, à distância percorrida pelos veículos e à produção total de electricidade por todos os aerogeradores com contrato de manutenção, para a empresa. Assim, no ano de 2010, foram consumidos 114 838 kWh de electricidade. No escritório da Maia foram consumidos 82 413 kWh e no de Lisboa 32 425 kWh. A distância total percorrida pelas 48 viaturas foi de 1 830 235 km e, a produção total teórica pelos 214 aerogeradores com contrato de manutenção foi de 1 360 GWh.

Na Tabela 38 são apresentados, para a empresa, os resultados da pegada de carbono associada à electricidade consumida e da distância percorrida pelos veículos, para as três metodologias utilizadas.

Tabela 39 – Resultados totais da pegada de carbono da empresa

Gás	Defra		GHG Protocol		Metodologia desenvolvida		
	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv.)	% Contribuição	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv.)	% Contribuição	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv.)	% Contribuição	
Electricidade consumida	CO ₂	62 196	99%	47 821	100%	35 213	92%
	CH ₄	28	<1%	-	-	2 206	6%
	N ₂ O	387	1%	-	-	581	<2%
	SF ₆	-	-	-	-	208	<1%
	Total	62 611	100%	47 821	-	38 208	100%
Distância percorrida	CO ₂	483 940	99%	734 920	100%	350 818	99%
	CH ₄	109	<1%	-	-	310	<1%
	N ₂ O	3 271	1%	-	-	4 591	1%
	SF ₆	-	-	-	-	<1	<1%
	Total	487 320	100%	734 920	100%	355 720	100%
Pegada de carbono total (kg CO ₂ equiv.)	549 930		782 741		393 928		
Pegada de carbono total (kg CO ₂ equiv./kWh)	4,03E-04		5,39E-04		2,89E-04		

Conclui-se, tal como seria de esperar, que as emissões de GEE associadas à electricidade consumida são pouco significativas (7 a 11%) quando comparadas com as emissões de GEE associadas à utilização dos veículos (89 e 93% do total de GEE).

Constata-se que o total da pegada de carbono calculada através da metodologia GHG Protocol é a mais elevada, seguida da metodologia Defra e com o valor mais baixo encontra-se a metodologia desenvolvida. Contudo, para a electricidade consumida, a metodologia Defra apresenta os valores mais elevados. Isto deve-se ao facto desta metodologia considerar o mix energético do Reino Unido em 2008. Este faz uso de uma maior fracção de combustíveis fósseis em comparação com o valor disponível para Portugal.

A metodologia GHG Protocol e a Metodologia Desenvolvida fazem uso do mix energético Português. No entanto, para as emissões de CO₂, a variação pode ser explicado pela diferença no mix energético em 2006 e em 2009. A redução das emissões de GEE pode estar relacionada com o aumento do recurso a energias renováveis nomeadamente energia eólica.

Na quantificação da pegada de carbono relativa à distância percorrida, a metodologia GHG Protocol apresenta os resultados mais elevados das três metodologias. Este facto pode ser explicado pela utilização de FE desenvolvidos com base em *veículos de passageiros* (datados de 1987) e *veículos de mercadorias* (datados de 1996). Comparando a metodologia Defra com a metodologia desenvolvida a principal diferença está na utilização dos FE de CO₂. Esta diferença pode ser explicada pela utilização, na metodologia desenvolvida, de FE específicos dos veículos em estudo sem recorrer a qualquer factor de ajustamento, do valor apresentado pelo NEDC, como é efectuado na metodologia Defra.

Por fim, comparando os resultados totais das três metodologias, tomando como referência aquela para a qual os valores calculados são mais elevados (GHG Protocol), conclui-se que a metodologia Defra apresenta uma diferença por defeito de 25% ao passo que a metodologia desenvolvida apresenta uma diferença por defeito de 46%.

4.2.2. COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DA PEGADA DE CARBONO DO AEROGERADOR V90-3.0MW

Nesta secção serão comparados os resultados da pegada de carbono do aerogerador V90-3.0MW. No ano de 2010, foram consumidos 54 309 kWh de electricidade na manutenção do aerogerador. A distância total percorrida pelas 36 viaturas foi de 1 147 902 km e, a produção total teórica pelos 143 aerogeradores com contrato de manutenção foi de 1 054 GWh.

