



**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**Área Departamental de Engenharia de Sistemas de Potência e Automação**



## **Estudo do Impacto Energético, Económico e Ambiental da Penetração de Veículos Eléctricos num Sistema Isolado**

**CRIPÁ HARQUISSANDÁS RAMNICLAL**  
(Licenciada em Engenharia Electrotécnica)

Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em  
Engenharia Electrotécnica – ramo de Energia

Orientadores:

Professor Jorge Alberto Mendes de Sousa  
Professora Cristina Inês Camus

Júri:

Presidente: Professor Constantino Vital Sopa Soares

Vogais:

Professor Jorge Alberto Mendes de Sousa  
Professora Cristina Inês Camus  
Professor Sérgio Miguel Redondo Faias

**Dezembro de 2013**

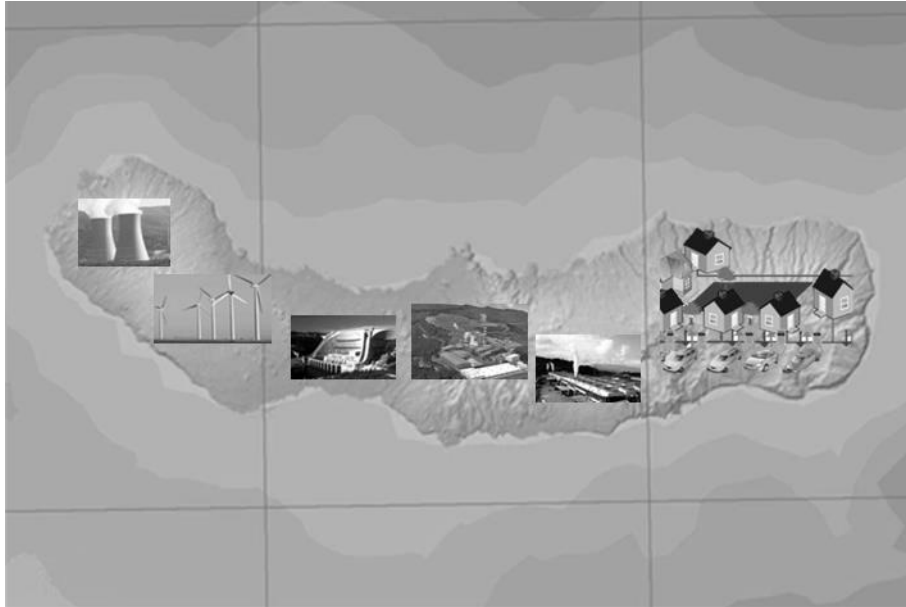








**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**Área Departamental de Engenharia de Sistemas de Potência e Automação**



## **Estudo do Impacto Energético, Económico e Ambiental da Penetração de Veículos Eléctricos num Sistema Isolado**

**CRIPÁ HARQUISSANDÁS RAMNICLAL**  
(Licenciada em Engenharia Electrotécnica)

Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em  
Engenharia Electrotécnica – ramo de Energia

Orientadores:

Professor Jorge Alberto Mendes de Sousa  
Professora Cristina Inês Camus

Júri:

Presidente: Professor Constantino Vital Sopa Soares

Vogais:

Professor Jorge Alberto Mendes de Sousa  
Professora Cristina Inês Camus  
Professor Sérgio Miguel Redondo Faias

**Dezembro de 2013**



Dissertação realizada sob orientação de:

**Professor Jorge Alberto Mendes de Sousa**

Professor Coordenador da Área Departamental  
de Engenharia de Sistemas de Potência e Automação

**Professora Cristina Inês Camus**

Professora Adjunta da Área Departamental  
de Engenharia de Sistemas de Potência e Automação



# Resumo

O presente trabalho tem como objectivo elaborar um simulador, e realizar a caracterização e projecções para o sector eléctrico e dos transportes de 2006 a 2030 a partir dos quais seja possível quantificar para ambos os sectores os impactos energéticos, económicos e ambientais da penetração de veículos eléctricos numa ilha. Elaborou-se uma curta revisão de literatura sobre os veículos eléctricos e sobre os estudos efectuados relativamente à adopção dos veículos eléctricos em vários mercados. Em seguida expôs-se o método utilizado de forma a caracterizar e projectar o sector eléctrico e dos transportes e apresentar o simulador elaborado.

Com o simulador simularam-se cenários *Business As Usual* (BAU, Sem penetração de veículos eléctricos) de 2010, 2020 e 2030; cenários de penetração de veículos eléctricos e diferentes perfis de carregamento em 2020 e 2030 e realizou-se uma análise dos mesmos. O caso de estudo utilizado foi a ilha de São Miguel (Açores).

Revelou-se que o modo de carregamento Não Controlado seria o menos adequado para a rede eléctrica e o Carregamento Controlado o mais adequado a rectangularizar o diagrama de carga. Da penetração de veículos eléctricos prevista demonstra-se que o número de veículos eléctricos não será suficiente para consumir a energia renovável produzida. Deste modo será necessário ter em conta formas de armazenamento de energia como a hídrica reversível ou adiar os investimentos previstos em nova geração renovável.

**Palavras-chave:** Veículos Eléctricos, Ilha de São Miguel, Energias Renováveis, Fonte de Armazenamento de Energia, Carregamentos de Veículos Eléctricos



# Abstract

The present work aims to develop a simulator, and perform characterization and projections for the electricity and transport sectors from 2006 to 2030 from which it is possible to quantify the energetic, environmental and economic impacts in both sectors by the introduction of electric vehicles on the island. A short literature review was performed on electric vehicles and on studies concerning the adoption of electric vehicles in various markets. Next explained is the method used to characterize and describe the evolution of the electricity and transport sectors and the developed simulator is presented.

In the simulator scenarios were simulated like Business As Usual (BAU, No Penetration of electric vehicles) of 2010, 2020 and 2030, vehicle penetration scenarios and electrical charging profiles in 2020 and 2030 and conducted an analysis of the results. The study case was the island of São Miguel (Azores).

It was revealed that the uncontrolled charging mode would be less suitable to the electricity grid and the controlled charging was more suited to uniform the load diagram. The estimation of the penetration of electric vehicle demonstrates that the number of electric vehicles will not be enough to consume all of the produced renewable energy. Thus it will be necessary to consider ways of storing energy such as reversible hydro or postpone the new investments in renewable electrical generation.

**Keywords:** Electric Vehicles, São Miguel Island, Renewable Energy, Energy Storage, Charging Electric Vehicles



# Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço à Professora Cristina Camus e ao Professor Jorge de Sousa a disponibilidade em orientar-me, a sua ajuda bem como as suas sugestões que foram cruciais na realização de todo o meu trabalho.

Um agradecimento ao meu colega Carlos Pimenta pela ajuda e pelas fontes que me forneceu para esta dissertação, bem como às seguintes pessoas:

- Nuno Gomes, PLCOR – Planeamento Controlo de Gestão e Regulação, EDA - Electricidade dos Açores;
- António José Ribeiro, ACAP - AUTO INFORMA, Lda.;
- Carlos Alberto Bicudo da Ponte, SOGEO - Sociedade Geotérmica dos Açores, S. A..

Agradeço aos meus companheiros de dissertação, Ruben e Miguel, todo o apoio e incentivo.

Muito agradeço também aos meus professores e aos meus colegas do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa dos quais destaco ainda o Henrique, o João e a Rita, que me ajudaram a concluir este ciclo da minha vida académica e com quem muito aprendi.

Agradeço também às minhas amigas de infância Ana e Carla.

A todos os meus amigos um muito obrigada por tudo.

Por fim quero agradecer à minha família, em especial aos meus pais, ao meu mano e à minha mana, pelo apoio incondicional, compreensão nos momentos de maior indisponibilidade minha, por estarem sempre presentes e um enorme obrigada por acreditarem sempre em mim e naquilo que faço e por todos os ensinamentos de vida. Espero que esta etapa, que agora termino, possa de alguma forma retribuir e compensar, todo o carinho, apoio e dedicação que, constantemente me oferecem. A eles, dedico este trabalho.



# Índice

Capítulo 1: Introdução.....	1
1.1 Contexto .....	3
1.2 Motivação .....	3
1.3 Objectivos.....	4
1.4 Estrutura do Documento .....	5
1.5 Notação .....	5
Capítulo 2: Revisão da Literatura.....	7
2.1 História dos EV .....	9
2.1.1 O Início .....	9
2.1.2 O Declínio.....	11
2.1.3 O Renascimento.....	13
2.2 Baterias .....	14
2.3 Classificações dos EV .....	17
2.3.1 Veículo Eléctrico a Bateria (BEV) .....	18
2.3.2 Veículo Eléctrico Híbrido (HEV) .....	18
2.3.3 Veículo Eléctrico a Célula de Combustível (FCEV).....	22
2.4 Eficiência Energética dos EV versus ICEV .....	23
2.5 Estudos da Penetração de EV .....	24
2.5.1 Perspectiva Mundial .....	25
2.5.2 Perspectiva Portuguesa.....	27
2.5.3 Ilha de São Miguel.....	30
Capítulo 3: Metodologia.....	33
3.1 Sector Eléctrico .....	35
3.1.1 Caracterização do Sistema Electroprodutor na Ilha de São Miguel.....	35
3.1.2 Consumo de Energia Eléctrica .....	41
3.1.3 Plano de Investimentos Previstos .....	45
3.1.4 Factores Característicos das Centrais .....	48
3.1.5 Caracterização do Perfil de Produção .....	51
3.1.6 Emissões Específicas no Sector Eléctrico na Ilha de São Miguel .....	55
3.1.7 Custos da Energia Eléctrica em São Miguel .....	57
3.1.8 Preço da Energia Eléctrica na Ilha de São Miguel .....	66
3.2 Sector dos Transportes .....	68
3.2.1 Dimensão da Frota de Veículos Ligeiros .....	68
3.2.2 Distribuição da Frota por Tecnologia (BAU).....	74
3.2.3 Cenários de Penetração de Veículos Eléctricos .....	76
3.2.4 Consumos de Combustíveis e Emissões Específicas dos Veículos.....	77
3.2.5 Preços dos Combustíveis na Ilha de São Miguel .....	80
3.2.6 Cenários de Carregamento dos EV .....	81
3.3 Simulador .....	87