Na Tabela 39 são apresentados para as três metodologias utilizadas os resultados da pegada de carbono do aerogerador V90-3.0MW.

Tabela 40 – Resultados totais da pegada de carbono do aerogerador V90-3.0MW

Gás	Defra		GHG Protocol		Metodologia desenvolvida		
	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv.)	% Contribuição	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv.)	% Contribuição	Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv.)	% Contribuição	
Electricidade Consumida	CO ₂	29 414	99%	22 616	100%	16 653	92%
	CH ₄	13	<1%	-	-	1 043	6%
	N ₂ O	183	1%	-	-	275	<2%
	SF ₆	-	-	-	-	98	<1%
	Total	29 610	100%	22 616	100%	18 069	100%
Distância percorrida	CO ₂	307 942	99%	438 558	100%	218 977	99%
	CH ₄	69	<1%	-	-	205	<1%
	N ₂ O	2 071	1%	-	-	3 023	1%
	SF ₆	-	-	-	-	<0	<1%
	Total	310 082	100%	438 558	100%	222 205	100%
Pegada de carbono total (kg CO ₂ equiv.)	339 692		461 174		240 274		
Pegada de carbono total (kg CO ₂ equiv./kWh)	3,22E-04		4,37E-04		2,28E-04		

Tal como verificado para a pegada de carbono da Vestas Portugal constata-se que a pegada de carbono da metodologia GHG Protocol é a mais elevada seguida da Defra e da metodologia desenvolvida. A contribuição dos GEE associados à electricidade consumida varia entre 5 e 9%. Para a distância percorrida este valor varia entre 91 e 95% do total dos GEE. As discussões feitas sobre as razões das diferenças nos resultados da pegada de carbono da empresa são aplicáveis também ao aerogerador V90-3.0MW. Assim, utilizando os resultados da metodologia GHG Protocol como referência de comparação, a Defra apresenta uma diferença por defeito de 26% ao passo que para a metodologia desenvolvida a diferença é por defeito de 48%.

CAPÍTULO 5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A elaboração deste trabalho permitiu a quantificação da pegada de carbono da empresa Vestas Portugal e do aerogerador V90-3.0MW usando três metodologias distintas.

De acordo com diversos artigos revistos sobre parques eólicos e os aerogeradores que os constituem, conclui-se que a manutenção possui uma contribuição comparativamente pequena para o total da pegada de carbono, quando comparada com outras fases do ciclo de vida de um aerogerador. A revisão bibliográfica permite concluir que a manutenção dos aerogeradores contribui entre 3 a 7% do total da pegada de carbono do ciclo de vida de um aerogerador [13,15,16,17].

Os resultados obtidos para a empresa Vestas Portugal consideram as actividades administrativas e de manutenção dos aerogeradores. A pegada de carbono quantificada está associada ao consumo de electricidade e à distância total percorrida por todos os veículos da empresa. Para tal foram utilizadas e comparadas três metodologias diferentes, GHG Protocol, Defra e a metodologia desenvolvida. O valor mais elevado da pegada de carbono foi obtido com a metodologia da GHG Protocol, seguida da metodologia da Defra e por fim a metodologia desenvolvida (Tabela 40). Para o cálculo da pegada foi considerado um total de 1 363 GWh produzido por todos os aerogeradores da Vestas com contrato de manutenção em Portugal.

Tabela 41 – Total da pegada de carbono da empresa

Metodologias	Defra	GHG Protocol	Metodologia desenvolvida
Pegada de carbono total (kg CO ₂ equiv.)	549 930	734 920	393 928
Pegada de carbono total (kg CO ₂ equiv./kWh)	4,03E-04	5,39E-04	2,89E-04

Tomando como referência a GHG Protocol, a pegada obtida usando a metodologia da Defra é 25% inferior, ao passo que para a metodologia desenvolvida o valor da pegada é 48% inferior. Comparando os resultados da empresa (Tabela 40) verifica-se que os valores das pegadas para todas as metodologias resultam num valor inferior ao recolhido na bibliografia [13] sendo esse igual a 9,33E-04 kg CO₂equiv./kWh. Este facto poderá eventualmente ser devido à diferente capacidade de produção de electricidade pelos

aerogeradores ou então pela abordagem de ciclo de vida levada a cabo pelo trabalho citado.