Capítulo 4: Casos de Estudo .....	93
4.1 Cenários BAU no ano 2010, 2020 e 2030.....	96
4.2 Cenários com Veículos Eléctricos no ano 2020 .....	102
4.2.1 Cenário com Carregamento Não Controlado e Frota com 9% de Veículos Eléctricos .....	102
4.2.2 Cenário com Carregamento Não Controlado e Frota com 100% Veículos Eléctricos .....	104
4.2.3 Cenário com Carregamento Fora das Horas de Ponta e Frota com 9% de Veículos Eléctricos .....	106
4.2.4 Cenário com Carregamento Fora das Horas de Ponta e Frota com 100% Veículos Eléctricos .....	108
4.2.5 Cenário com Carregamento Controlado (G4V) e Frota com 9% de Veículos Eléctricos .....	110
4.2.6 Cenário com Carregamento Controlado (G4V) e Frota com 100% Veículos Eléctricos .....	112
4.3 Cenários com Veículos Eléctricos no ano 2030 .....	114
4.3.1 Cenário com Carregamento Não Controlado e Frota com 20% de Veículos Eléctricos .....	114
4.3.2 Cenário com Carregamento Não Controlado e Frota com 100% de Veículos Eléctricos .....	116
4.3.3 Cenário com Carregamento Fora das Horas de Ponta e Frota com 20% de Veículos Eléctricos .....	118
4.3.4 Cenário com Carregamento Fora das Horas de Ponta e Frota com 100% de Veículos Eléctricos.....	120
4.3.5 Cenário com Carregamento Controlado (G4V) e Frota com 20% de Veículos Eléctricos .....	122
4.3.6 Cenário com Carregamento Controlado (G4V) e Frota com 100% de Veículos Eléctricos.....	124
 Capítulo 5: Conclusões e Desenvolvimentos Futuros .....	127
5.1 Conclusões.....	129
5.2 Desenvolvimentos Futuros .....	130
 Bibliografia.....	131
 Anexos .....	1
A1. Pressupostos.....	3
A2. Cenários Pré-Definidos.....	15

# Índice de Figuras

Figura 2.1 - Pilha de Volta .....	9
Figura 2.2 - <i>La Jamais Contente</i> .....	10
Figura 2.3 - Modelo T da Ford .....	11
Figura 2.4 - Híbrido Lohner-Porsche Mixte .....	12
Figura 2.5 - Nissan Leaf .....	13
Figura 2.6 - Características de Várias Fontes de Energia .....	15
Figura 2.7 - Classificação Geral dos ICEV e dos EV .....	17
Figura 2.8 - Conceito de um EV .....	18
Figura 2.9 - Conceito de um Híbrido Paralelo .....	19
Figura 2.10 - Conceito de um Híbrido Série .....	19
Figura 2.11 - Conceito de um Híbrido Série-Paralelo .....	20
Figura 2.12 - Conceito de um Híbrido Complexo .....	20
Figura 2.13 - Conceito de um FCEV .....	22
Figura 2.14 - Eficiência Energética dos EV e dos ICEV .....	23
Figura 2.15 - Investimento em pesquisa e implementação de EV por região .....	24
Figura 2.16 - EV expectáveis em 2020 em milhões de unidades (num total de 7,2 milhões) .....	24
Figura 2.17 - Ilha de São Miguel .....	30
Figura 2.18 - Consumo de derivados do petróleo na Ilha de São Miguel em 2010 .....	31
Figura 3.1 - Produção de Energia Eléctrica na Ilha de São Miguel .....	35
Figura 3.2- Produção de Electricidade na Ilha de São Miguel por tecnologia, 2010 .....	36
Figura 3.3 - Central Geotérmica da Ribeira Grande na Ilha de São Miguel .....	37
Figura 3.4 - Central Hídrica do Canário na Ilha de São Miguel .....	38
Figura 3.5 - Consumo de Energia Eléctrica, na Ilha de São Miguel .....	41
Figura 3.6 - Consumo de energia eléctrica <i>per capita</i> em Portugal Continental .....	42
Figura 3.7 - Consumo de Energia Eléctrica <i>per capita</i> em Portugal Continental e Cenário Optimista de São Miguel .....	42
Figura 3.8 - Consumo de Energia Eléctrica <i>per capita</i> em Portugal Continental e Cenário Base de São Miguel .....	43
Figura 3.9 - Consumo de Energia Eléctrica <i>per capita</i> em Portugal Continental e Cenário Pessimista de São Miguel .....	43

Figura 3.10 - Cenário otimista, base e pessimista do Consumo de Energia Eléctrica em São Miguel .....	44
Figura 3.11 - Enquadramento Geográfico do Parque Eólico dos Graminhais na Ilha de São Miguel .....	45
Figura 3.12 - Parque Eólico dos Graminhais .....	46
Figura 3.13 - Factores Característicos das Centrais .....	51
Figura 3.14 - Perfil Médio de Produção de Energia Eólica em Portugal Continental em 2010 .....	51
Figura 3.15 - Perfil de Produção da Energia Eólica na Ilha de São Miguel.....	52
Figura 3.16 – Emissões Específicas em g/kWh na Ilha de São Miguel para o ano de 2010 .....	55
Figura 3.17 - Emissões da Central a <i>Fuel</i> na Ilha de São Miguel.....	55
Figura 3.18 - Emissões Específicas da Central de Valorização Energética.....	56
Figura 3.19 - Preços médios anuais do petróleo no mundo em três casos, 2005-2035 .....	59
Figura 3.20 - Custo Unitário Médio da Central Geotérmica nos anos 2010, 2020 e 2030 .....	64
Figura 3.21- Custos da Energia Eléctrica na Ilha de São Miguel.....	67
Figura 3.22 - Número de Veículos Ligeiros de Passageiros até 2010, na Ilha de São Miguel .....	68
Figura 3.23 - Veículos ligeiros de passageiros/1000hab em Portugal Continental .....	71
Figura 3.24 - Veículos ligeiros de passageiros/1000hab em Portugal Continental e Cenário Optimista de São Miguel.....	72
Figura 3.25 - Veículos ligeiros de passageiros/1000hab em Portugal Continental e Cenário Base de São Miguel .....	72
Figura 3.26 - Veículos ligeiros de passageiros/1000hab em Portugal Continental e Cenário Pessimista de São Miguel .....	73
Figura 3.27 - Cenário otimista, base e pessimista dos veículos ligeiros de passageiros em São Miguel.....	74
Figura 3.28 - Distribuição da Frota por Tecnologia (BAU) .....	75
Figura 3.29 - Cenário Optimista, Base e Pessimista da Penetração dos EV.....	76
Figura 3.30 - Número de EV Esperados no Cenário Optimista, Base e Pessimista ....	77
Figura 3.31 - Consumos de Combustível dos Veículos.....	79
Figura 3.32 - Emissões Específicas dos Veículos.....	79
Figura 3.33 - Preços dos Combustíveis na Ilha de São Miguel .....	81
Figura 3.34- Distribuição do carregamento no Cenário de Carregamento Não Controlado no Inverno .....	84

Figura 3.35 - Distribuição do carregamento no Cenário de Carregamento Não Controlado no Verão .....	84
Figura 3.36 - Distribuição do carregamento no Cenário de Carregamento Fora das Horas de Ponta no Inverno .....	85
Figura 3.37 - Distribuição do carregamento no Cenário de Carregamento Fora das Horas de Ponta no Verão .....	85
Figura 3.38 - Menu .....	87
Figura 3.39 - Caso de Estudo .....	88
Figura 4.1 - Energia Primária, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO <sub>2</sub> em 2010 (Cenário 1 e 2) .....	96
Figura 4.2 – Cenário 1, Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2010.....	97
Figura 4.3 - Cenário 2, Diagrama de Carga de 4 <sup>a</sup> feira, Inverno de 2010.....	97
Figura 4.4 - Energia Primária, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO <sub>2</sub> no Cenário 3 e 4.....	98
Figura 4.5 - Cenário 3, Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2020 .....	99
Figura 4.6 - Cenário 4, Diagrama de Carga de 4 <sup>a</sup> feira, Inverno de 2020.....	99
Figura 4.7 - Energia Primária, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO <sub>2</sub> no Cenário 17 e 18.....	100
Figura 4.8 - Cenário 17, Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2030.....	101
Figura 4.9 - Cenário 18, Diagrama de Carga de 4 <sup>a</sup> feira, Inverno de 2030.....	101
Figura 4.10 - Energia Primária, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO <sub>2</sub> no Cenário 5 e 6.....	102
Figura 4.11 - Cenário 5, Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2020.....	103
Figura 4.12 - Cenário 6, Diagrama de Carga de 4 <sup>a</sup> feira, Inverno de 2020.....	103
Figura 4.13 - Energia Primária, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO <sub>2</sub> no Cenário 11 e 12.....	104
Figura 4.14 - Cenário 11, Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2020.....	105
Figura 4.15 - Cenário 12, Diagrama de Carga de 4 <sup>a</sup> feira, Inverno de 2020.....	105
Figura 4.16 - Energia Primária, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO <sub>2</sub> no Cenário 7 e 8.....	106
Figura 4.17 - Cenário 7, Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2020.....	107
Figura 4.18 - Cenário 8, Diagrama de Carga de 4 <sup>a</sup> feira, Inverno de 2020.....	107
Figura 4.19 - Energia Primária, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO <sub>2</sub> no Cenário 13 e 14.....	108
Figura 4.20 - Cenário 13, Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2020.....	109
Figura 4.21 - Cenário 14, Diagrama de Carga de 4 <sup>a</sup> feira, Inverno de 2020.....	109

Figura 4.22 - Energia Primária, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO <sub>2</sub> no Cenário 9 e 10 .....	110
Figura 4.23 - Cenário 9, Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2020.....	111
Figura 4.24 - Cenário 10, Diagrama de Carga de 4 <sup>a</sup> feira, Inverno de 2020.....	111
Figura 4.25 - Energia Primária, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO <sub>2</sub> no Cenário 15 e 16 .....	112
Figura 4.26 - Cenário 15, Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2020.....	113
Figura 4.27 - Cenário 16, Diagrama de Carga de 4 <sup>a</sup> feira, Inverno de 2020.....	113
Figura 4.28 - Energia Primária, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO <sub>2</sub> no Cenário 19 e 20 .....	114
Figura 4.29 - Cenário 19, Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2030.....	115
Figura 4.30 - Cenário 20, Diagrama de Carga de 4 <sup>a</sup> feira, Inverno de 2030.....	115
Figura 4.31 - Energia Primária, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO <sub>2</sub> no Cenário 25 e 26 .....	116
Figura 4.32 - Cenário 25, Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2030.....	117
Figura 4.33 - Cenário 26, Diagrama de Carga de 4 <sup>a</sup> feira, Inverno de 2030.....	117
Figura 4.34 Energia Primária, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO <sub>2</sub> no Cenário 21 e 22 .....	118
Figura 4.35 - Cenário 21, Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2030.....	119
Figura 4.36 - Cenário 22, Diagrama de Carga de 4 <sup>a</sup> feira, Inverno de 2030.....	119
Figura 4.37 - Energia Primária, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO <sub>2</sub> no Cenário 27 e 28 .....	120
Figura 4.38 - Cenário 27, Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2030.....	121
Figura 4.39 - Cenário 28, Diagrama de Carga de 4 <sup>a</sup> feira, Inverno de 2030.....	121
Figura 4.40 - Energia Primária, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO <sub>2</sub> no Cenário 23 e 24 .....	122
Figura 4.41 - Cenário 23, Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2030.....	123
Figura 4.42 - Cenário 24, Diagrama de Carga de 4 <sup>a</sup> feira, Inverno de 2030.....	123
Figura 4.43 - Energia Primária, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO <sub>2</sub> no Cenário 29 e 30 .....	124
Figura 4.44 - Cenário 29, Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2030.....	125
Figura 4.45 - Cenário 30, Diagrama de Carga de 4 <sup>a</sup> feira, Inverno de 2030.....	125

# Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Características Técnico-Económicas das Baterias .....	16
Tabela 2.2 - Função para as diferentes configurações de HEV .....	21
Tabela 3.1 - Potência instalada na Ilha de São Miguel .....	36
Tabela 3.2 - Centrais Geotérmicas na Ilha de São Miguel .....	37
Tabela 3.3 - Centrais Mini-Hídricas na Ilha de São Miguel .....	38
Tabela 3.4 - Central Térmica a Fuelóleo na Ilha de São Miguel .....	39
Tabela 3.5 – Parâmetros da curva de Consumo de energia eléctrica <i>per capita</i> em Portugal Continental .....	42
Tabela 3.6 - Parâmetros da curva de Consumo de Energia Eléctrica <i>per capita</i> em São Miguel no Cenário Optimista.....	42
Tabela 3.7 - Parâmetros da curva de Consumo de Energia Eléctrica <i>per capita</i> em São Miguel no Cenário Base .....	43
Tabela 3.8 - Parâmetros da curva de Consumo de Energia Eléctrica <i>per capita</i> em São Miguel no Cenário Pessimista .....	44
Tabela 3.9 - Plano de Investimentos na Ilha de São Miguel .....	45
Tabela 3.10 - Aerogeradores a instalar ou a substituir no Parque Eólico dos Graminhais, as fases de implementação do projecto e o respectivo ano de início .....	46
Tabela 3.11 - Central de Valorização Energética na Ilha de São Miguel .....	50
Tabela 3.12 - Resumo dos Cálculos Efectuados do ano de 2006 a 2010 para obtenção do Custo Unitário do Fuelóleo .....	58
Tabela 3.13 - Resumo dos Cálculos Efectuados do ano de 2011 a 2030 para obtenção do Custo Unitário do <i>Fuel</i> .....	60
Tabela 3.14 - Resumo dos cálculos efectuados para a obtenção do custo unitário médio da central geotérmica nos anos 2010, 2020 e 2030 .....	64
Tabela 3.15 - Custo Unitário Médio da Geotérmica, Eólica, Hídrica, CVE, Nova Geotérmica, <i>Fuel</i> do ano de 2006 a 2030.....	65
Tabela 3.16 - Distribuição e Retalho de 2006 a 2008 .....	67
Tabela 3.17 - Exemplo do Preço de Energia Eléctrica Vendida em 2010.....	67
Tabela 3.18 - Parque Automóvel na Ilha de São Miguel de 2003 a 2010 .....	68
Tabela 3.19 - Parâmetros da função de <i>Gompertz</i> que se ajusta aos dados obtidos sobre os veículos ligeiros de passageiros/1000hab em Portugal Continental .....	71

Tabela 3.20 - Parâmetros da função de <i>Gompertz</i> que se ajusta aos dados obtidos sobre os veículos ligeiros de passageiros/1000hab em São Miguel no Cenário Optimista.....	72
Tabela 3.21 - Parâmetros da função de <i>Gompertz</i> que descreve a evolução da frota de veículos ligeiros de passageiros/1000hab em São Miguel no Cenário Base .....	73
Tabela 3.22 - Parâmetros da função de <i>Gompertz</i> que descreve a evolução da frota de veículos ligeiros de passageiros/1000hab em São Miguel no cenário Pessimista. ....	73
Tabela 3.23 - Consumo Médio (L/100 km) e Emissões de CO <sub>2</sub> (g/km) por segmento do veículo.....	77
Tabela 3.24 - Percentagem de veículos vendidos por segmento em 2010 em Portugal Continental .....	78
Tabela 3.25 - Preços para cada tipo de Combustível em Portugal Continental e nos Açores por tecnologia .....	80
Tabela 3.26 – EV vendidos em 2011 e suas Características .....	82
Tabela 4.1 - Cenários Pré-Definidos (Ver Resultados em Anexo A2) .....	95

# Lista de Acrónimos

ACAP	Associação Automóvel de Portugal
BAU	<i>Business As Usual</i> – Sem penetração de veículos eléctricos
BEV	<i>Battery Electric Vehicle</i> – Veículo Eléctrico a Bateria
CGPV	Central Geotérmica do Pico Vermelho
CGRG	Central Geotérmica da Ribeira Grande
CH <sub>4</sub>	Metano
CHCN	Central Hídrica do Canário
CHFN	Central Hídrica da Fábrica Nova
CHFR	Central Hídrica da Foz da Ribeira
CHRP	Central Hídrica da Ribeira da Praia
CHSC	Central Hídrica do Salto do Cabrito
CHTB	Central Hídrica dos Tambores
CHTN	Central Hídrica dos Túneis
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
CTCL	Central Termoeléctrica do Caldeirão
CVE	Central de Valorização Energética
EDA	Electricidade dos Açores
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
EUA	Estados Unidos da América
EV	<i>Electric Vehicle</i> – Veículo Eléctrico
FCEV	<i>Fuel-Cell Electric Vehicle</i> – Veículo Eléctrico a Célula de Combustível
HEV	<i>Hybrid Electric Vehicle</i> – Veículo Eléctrico Híbrido
ICE	<i>Internal Combustion Engine</i> – Motor de Combustão Interna
ICEV	<i>Internal Combustion Engine Vehicle</i> – Veículo a Motor de Combustão Interna
LCA	<i>Life Cycle Assessment</i> - Análise do Ciclo de Vida
Li-ion	<i>Lithium-ion</i> – Iões de Lítio (bateria)
NiCd	<i>Nickel-Cadmium</i> – Níquel-Cádmio (bateria)

NiMH	<i>Nickel-Metal Hydride</i> - Níquel Hidreto Metálico (bateria)
NO <sub>x</sub>	Óxidos de Azoto
NREL	Laboratório Nacional de Energia Renovável
Pb-A	<i>Lead-Acid</i> – Chumbo-Ácido (bateria)
PHEV	<i>Plug-in Hybrid Electric Vehicle</i> – Veículo Eléctrico Híbrido com Carregamento através da Rede Eléctrica
RIB	Resíduos Industriais Banais
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
RU	Reino Unido
SO <sub>2</sub>	Dióxido de Enxofre
<i>Tank-to-Wheel</i>	Do Depósito à Roda
UE	União Europeia
<i>Well-to-Tank</i>	Do Poço ao Depósito
<i>Well-to-Wheel</i>	Do Poço à Roda
ZEV	<i>Zero-Emission Vehicle</i> – Veículo de Zero Emissões