Para a quantificação da pegada de carbono da manutenção do aerogerador V90-3.0MW foi considerada a electricidade consumida pelo escritório responsável pela manutenção e as distâncias percorridas pelos veículos que fazem manutenção ao aerogerador em estudo. Tal como nos resultados da pegada para a empresa, a pegada de carbono obtida pela GHG Protocol foi a mais elevada, seguida pela Defra e pela metodologia desenvolvida. Para a pegada de carbono apenas foi considerada a electricidade produzida pelos aerogeradores V90-3.0MW, sendo esta igual a 1 054 GWh. A Tabela 41 apresenta a pegada de carbono do aerogerador V90-3.0MW para as três metodologias usadas.

Tabela 42 – Total da pegada de carbono associada à manutenção do aerogerador V90-3.0MW

Metodologias	Defra	GHG Protocol	Metodologia desenvolvida
Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv.)	339 692	461 174	240 274
Pegada de carbono (kg CO ₂ equiv./kWh)	3,22E-04	4,37E-04	2,28E-04

Comparando os resultados, tomando como referência a GHG Protocol, a metodologia da Defra apresenta uma pegada 26% inferior ao passo que com a metodologia desenvolvida a pegada é 48% inferior.

Considerando os valores recolhidos na bibliografia no que respeita à avaliação do ciclo de vida da V90-3.0MW conclui-se que pela utilização das três metodologias a actividade de manutenção contribui com 7% (Defra), 9% (GHG Protocol) e 5% (metodologia desenvolvida) para o total das emissões de CO₂ (4,64g CO₂equiv./kWh [18]). Conclui-se que estes valores estão de acordo com o expectável no que toca aos valores referidos no estado da arte [13, 15, 16 e 17], apesar de que este trabalho apenas considera a electricidade consumida e a distância percorrida, não contemplando todo o ciclo de vida das actividades. Realça-se também que o presente trabalho apenas foca o aerogerador V90-3.0MW. Comparando os resultados obtidos neste trabalho com os listados em [13] (4,82E-04 kg CO₂equiv./kWh) verifica-se que são mais baixos. A pegada é 9% menor (para a GHG Protocol), 33% menor (para a Defra) e 53% menor (para a metodologia desenvolvida). Conclui-se que os resultados obtidos, para o aerogerador V90-3.0MW, correspondem a cerca de 79% (para a metodologia desenvolvida), 80% (para a Defra) e 81% (para a GHG Protocol) da pegada calculada para a empresa.

Conclui-se que as diferenças observadas nos resultados estão essencialmente associadas aos factores de emissão utilizados. Assim, estes factores estão dependentes do país de origem, do ano no qual foram obtidos, das tecnologias e actividades que consideram e por fim a utilização de um factor de ajustamento, como é o caso dos factores de emissão dos veículos na metodologia da Defra. Considerando as fontes de emissão estudadas, no que diz respeito ao consumo de electricidade, o valor obtido usando a Metodologia Desenvolvida apresenta um resultado eventualmente mais próximo da realidade do que as outras duas metodologias. No que toca à distância total percorrida a utilização de factores de emissão específicos dos veículos, na Metodologia Desenvolvida, oferece um valor mais fiável do que a utilização de factores de emissão de uma categoria de veículos, apesar de não ser considerado nenhum factor de ajustamento. Não é, no entanto, possível retirar conclusões em relação aos restantes GEE (que incluem o CH₄, N₂O e SF₆), devido à falta de informação do método de quantificação.

Os factores de emissão utilizados na metodologia desenvolvida associados ao consumo de electricidade poderão ser os mais adequados. Os factores de emissão foram desenvolvidos considerando o mix energético português em que o ano de referência para o CO₂, o gás que mais contribui para a pegada de carbono, é o ano mais recente (2009).

No que toca à distância total percorrida os resultados obtidos pela Defra e pela metodologia desenvolvida, podem representar mais fielmente a realidade, devido ao número de GEE considerados, bem como serem mais actuais do que os da GHG Protocol. A utilização de factores de emissão específicos de cada viatura é mais aconselhável do que a utilização de factores de categorias de veículos, pelo que a metodologia desenvolvida apresenta novamente mais próximos da realidade. Saliencia-se que não existe consenso no valor de ajustamento do obtido pelo NEDC, sendo que não é possível referir quais factores de emissão de CO₂ (da Defra e metodologia desenvolvida) são mais adequados. Realça-se que apesar deste facto, mesmo utilizando um ajustamento de 15% aplicável aos factores de emissão da metodologia desenvolvida, o valor da pegada de carbono continuaria a ser menor do que da Defra. Relativamente ao factor de ajustamento realça-se que será prudente analisar a fiabilidade dos testes da NEDC em relação à simulação da realidade, pelo que a não utilização de um factor de ajustamento poderá estar na base da obtenção de um valor da pegada de carbono mais baixo. Este facto deverá ser tido em consideração em trabalhos futuros.