Símbolo	Nome	Grandeza
€	euro	Unidade monetária
a	ano	Tempo
bbl	oil barrel	Volume
cal	caloria	Energia
dm <sup>3</sup>	decímetro cúbico	Volume
g	grama	Massa
h	hora	Tempo
J	Joule	Energia
L	litro	Volume
m	metro	Comprimento
m <sup>2</sup>	metro quadrado	Área
m <sup>3</sup>	metro cúbico	Volume
°C	grau Celsius	Temperatura
ton	tonelada	Massa
US\$	dólar americano	Unidade monetária
W	Watt	Potência
Wh	Watt-hora	Energia
k	quilo	1000
M	mega	1 000 000
G	giga	1 000 000 000
T	tera	10 <sup>12</sup>
Q <sub>e</sub>	elétrico	
Q <sub>t</sub>	térmico	



# Lista de Símbolos

Símbolo	Unidade	Definição
$\%VAV_{PCt}$	%	Percentagem de Vendas Acumuladas de Veículos por tecnologia em Portugal Continental no ano t
$\%VAV_{SMt}$	%	Percentagem de Vendas Acumuladas de Veículos por tecnologia em São Miguel no ano t
$\% D_{tecger}$	%	Percentagem Diária de Produção da Tecnologia de Geração de Energia Eléctrica <i>tecger</i>
$\% vendas_{seg}$		Percentagem de vendas do segmento <i>seg</i>
$C_{Fuel\acute{o}leo\ 2006\ a\ 2010}$	€/MWh <sub>e</sub>	Custo Unitário do Fuelóleo de 2006 a 2010
$C_{Fuel\acute{o}leo\ 2011\ a\ 2030}$	€/MWh <sub>e</sub>	Custo Unitário do Fuelóleo de 2011 a 2030
$\sum EE_{FR}$	GJ	Somatório da Energia Eléctrica das Centrais de Energia Renovável
$\sum EP_{FR}$	GJ	Somatório da Energia Primária das Centrais de Energia Renovável
$FV_{SMt}$		Frota de Veículos em São Miguel no ano t
$NV_{SMt}$		Número de Veículos por tecnologia em São Miguel no ano t
$P_{Petr\acute{o}leo\ 2006\ a\ 2010}$	US\$/bbl	Preço do Petróleo de 2006 a 2010
$P_{Petr\acute{o}leo\ 2011\ a\ 2030}$	US\$/bbl	Preço do Petróleo de 2011 a 2030
$TVAV_{PCt}$		Total das Vendas Acumuladas de Veículos em Portugal Continental no ano t
$VAV_{PCt}$		Vendas Acumuladas de Veículos por tecnologia em Portugal Continental no ano t
$VV_{PCt}$		Vendas de Veículos por tecnologia em Portugal Continental no ano t
$\frac{1}{1+f}$		Factor de actualização
$h_{aj}$	h	Número de horas no ano j
$B_i$	MW	Potência de armazenamento na meia hora <i>i</i>
$C_{Combustível\ Total}$	MJ/ano	Consumo de Combustível no Sector dos Transportes
$C_{Combustível\ tec}$	L/100km	Consumo de combustível da tecnologia <i>tec</i>
$C_{Distribuição}$	€/MWh	Custo Unitário da Distribuição de Energia Eléctrica
$CF_{Térmica}$	GJ	Consumo de Combustíveis Fósseis da Central Térmica
$C_{Fuel\acute{o}leo}$	€/MWh <sub>e</sub>	Custo Unitário do Fuelóleo
$C_I$	€	Custo anual do investimento ( <i>Annualised Cost</i> )
$CM_{Combustível}$	L/100km	Consumo médio por tipo de combustível

$CM_{EV}$	MWh/100km	Consumo Médio de um EV
$C_{Nissan\ Leaf}$	kWh/100km	Consumo do modelo Nissan Leaf
$C_{Retailho}$	€/MWh	Custo Unitário do Retalho da Energia Eléctrica
$CU_{EV}$	€/100km	Custo de Utilização dos EV
$CU_{Global}$	€/100km	Custo de utilização do Sector dos Transportes
$CU_{tec}$	€/100km	Custo de Utilização da tecnologia <i>tec</i>
$CV E_i$	MW	Potência da central de valorização energética na meia hora <i>i</i>
$C_c$	€	Custo anual dos encargos de combustível
$C_{comb}$	€/MWh <sub>e</sub>	Custo Unitário do Combustível
$C_i$	MW	Potência do diagrama de carga na meia hora <i>i</i>
$C_{mEV}$	kWh/100km	Consumo do modelo EV
$C_{oc}$		Diagrama de carga ordenado de forma crescente
$C_{od}$		Diagrama de carga ordenado de forma decrescente
$C_{om}$	€	Custo anual dos encargos de operação e manutenção
$C_{tecger}$	€/MWh	Custo Unitário da Tecnologia de Geração de Energia Eléctrica <i>tecger</i>
$C_{um}$	€/kWh	Custo unitário médio
$D_i$	MW	Potência de descarga na meia hora <i>i</i>
$Disp_{CVE}$		Disponibilidade da central de valorização energética
$E_{CO_2Total}$	ton/ano	Emissões de CO <sub>2</sub> no Sector dos Transportes
$E_{CO_2tec}$	g/km	Emissões de CO <sub>2</sub> da tecnologia <i>tec</i>
$E_{CO_2\ equiv}$	ton/a	Emissões de CO <sub>2</sub> equivalente
$E_{CO_2T\acute{e}rmica}$	ton	Emissões de CO <sub>2</sub> da Central Térmica
$EE_{FR}$	MWh	Energia Eléctrica da Central de Energia Renovável
$EE_{T\acute{e}rmica}$	MWh	Energia Eléctrica da Central Térmica
$EM_{Combustível}$	gCO <sub>2</sub> /km	Emissões de CO <sub>2</sub> médias por tipo de combustível
$EP_{FR}$	GJ	Energia Primária da Central de Energia Renovável
$EP_{T\acute{e}rmica}$	GJ	Energia Primária da Central Térmica
$EP_{Total}$	GJ	Energia Primária Total
$EV_{all}$	MWh	Energia diária necessária para o carregamento de todos os EV
$EV_{aux\ i}$		Consumo a atribuir na matriz auxiliar para distribuição do consumo dos EV na meia hora <i>i</i>
$EV_{avg}$	MWh	Energia Média Diária necessária para o

$EV_i$	MW	carregamento de um EV
	kWh	Consumo dos EV na meia hora $i$
$E_a$	MWh	Energia anualmente produzida
$E_{armazenada\ min}$	MWh	Capacidade mínima de armazenamento
$E_{armazenada}$	MWh	Energia armazenada
		Energia disponível na matriz auxiliar para distribuição da energia armazenada na meia hora $i$
$E_{aux\ i}$		
$E_e$	MWh <sub>e</sub>	Energia Eléctrica Produzida
$E_{exc}$	MWh	Energia Excedentária
$E_i$	MW	Potência das centrais eólicas na meia hora $i$
$E_t$	MWh <sub>t</sub>	Energia Térmica Consumida
$F_{2010}$	€/kg	Custo do Fuelóleo no ano de 2010
$FE_{CO_2}$	ton/MWh	Factor de Emissão de CO2
$F_V$		Factor de Vazio
$G_i$	MW	Potência das centrais geotérmicas na meia hora $i$
$H_i$	MW	Potência das centrais hídricas na meia hora $i$
$I_{01}$	€/kW	Investimento unitário
$I_t$	€	Investimento total
$N_{VLtec}$		Número de Veículos Ligeiros de Passageiros da tecnologia $tec$
$N_{EV}$		Número de EV
$NE_i$	MW	Potência das novas centrais eólicas na meia hora $i$
$NG_i$	MW	Potência das novas centrais geotérmicas na meia hora $i$
$N_{VL}$		Número de Veículos Ligeiros de Passageiros
$N_{da}$		Número de dias do ano
$P_{Combustíveltec}$	€/L	Preço do combustível da tecnologia $tec$
$PCI_{Combustíveltec}$	MJ/L	Poder Calorífico Inferior do Combustível da tecnologia $tec$
$P_{Combustível Açores}$	€/L	Preço do Combustível nos Açores
$P_{Combustível PC}$	€/L	Preço do Combustível em Portugal Continental
$PEV_{CF}$	€/MWh	Preço da Energia Eléctrica Vendida aos Consumidores Finais
$P_{a\ min}$	MW	Potência mínima de armazenamento
$P_{bateria}$		Performance da bateria
		Percentagem da energia diária de carregamento da frota que é fornecida na meia hora $i$
$P_{edi}$		
	kW	
$P_i$	MW	Potência Instalada

$P_{injectada}$	MW	Potência instalada da central de valorização energética que será injectada na rede eléctrica
$P_{máx}$	MW	Potência Máxima do Diagrama de Carga
$P_{mín}$	MW	Potência Mínima do Diagrama de Carga
$R^2$		Coefficiente de Determinação
$T_i$		Período de tempo da meia hora $i$
$VI_{FP}$	€.US\$/MWh <sub>e</sub> .bbl	Valor de Indexação do Fuelóleo ao Petróleo
$V_{mEV}$		Número de unidades vendidas do modelo EV
$cm_{seg}$	L/100km	Consumo médio do segmento $seg$
$em_{seg}$	gCO <sub>2</sub> /km	Emissões de CO <sub>2</sub> médias do segmento $seg$
$f^c_{NovaGeotérmica}$	%	Factor de carga das novas centrais geotérmicas previstas na ilha de São Miguel a partir do ano de 2011
$f^c_{CVE}$	%	Factor de carga da central de valorização energética prevista na ilha de São Miguel
$f^c_{Eólica}$	%	Factor de carga do parque eólico previsto na ilha de São Miguel a partir do ano de 2011
$f^c_{Geotérmica}$	%	Factor de carga das centrais geotérmicas existentes na ilha de São Miguel no ano de 2010
$f^c_{Hídrica}$	%	Factor de carga das centrais hídricas existentes na ilha de São Miguel no ano de 2010
$k_a$		Factor de anuidade
$m_c$	ton	Massa do combustível consumido
$p_{loss}$	%	Percentagem de energia perdida nas linhas de distribuição
$\bar{y}$		Média do Número de veículos ligeiros de passageiros em São Miguel/1000habitantes
$y_t$		Número de veículos ligeiros de passageiros em São Miguel/1000habitantes
$\eta_{central a fuelóleo}$	%	Rendimento da Central a <i>Fuel</i> na Ilha de São Miguel
$\eta_{t-e}$	MWh <sub>e</sub> /MWh <sub>t</sub>	Rendimento da conversão de energia térmica para energia eléctrica
$\mu_a$		Eficiência do meio de armazenamento
$h$		Hora
$CNC_i$		Potência de carregamento da frota de EV no Cenário Não Controlado na meia hora $i$
$COR$	%	Consumo de Origem Renovável
$DDP$	km	Distância Diariamente Percorrida
$F$	€/kg	Custo de Combustível
$N(h)$		Distribuição Normal
$PCI$	MWh <sub>t</sub> /ton	Poder Calorífico Inferior do Combustível

	MWh <sub>t</sub> /kg	
<i>POR</i>	%	Produção de Origem Renovável
<i>PR</i>		Série Geométrica de Razão ( <i>Progress Ratio</i> )
<i>S</i>		Ponto de Saturação
<i>SSE</i>		Soma Quadrática de Erros ( <i>Squared Sum of Error</i> )
<i>SST</i>		Soma Quadrática Total ( <i>Sum of Squares Total</i> )
<i>T</i>		Conjunto das meias-horas <i>i</i> do dia
<i>VD(t)</i>		Densidade dos veículos (veículos por 1000 habitantes)
<i>a</i>		Ponto de inflexão da curva no eixo do tempo
<i>b</i>		Parâmetro de escala
<i>c</i>		Translação da curva no eixo <i>y</i>
<i>dom</i>	%	Despesas de operação e manutenção referida ao $I_t$
<i>f</i>	€/kWh	Taxa de actualização
$f(x_t)$		<i>VD(t)</i> na Ilha de São Miguel
<i>fc</i>	%	Factor de Carga
<i>i</i>		Meia hora do dia
<i>mEV</i>		Modelo de EV
$maior(m; p)$		Função que devolve o valor da posição <i>p</i> de uma matriz <i>m</i> ordenada de forma decrescente
$menor(m; p)$		Função que devolve o valor da posição <i>p</i> de uma matriz <i>m</i> ordenada de forma crescente
<i>n</i>	a	Tempo de vida útil da central
<i>nm</i>		Número de modelos de EV
<i>ns</i>		Número de segmentos
<i>ntec</i>		Número de tecnologias
<i>seg</i>		Segmento do automóvel
<i>t</i>		tempo em anos
<i>tec</i>		Tecnologia
<i>tecger</i>		Tecnologia de Geração de Energia Eléctrica
$w(h)$		Perfil diário da produção de energia eólica na Ilha de São Miguel
<i>x</i>		Factor de aleatoriedade
$\eta$	%	Rendimento da Central
$\mu$		Média
$\sigma$		Desvio Padrão



# Capítulo 1: Introdução

*No presente capítulo introduz-se o tema da dissertação, bem como os objectivos, a estrutura da dissertação e a sua notação.*



# 1 Introdução

## 1.1 Contexto

Actualmente a maioria das ilhas depende, integralmente, dos combustíveis fósseis como fonte de energia. Este facto acarreta problemas energéticos, económicos e ambientais, nomeadamente a insegurança do abastecimento, a volatilidade do preço da energia e as elevadas emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). A utilização de combustíveis fósseis está concentrada em dois grandes sectores: Electricidade e Transportes, e uma vez que os preços dos combustíveis vêm aumentando constantemente, torna-se necessário diminuir a dependência em relação aos mesmos. Uma forma de o fazer é utilizar formas de energia alternativas, como as energias renováveis, ou seja, produzir energia eléctrica através da transformação dos recursos naturais existentes nas ilhas, como a geotermia, o vento, o sol, as ondas. Contudo, é ainda necessário percorrer um longo caminho, uma vez que as tecnologias das energias renováveis não se encontram suficientemente desenvolvidas no sentido de satisfazer por completo a procura de electricidade, motivo pelo qual as redes de energia eléctrica utilizam ainda os combustíveis fósseis para manter o equilíbrio da rede. Uma hipótese que esta dissertação apresenta para a contribuição na redução da utilização de combustíveis fósseis, da energia primária e das emissões de CO<sub>2</sub> em ambos os sectores, é a introdução dos veículos eléctricos (EV), que permitem a redução da utilização de combustíveis como a gasolina e o gasóleo e ainda como sistema de armazenamento da produção de origem renovável em horas de vazio.

## 1.2 Motivação

Actualmente os EV possuem ainda uma reduzida autonomia, pelo que a sua utilização se torna mais adequada em ilhas, onde as deslocações diárias são limitadas em distância. No caso particular da Ilha de São Miguel nos Açores, o facto de existirem recursos de energia renovável subaproveitados, como por exemplo a energia geotérmica e a energia eólica, despertou a curiosidade por saber se a penetração de EV nesta ilha permite a integração de nova potência instalada de origem renovável, segundo o plano de investimentos da EDA de 2010-2014, que inclui 9 MW<sub>e</sub> da 1ª fase de instalação do Parque Eólico dos Graminhais a partir de 2011 e 22 MW<sub>e</sub> de energia Geotérmica por volta de 2014, o Estudo Prévio do Ecoparque da Ilha de São Miguel de 2011, que inclui 10,5 MW<sub>e</sub> de Biomassa em 2015, e o Estudo do Impacto Ambiental no

Parque Eólico dos Graminhais de 2005, que prevê 5,4 MW<sub>e</sub> na 2ª fase de instalação a partir de 2020. [1, 2, 3]

### 1.3 Objectivos

Pretende-se com este trabalho, caracterizar de 2006 até 2010 e realizar projecções até 2030 para o:

- Sector Eléctrico:

- Consumo de energia eléctrica;
- Perfil de produção;
- Emissões específicas das centrais eléctricas;
- Custo de produção para as diferentes tecnologias.

- Sector dos Transportes, apenas a frota dos veículos ligeiros de passageiros:

- Dimensão da frota;
- Distribuição da frota por tecnologia;
- Penetração de EV;
- Consumo e emissões dos veículos;
- Custo de combustível para diferentes tecnologias;
- Diferentes perfis de carregamento dos EV.

Pretende-se ainda elaborar um simulador que a partir das caracterizações e projecções realizadas para o sector eléctrico e dos transportes quantifique para ambos os sectores os impactos:

- Energéticos:

- O consumo diário de energia primária e de combustíveis fósseis em ambos os sectores;
- O peso da produção de origem renovável e dos EV na produção de energia eléctrica e no sector dos transportes.

- Económicos:

- Preço final da energia eléctrica;
- Os custos unitários de utilização dos veículos ligeiros.

- Ambientais:

- As emissões de gases de efeito de estufa em ambos os sectores;
- Emissões unitárias da energia eléctrica e dos veículos ligeiros.

E por fim, responder à questão: Será que a penetração dos EV torna a Ilha de São Miguel mais sustentável?

## **1.4 Estrutura do Documento**

Esta dissertação encontra-se dividida em 5 capítulos.

O capítulo 1 centra-se na introdução onde se aborda o contexto, a motivação, os objectivos do trabalho e se define a notação utilizada ao longo do documento.

No capítulo 2 é elaborada uma curta revisão de literatura sobre os veículos eléctricos e sobre os estudos efectuados relativamente à adopção dos veículos eléctricos em vários mercados.

No capítulo 3 é exposta a metodologia utilizada para caracterizar e realizar as projecções do sector eléctrico e dos transportes, elaborando assim um simulador que quantifica os impactos energéticos, económicos e ambientais da penetração de veículos eléctricos na Ilha de São Miguel.

No capítulo 4 são indicados os casos de estudo escolhidos e é efectuada uma análise de resultados.

No Capítulo 5 são apresentadas as principais conclusões deste trabalho, bem como sugestões de desenvolvimento de trabalhos futuros.

## **1.5 Notação**

As figuras, tabelas e equações são introduzidas com referência ao capítulo em que são apresentadas e são numeradas sequencialmente no respectivo capítulo. A numeração é reiniciada em cada capítulo. As referências bibliográficas são numeradas de forma sequencial. A identificação de equações é apresentada entre parênteses curvos ( ), e a identificação de referências bibliográficas é apresentada entre parênteses rectos [ ], elaborada segundo a norma IEEE 2006. Expressões em língua estrangeira são apresentadas em itálico. O conjunto de simbologia utilizada no decorrer do texto segue o apresentado previamente na lista de acrónimos e símbolos. Esta dissertação está redigida de acordo com o acordo ortográfico de 1990.



## Capítulo 2: Revisão da Literatura

*Os veículos eléctricos são objecto de estudo neste capítulo desde a sua história, os elementos que os constituem, diferentes configurações até aos estudos realizados a nível mundial.*



## 2 Revisão da Literatura

### 2.1 História dos EV

Os EV são constituídos por vários componentes e a história de cada componente influenciou a evolução dos EV. A componente cuja evolução mais marcou a história dos EV foi a bateria.