Este trabalho possui algumas limitações, nomeadamente no facto de apenas considerar as emissões indirectas associadas ao consumo de electricidade e as emissões directas da utilização dos veículos. Seria importante contabilizar outras origens dos gases com feito de

estufa, por exemplo, considerando as emissões de GEE associadas à substituição de diversos componentes nos aerogeradores. Além disto a inclusão de todo o ciclo de vida das actividades, permitiria obter um resultado de pegada de carbono mais abrangente e possibilitaria a comparação com outros estudos bibliográficos.

A extensão do trabalho aqui apresentado poderá tomar vários caminhos. Seria também interessante, na perspectiva de avaliar e determinar objectivos de redução da pegada de carbono de uma empresa, o efeito do consumo médio real das viaturas nos cálculos das emissões de CO₂ apresentadas pelos fabricantes de automóveis. Com este estudo seria assim possível ajustar os valores de CO₂, apresentados pelo NEDC, ao consumo real da viatura em estudo obtendo um resultado mais preciso da pegada de carbono.

Para a empresa Vestas Portugal seria interessante, do ponto de vista ambiental, incorporar na pegada de carbono o efeito dos equipamentos de ar condicionado, da manutenção dos veículos, por exemplo lubrificantes e pneus, e dos aerogeradores, por exemplo óleo e componentes substituídos, e também os resíduos produzidos aquando da manutenção dos aerogeradores. Para este último seria incorporado nesta análise todo o processo de gestão de resíduos de acordo com os códigos LER¹⁶, possibilitando assim informações precisas, melhorando a qualidade do valor da pegada de carbono. Por fim, e considerando todas as fontes de emissões de GEE, seria vantajoso para a empresa conhecer o potencial de redução da sua pegada de carbono nas diversas áreas como o consumo de electricidade e combustíveis e produção de resíduos.

¹⁶ Lista Europeia de Resíduos – Apresenta os códigos para a definição de todos os resíduos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFIA PRINCIPAL

- [1] - IPCC – Intergovernmental Panel of Climate Change – (2007). Contribuição do Grupo de Trabalho I ao Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima.
- [2] - Riebeek, H. (2010). “NASA Earth Observatory: Global Warming”. <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/GlobalWarming/>; acessado a 16 de Março de 2011.
- [3] - IPCC (2006). Introduction to the 2006 guidelines. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/1_Volume1/V1_1_Ch1_Introduction.pdf, acessado a 6 de Julho 2011.
- [4] - UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change. Kyoto Protocol. http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php; acessado a 18 de Março de 2011.
- [5] - Moss, J., Lambert, C. e Rennie, A. (2008). SME application of LCA-based carbon footprints. International Journal of Sustainable Engineering. Vol.1, No. 2, June 2008, 132-141.
- [6] - Wiedmann, T. e Minx, J. (2007). A Definition of ‘Carbon Footprint’. ISAUK Research Report 07-01.
- [7] - Wiedmann, T. (2008). The Carbon Footprint and Ecological Footprint of the Scottish Parliament. ISAUK Research Report 08-01.
- [8] - Baldo, G., Marino, M., Montani, M. & Ryding, S. (2009). The carbon footprint measurement toolkit for the EU Ecolabel. International Journal of Life Cycle Assessment. Vol.14, No. 7, 591-596.
- [9] - DEFRA – Department for Environment, Food and Rural Affairs – (2010). 2010 Guidelines to Defra/DECC’s GHG Conversion Factors for Company Reporting: Methodology paper for Emission Factors.
- [10] - BCSD Portugal. Protocolo de Gases com Efeito de Estufa – Normas Corporativas de Transparência e contabilização.
- [11] - Carbon Trust, DEFRA e BSI Standards (2008). Guide to PAS 2050. How to assess the carbon footprint of goods and services.
- [12] – Sinden, G. (2009). The contribution of PAS 2050 to the evolution of international greenhouse gas emission standards. International Journal Life Cycle Assess, 14:195-203.