#### 2.1.1 O Início

A história dos EV está intimamente relacionada com a história das baterias. Em 1800 o químico Alessandro Volta inventa a pilha de Volta, Figura 2.1, a primeira fonte de energia eléctrica não recarregável. Para demonstrar a sua invenção na altura, Volta empilhou alternadamente discos de cobre e de zinco, que foram separados por discos em cartão embebidos em água salgada. Nas extremidades da pilha sempre que fossem ligados por um fio produzia-se corrente eléctrica. [4, 5]



Figura 2.1 - Pilha de Volta [6]

O físico Michael Faraday demonstrou, em 1821, os princípios do motor eléctrico - ou gerador – ao aplicar a pilha química de Volta como uma componente das suas experiências. Mais tarde, em 1831, Faraday mostrou os princípios da indução electromagnética com a estreita relação entre correntes eléctricas e o magnetismo, lançando assim as bases para os motores eléctricos e geradores implicitamente indispensáveis para os EV. [5]

Thomas Davenport e Robert Davidson utilizaram pela primeira vez uma bateria não-recarregável por volta do ano 1842 tornando os EV mais práticos e bem-sucedidos. [7, 8]

Em 1859, o físico Gaston Planté fez uma demonstração pioneira da primeira bateria recarregável, a bateria chumbo-ácido. Esta bateria foi utilizada como bateria de arranque, em todos os motores de combustão interna (ICE) e ainda como uma bateria que fornece energia na maioria dos EV. [9]

Em 1880 com o desenvolvimento do dínamo por Thomas Edison tornou-se mais prático e barato carregar as baterias chumbo-ácido. [9]

Camille Faure melhorou a bateria de armazenamento desenvolvida por Gaston Planté, em 1881. Com a melhoria na capacidade das baterias, houve um forte estímulo aos EV. [7, 10]

Aplicando a bateria de chumbo de Planté como fonte de energia, Gustavo Trouvé apresentou em França um triciclo em 1881. [5, 11]

Neste contexto, vale a pena lembrar que Karl Friedrich Benz construiu o primeiro veículo projectado especificamente para um ICE em 1885. [5, 11]

Começou-se a dar-se mais atenção aos EV quando A. L. Ryker e William Morrison construíram um triciclo eléctrico com capacidade para seis passageiros, no ano de 1891. [7]

Camille Jenatton, em 1899, conduzindo um EV em forma de torpedo conhecido como *La Jamais Contente*, Figura 2.2, definiu um novo recorde de velocidade de 106 km/h. Tornando este veículo o primeiro a ultrapassar os 100 km/h. [12, 13]

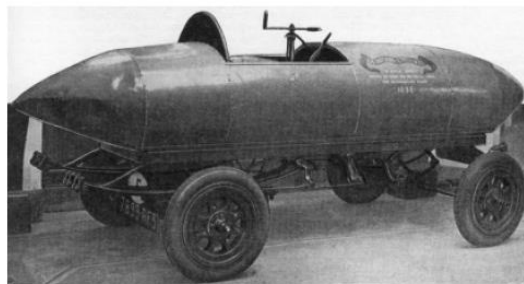


Figura 2.2 - *La Jamais Contente* [13]

Os EV tinham muitas vantagens sobre os seus concorrentes no início da década de 1900. Eles eram silenciosos, inodoros, fiáveis, não vibravam muito, não tinham problemas com as mudanças porque também não tinham mudanças, e não eram perigosos no arranque, como era usual no caso dos veículos a gasolina. Eles eram adequados para as mulheres (foram muitas vezes referenciados como os carros das mulheres), mas eram caros, lentos (24-32 km) e tinham baixa autonomia (30-60 km). Contudo, a introdução do serviço de troca da bateria por volta de 1910 tornou a recarga mais fácil e mais rápida. Os EV atingiam assim o pico de produção em 1912. [11]

### 2.1.2 O Declínio

A liderança dos EV foi ultrapassada pelo desenvolvimento da tecnologia dos veículos a gasolina, por inúmeros motivos: [14]

- O problema de arranque dos veículos a gasolina foi resolvido com a ignição eléctrica, que foi desenvolvida por Charles Kettering em 1912 (inicialmente para o Cadillac). [11, 15]
- Em 1908, Henry Ford apresenta o Modelo T propulsionado por um ICE a gasolina. Com a introdução da linha de montagem em 1915, inicia-se a produção em massa do Modelo T da Ford, Figura 2.3, tornando este veículo disponível e acessível numa gama de preços de US\$ 500 a US\$ 1000, equivalente a metade do preço dos EV. [11, 14, 16, 17]



Figura 2.3 - Modelo T da Ford [17]

- Por volta de 1920, com um melhor sistema de estradas revela-se a necessidade de os veículos terem uma maior autonomia. [18]
- A descoberta de grandes reservas de petróleo no Texas, Oklahoma e Califórnia causou a queda dos preços, tornando assim a gasolina acessível aos consumidores comuns. [11]

Para além de intensos esforços no que toca ao desenvolvimento de novos tipos de baterias, na invenção de sistemas de troca rápida e de recarregamento de baterias, duas outras tecnologias foram desenvolvidas, por volta de 1900, que visavam aumentar a autonomia do EV.

A primeira, demonstrada em Paris em 1887, traduz-se no princípio da travagem regenerativa. Esta tecnologia tira partido de o motor eléctrico poder funcionar como gerador. O motor eléctrico é usado como gerador durante a travagem, abrandando o veículo e utilizando a energia cinética de forma a produzir energia eléctrica aproveitada para recarregar a bateria. [19]

A segunda tecnologia importante desenvolvida para aumentar a autonomia limitada dos veículos eléctricos a bateria foi a hibridização. Em 1901, o fundador da marca de carros desportivos Ferdinand Porsche, acrescentou um ICE a gasolina a uma roda motriz de um EV desportivo, criando assim o primeiro veículo eléctrico híbrido (HEV), apresentado na Figura 2.4. Estes híbridos precoces também incluíam a tecnologia de travagem regenerativa. Os híbridos combinavam o melhor de duas tecnologias, silenciosos ao conduzir em zonas da cidade e sem limites de autonomia fora da cidade. No entanto, principalmente devido ao custo e problemas que o conceito do híbrido tinha, acabou por ser um fracasso comercial. [5, 20, 16, 21]

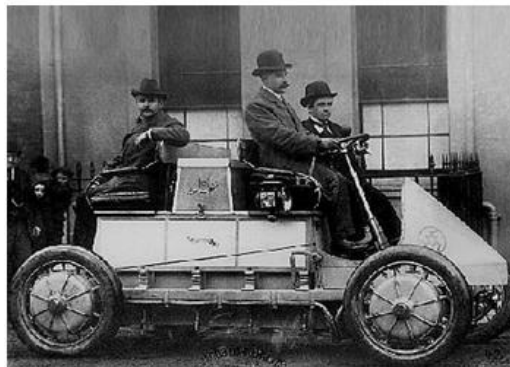


Figura 2.4 - Híbrido Lohner-Porsche Mixte [22]

Com as limitações associadas às baterias e ao rápido avanço dos veículos a motor de combustão interna (ICEV), os EV e HEV desapareceram de cena em 1920. [23]

### 2.1.3 O Renascimento

Nas décadas de 1960 e 1970, com a crise do petróleo e o aumento das emissões de gases de efeito de estufa, houve novamente interesse nos EV. Nos Estados Unidos da América (EUA), tal como na Europa e no Japão, a maioria dos principais fabricantes de automóveis foram envolvidos no desenvolvimento de EV com vários sistemas de accionamento e tipos de bateria até ao presente. [7, 18, 5]

O EV1 foi o primeiro EV moderno, lançado no mercado em 1996 e produzido por uma grande empresa automobilística, a General Motors. [18, 12]

De 1996 a 2000 alguns milhares de EV (como o Honda Plus, o Nissan Altra, o Chevrolet S-10) são produzidos por grandes fabricantes de automóveis. [17]

A Toyota revela o Prius em 1997, o primeiro veículo híbrido do mundo produzido em massa. [17]

O Nissan Leaf, Figura 2.5, lançado em 2010, é o primeiro veículo totalmente eléctrico, zero emissões, a ser produzido em massa para o mercado automóvel. O veículo com uma única carga possui uma autonomia de 160 km, carregando 80% da bateria de lítio em menos de 30 minutos. [12]



Figura 2.5 - Nissan Leaf [24]

Embora alguns EV e HEV estejam actualmente disponíveis no mercado, ainda terão que percorrer um longo caminho no sentido de se tornarem numa opção viável para muitos condutores. As restrições para a sua adopção em massa incluem o preço elevado, a autonomia e vida útil das baterias limitadas, e o número limitado de estações de carregamento e outras infra-estruturas para suportar os EV. [17]

Os EV puros, veículos de emissão zero, são indicados para utilizações onde não existe a necessidade de uma elevada autonomia, como por exemplo em ilhas.

## 2.2 Baterias

A bateria é uma componente fundamental dos EV, pois é onde a energia necessária para movimentar o motor eléctrico se encontra armazenada. Esta consiste em duas ou mais células electroquímicas unidas. As células convertem energia química em energia eléctrica e vice-versa.

Alguns parâmetros específicos caracterizam as baterias, os mais relevantes são os seguintes:

- Energia Específica (*Specific Energy*) (Wh/kg) – A energia nominal da bateria por unidade de massa, por vezes referida como a densidade gravimétrica de energia. Juntamente com o consumo de energia do veículo, determina o peso da bateria necessária para atingir uma determinada autonomia;
- Potência Específica (*Specific Power*) (W/kg) - A potência máxima disponível por unidade de massa. A potência específica determina o peso da bateria necessária para atingir um determinado desempenho;
- Densidade de Energia (*Energy Density*) (Wh/L) - A energia nominal da bateria por unidade de volume, por vezes referida como a densidade de energia volumétrica. Juntamente com o consumo de energia do veículo determina o tamanho da bateria necessária para atingir uma determinada autonomia;
- Densidade de Potência (*Power Density*) (W/L) - A potência máxima disponível por unidade de volume. Esta determina o tamanho da bateria necessária para atingir um determinado desempenho; [25]
- Eficiência (*Roundtrip Efficiency*) (%) - Este parâmetro representa o rácio entre a quantidade de energia necessária para carregar a bateria e a quantidade de energia que pode ser extraída a partir da mesma, e é expressa em percentagem da capacidade total da bateria. [26]

Uma diferença crucial entre os EV e os ICEV está na fonte de energia, a fonte de energia dos EV é a bateria e a dos ICEV é um combustível fóssil. As baterias têm uma energia específica cerca de 20 vezes inferior à gasolina, como se mostra na Figura 2.6, o que limita a autonomia destes veículos quando comparada à dos ICEV.

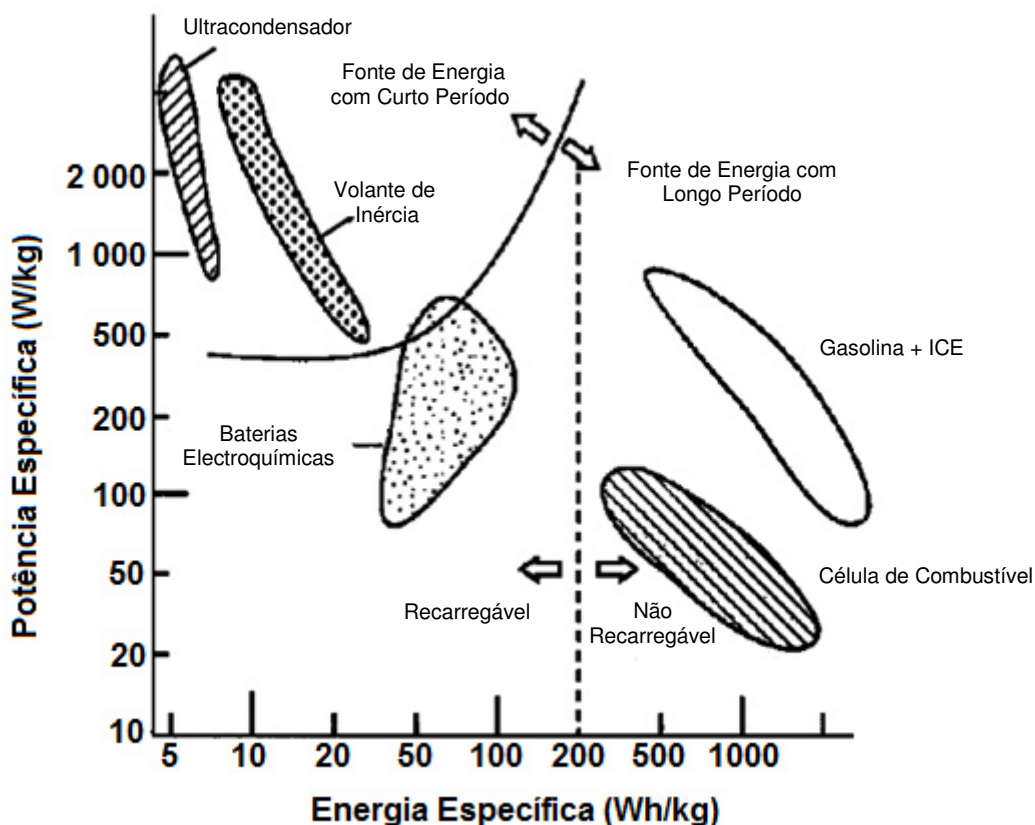


Figura 2.6 - Características de Várias Fontes de Energia [23]

Ao longo dos anos, diversos tipos de baterias têm vindo a ser desenvolvidas, mas apenas um número limitado delas podem ser usadas em EV, sendo as seguintes as mais utilizadas (em resumo na Tabela 2.1):

- Bateria Chumbo-Ácido (*Lead-Acid*, Pb-A):

O dispositivo de armazenamento de energia recarregável mais antigo é a bateria chumbo-ácido. Estas baterias são utilizadas nos ICEV para alimentar o motor de arranque.

Devido à sua baixa energia específica, na gama dos 30-50 Wh/kg, é difícil imaginar um EV que percorra longas distâncias. Normalmente considera-se que este tipo de bateria seja utilizado em EV que percorram curtas distâncias.

A sua popularidade deve-se em parte ao seu baixo custo e eficiência relativamente elevada, no entanto tem um mau desempenho em temperaturas extremas e contém grandes quantidades tóxicas de chumbo. [27, 28]

- Bateria Níquel-Cádmio (*Nickel-Cadmium*, NiCd):

A bateria de níquel-cádmio foi considerada um dos principais concorrentes à bateria de chumbo-ácido para uso em EV uma vez que tem quase duas vezes a energia específica das baterias de chumbo-ácido.

As baterias níquel-cádmio têm sido usadas em várias aplicações, incluindo o uso em EV. Apontam-se como vantagens: terem uma potência específica elevada, entre os 150 e os 300 W/kg, e uma vasta gama de temperaturas de funcionamento de -40°C a 80°C. Como pontos negativos atribuem-se-lhes o elevado custo do cádmio, comparativamente ao preço do chumbo, e o facto de ser um material considerado não amigo do ambiente e com propriedades cancerígenas.

- Bateria Níquel Hidreto Metálico (*Nickel Metal Hydride*, NiMH):

Esta bateria tem um desempenho melhor mas semelhante ao da bateria NiCd. A principal diferença encontra-se no facto de na bateria de NiMH o eléctrodo negativo utilizar hidrogénio, absorvido num hidreto de metal, tornando-a assim isenta de cádmio, o que se revela uma vantagem considerável. É tida como uma das baterias mais promissoras para o futuro.

- Bateria de Iões de Lítio (*Lithium-ion*, Li-ion):

A bateria Iões de Lítio é uma bateria recente e em desenvolvimento. Oferece uma elevada energia específica, na gama dos 75-200 Wh/kg, em comparação com outras baterias recarregáveis, embora a um custo muito superior, de 376-1881 €/kWh. A bateria de Iões de Lítio tem a vantagem de ser mais leve em comparação com outros sistemas de baterias, ter uma eficiência elevada (85-98%), e uma elevada energia específica, cerca de três vezes superior à das baterias de chumbo-ácido. Estas características podem dar a um EV uma autonomia superior. Tornando assim as baterias de Iões de Lítio um forte candidato para o futuro dos EV. [19, 13]

Tabela 2.1 - Características Técnico-Económicas das Baterias [29, 30, 31, 32, 13, 33, 34]

Bateria	Energia Específica (Wh/kg)	Potência Específica (W/kg)	Densidade de Energia (Wh/L)	Densidade de Potência (W/L)	Eficiência (%)	Custo da Energia em 2010 (€/kWh)
Pb-A	30-50	75-300	50-80	10-400	70-82	113-301
NiCd	50-75	150-300	60-150	-	60-70	450-1130
NiMH	60-70	200-300	90-170	-	60-70	300-350 <sup>1</sup>
Li-ion	75-200	150-315	200-500	-	85-98	376-1881

<sup>1</sup> Valores referidos ao ano de 2007

## 2.3 Classificações dos EV

Os EV podem ser classificados de diferentes formas, consoante as fontes de energia, a forma de ligação eléctrica/mecânica dos motores ou o nível de funcionalidade, como se exemplifica na Figura 2.7.

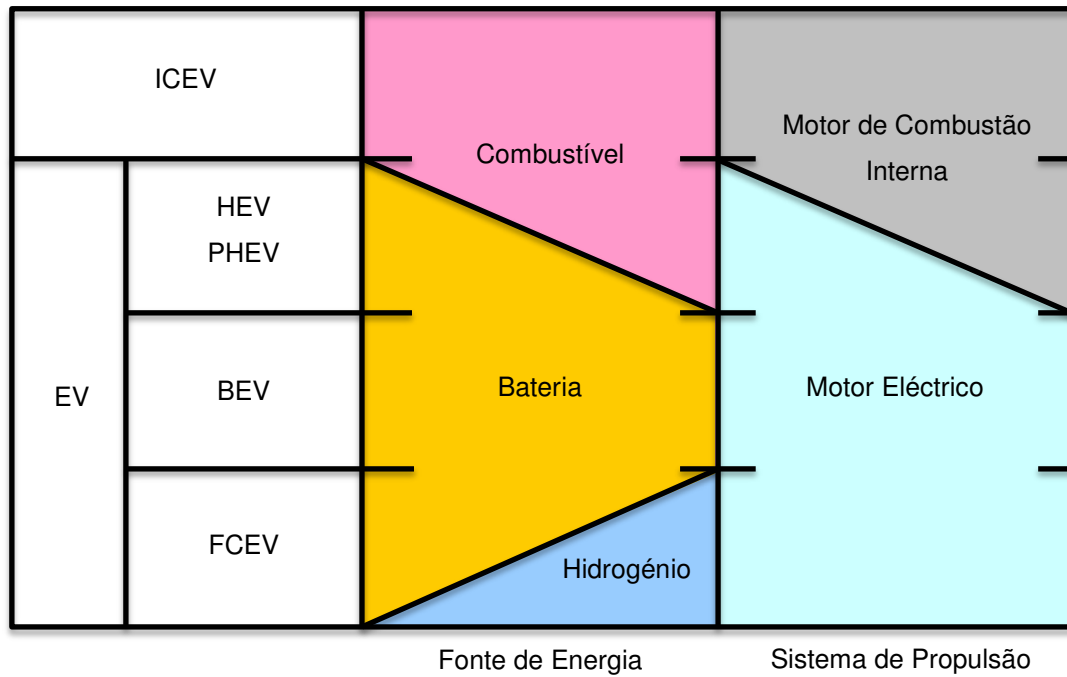


Figura 2.7 - Classificação Geral dos ICEV e dos EV [35]

Os EV distinguem-se em três grandes classes de veículos, os Veículos Eléctricos a Bateria (BEV), os Veículos Eléctricos Híbridos (HEV) e os Veículos Eléctricos a Célula de Combustível (FCEV).