- [13] - AlternConsult (2010). BILAN CARBONE® Carbon Footprint Appraisal. "Quantifying for action".
- [14] - Nalukowe, B., Liu J., Damienm W. e Lukawski, T. (2006). Life Cycle Assessment of a Wind Turbine. Life Cycle Assessment, 1N1800.
- [15] - Ardente, F., Beccali, M., Cellura, M. e Brano, V.(2008). Energy performances and life cycle assessment of an Italian wind farm. Renewable & sustainable energy reviews, Vol. 12 pág. 200-217.
- [16] - Tremeac, B. e Meunier, F. (2009). Life cycle analysis of 4.5MW and 250W wind turbines. Renewable & sustainable energy reviews, Vol. 13 pág. 2104-2110.
- [17] - Martínez, E., Sanz, F. e Pellegrini, S. (2009). Life-cycle of a 2-MW rated power wind turbine: CML method. International Journal Life Cycle Assess, 14:25-63
- [18] - Vestas Wind Systems A/S. (2006). Life cycle assessment of offshore and onshore sited wind power plants based on Vestas V90-3.0 MW turbines.
- [19] - Swiss Center for Life Cycle Inventories . (2007). Ecoinvent.
- [20] - IPCC. (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 2: Energy
- [21] - Vestas Wind Systems A/S 2011. <http://www.Vestas.com/en/about-Vestas/profile/Vestas-brief-history.aspx>; acedido a 18 de Março de 2011.
- [22] - VestasWind Systems A/S (2011). VESTAS Corporate Presentation
- [23] - Vestas Portugal (2011). Vestas Portugal 20 anos de presença
- [24] - Vestas Wind System A/S. (2010). V90-3.0MW brochure
- [25] - The greenhouse gas protocol initiative 2011.
<http://www.ghgprotocol.org/calculation-tools/all-tools>, acedido a 6 de Julho de 2011.
- [26] - Swiss Centre for Life Cycle Inventories 2011. <http://www.ecoinvent.org/database/>, acedido a 6 de Julho 2011.
- [27] - EPD®, 2011. <http://www.environdec.com/en/Product-Category-Rules/>, acedido a 6 de Julho 2011.
- [28] - IPCC, 2006. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html#table-2-14, acedido a 6 de Julho 2011.
- [29] - Carbon Trust, DEFRA e BSI Standards (2008). PAS 2050:2008. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services.
- [30] - The World of Wind Atlases, 2010.
<http://www.windatlas.dk/Europe/EuropeanWindResource.html>, acedido a 28 de Maio de 2011.
- [31] - Base de Dados Portugal Contemporâneo 2011. www.pordata.pt/azap_runtime/?=4, acedido a 31 de Maio de 2011.
- [32] -NEG MICON A/S. (2004). Main Specification NM48
- [33] -NEG MICON A/S. (2004). Main Specification NM52

- [34] – Vestas Wind Systems A/S (2008). General Specification Vestas V52-850 kW 50/60 Hz
- [35] – Vestas Wind Systems A/S (2004). General Specification V82-1.65 MK II
- [36] – Vestas Wind Systems A/S (2010). General Specification V80-2.0MW
- [37] – Vestas Wind Systems A/S (2008). General Specification V90-1.8/2.0MW
- [38] – Vestas Wind Systems A/S (2008). General Specification V90-3.0MW VCS 50 Hz
- [39] – Energias de Portugal 2011. <http://edp5d.pt/origem-de-energia3.aspx>, acessido a 26 de Abril de 2011.
- [40] – Ficha contendo os dados técnicos e equipamentos do modelo Golf (2010). Volkswagen.
- [41] – Arpen Networks S.L. 2011.
http://www.arpem.com/coches/coches/audi/a_6/modelos-08/audi-a6-20d-170-multitronic.html, acessido a 16 de Maio de 2011.
- [41] – Opel, 2011. www.opel.pt/veiculos/opel-gama/veiculos-passageiros/insignia-4-portas/configurador.html#/engine, acessido a 24 de Maio de 2011.
- [43] – Ficha contendo os dados técnicos e equipamentos do modelo Passat (2011). Volkswagen.
- [44] – Ficha contendo os dados técnicos e equipamentos do modelo Tiguan (2010). Volkswagen.
- [45] – Auto eBid 2011.
[http://www.autoebid.com/autoenews/newsModel.asp?make=MITSUBISHI&model=L200](http://www.autoebid.com/autoenews/newsModel.asp?make= Mitsubishi&model=L200), acessido a 16 de Maio de 2011.
- [46] – Ficha contendo os dados técnicos e equipamentos do modelo Caddy (2010). Volkswagen.
- [47] – Ficha contendo os dados técnicos e equipamentos do modelo Crafter (2010). Volkswagen.
- [48] – Ficha contendo os dados técnicos e equipamentos do modelo Transporter (2010). Volkswagen.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- [BC] - DEFRA – Department for Environment, Food and Rural Affairs – (2009). Guidance on how to measure and report your greenhouse gas emissions. Department of Energy & Climate Change.
- [BC] - Padgett, J., Steinemann, A., Clarke, J. e Vandenberg, M. (2008). A Comparison of carbon calculators. Environmental Impact Assessment Review 28, 106-115.
- [BC] - Santos, T. (2011). Síntese bibliográfica das metodologias existentes para a quantificação da Pegada de Carbono.
- [BC] - Wilson, D. e Swisher, J. (1993). Exploring the gap. Top-down versus bottom-up analyses of the cost of mitigating global warming. Butterworth-Heinemann Ltd.
- [BC] - Wing, I. (2008). The synthesis of bottom-up and top-down approaches to climate policy modelling: Electric power technology detail in a social accounting framework. Energy Economics 30 (2008) 547-573.
- [BC] - Wiedmann, T. (2009). Editorial: Carbon footprint and input-output analysis – an introduction. Economic Systems Research. 21:3, 175-186.
- [BC] – Lee, Y-M. e Tzeng Y-E. (2008). Development and Life-Cycle Inventory Analysis of Energy in Taiwan. Journal of energy engineering. Vol. 134, Nº 2.
- [BC] - ISO – International Organization for Standardization. (2009). ISO 14025:2009 – Rótulos e declarações ambientais Tipo III - Princípios e procedimentos.

ANEXOS

Tabela A.1 – Número de viatura agrupada por marca e modelo

N.º Viatura	Marca	Modelo
Viatura 1	Audi	A6 2.0 TDI EXCLUSIVE MULTITRONIC 170CV
Viatura 2 a 8	Volkswagen	CADDY 1.9 TDI EXTRA AC 105CV 4P
Viatura 9 a 18		CADDY 1.9 TDI EXTRA AC 4MOTION 105CV 4P
Viatura 19		CADDY 1.9 TDI KOMBI BLUE.EX.AC 5L 105CV
Viatura 20		CADDY 1.9 TDI KOMBI EXT.AC 5L 105CV 5P
Viatura 21		CADDY MAXI 1.9 TDI EXTRA AC 105CV 4P
Viatura 22		CADDY MAXI 1.9 TDI SUMMER EDITION 105CV
Viatura 23		CRAFTER 35 2.5 TDI 136CV 4P
Viatura 24		GOLF 2.0 TDI CONFORTLINE 110CV 5P
Viatura 25	Opel	INSIGNIA 2.0 CDTI COSMO 160CV 4P
Viatura 26 a 29	Mitsubishi	L 200 2.5 DI-D CD INTENSE 136CV 4P
Viatura 30		L 200 2.5 DI-D CD INTENSE MASC A 136CV
Viatura 31	Volkswagen	PASSAT V. 2.0 TDI CONFORTLINE 140CV 5P
Viatura 32		PASSAT V. 2.0 TDI HIGHLINE 140CV 5P
Viatura 33		TIGUAN 2.0 TDI TRACK 4MOTION 140CV 5P
Viatura 34 a 35		TIGUAN 2.0 TDI TRACK 4MOTION 170CV 5P
Viatura 36 a 39		TRANS. 2.5 TDI 130 4M L. EX.AC 130CV 4P
Viatura 40 a 41		TRANS. 2.5 TDI 130 L.TA. EX. AC 130CV 4
Viatura 42		TRANS.2.0 TDI 140 L.EXTRA AC 4-MOTION
Viatura 43		TRANS.2.0 TDI L.TA.EX.AC 4MOTION 140CV
Viatura 44 a 48	TRANSPOR. 2.5 TDI 130 L. EX.AC 130CV 4P	