### 2.3.1 Veículo Eléctrico a Bateria (BEV)

O Veículo Eléctrico a Bateria (BEV), também chamado de Veículo Eléctrico Puro (EV), é um veículo impulsionado pelo motor eléctrico que utiliza a energia armazenada numa bateria. Este tipo de veículo consiste numa bateria eléctrica, um motor eléctrico e um conversor de potência, como se mostra na Figura 2.8. A bateria é normalmente carregada através da rede eléctrica ou pela travagem regenerativa. [13, 36]

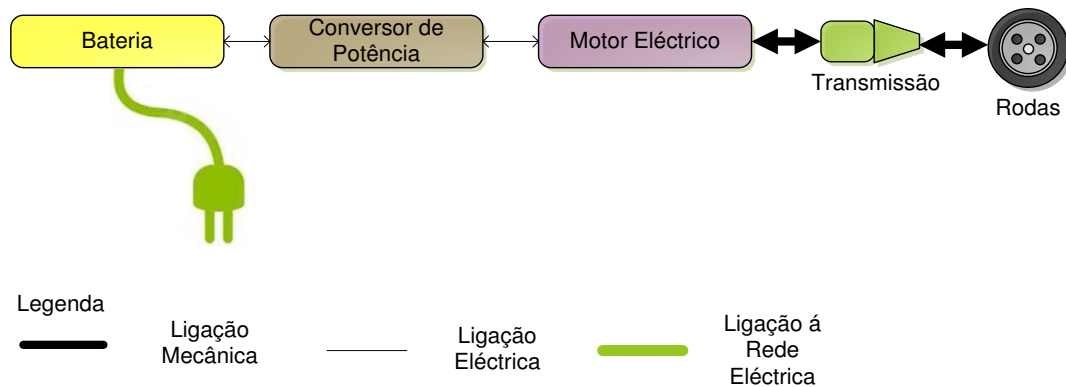


Figura 2.8 - Conceito de um EV [23, 37, 38]

### 2.3.2 Veículo Eléctrico Híbrido (HEV)

O Veículo Eléctrico Híbrido (HEV) tem duas ou mais fontes de energia que podem ter diferentes configurações e funções. Os tipos mais comuns de HEV combinam dois tipos de propulsão: o ICE com um motor/gerador eléctrico.

Uma das maiores motivações para a utilização do HEV é a possibilidade de combinar as vantagens do EV, em particular a eficiência, e a inexistência de emissões, com as vantagens do ICEV, nomeadamente a elevada autonomia. [13, 36]

Os HEV podem ser classificados de duas formas: quanto à configuração mecânica do veículo ou quanto ao nível de funcionalidade.

### 2.3.2.1 Sistemas de Configuração do HEV

Os HEV classificam-se em quatro tipos de configuração:

- Híbrido Paralelo: O veículo pode ser movido tanto pelo motor eléctrico como pelo ICE ou pelos dois ao mesmo tempo, como esquematizado na Figura 2.9. São normalmente dotados do sistema *start-stop*<sup>2</sup> e a função do motor eléctrico é principalmente a locomoção a baixa velocidade/"para-arranca" e o auxílio ao ICE nas acelerações. [13, 36]

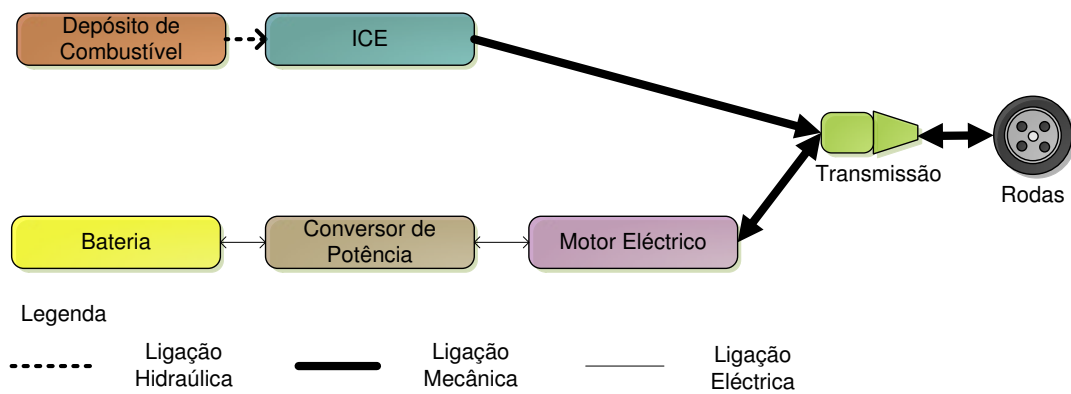


Figura 2.9 - Conceito de um Híbrido Paralelo [23, 37, 38]

- Híbrido Série: O motor eléctrico move sozinho o veículo, como se pode verificar na Figura 2.10. A energia pode ser fornecida pela bateria ou pelo ICE, este último tem como função estender a autonomia do EV. [13, 36]

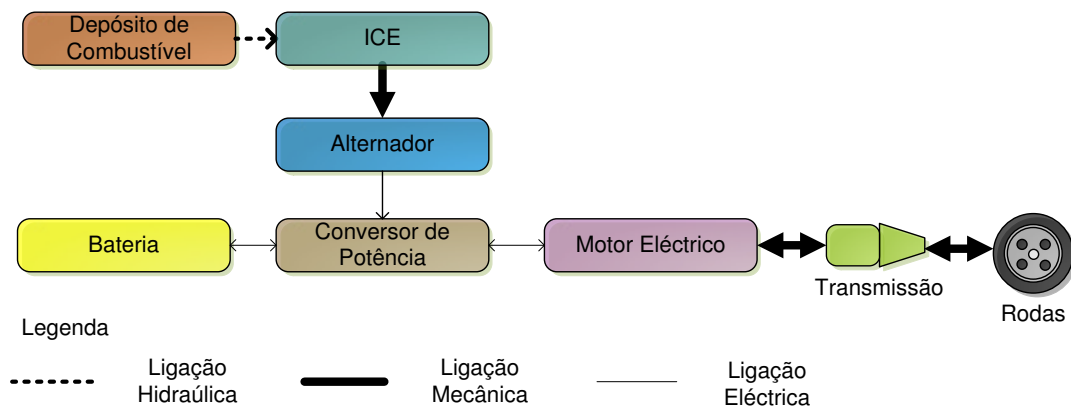


Figura 2.10 - Conceito de um Híbrido Série [23, 37, 38]

Em ambos, Híbrido Paralelo e Série, a bateria pode ser carregada pelo ICE, acoplado ao alternador, enquanto está em movimento, diminuindo assim a necessidade de

<sup>2</sup> No sistema *start-stop*, o ICE pode ser desligado quando o veículo está parado (por exemplo, num semáforo), voltando a ligar-se quando se pretende que o veículo reinicie a sua marcha.

capacidade da bateria comparativamente a um EV. Além disso ambos permitem a travagem regenerativa.

- Híbrido Série-Paralelo: Esta configuração incorpora as características de ambos HEV Série e Paralelo, mas envolve uma ligação mecânica adicional quando comparado com o HEV Série e também um gerador adicional comparado com o HEV Paralelo, como se exemplifica na Figura 2.11. O HEV Série-Paralelo é relativamente mais complexo e dispendioso. No entanto, com os avanços em tecnologias de controlo e fabricação, alguns produtores de HEV recentes preferem adoptar este sistema. [23]

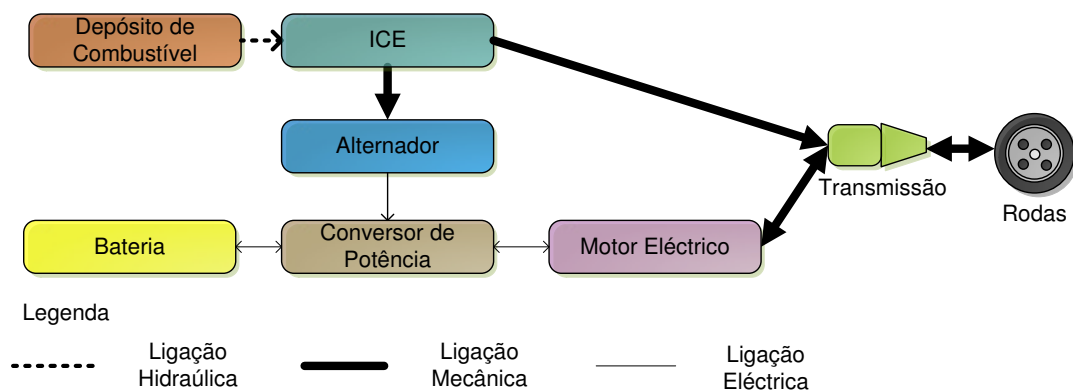


Figura 2.11 - Conceito de um Híbrido Série-Paralelo [23, 37, 38]

- Híbrido Complexo: Tal como reflecte o seu nome, este sistema implica uma configuração complexa, que não pode ser classificada nos três tipos de HEV referidos anteriormente. Como mostrado na Figura 2.12, a vantagem do Híbrido Complexo é ser propulsionado nos dois eixos por três modos de operação versáteis (ICE e dois motores eléctricos). Similar ao HEV série-paralelo, o Híbrido Complexo sofre de maior complexidade e custos. No entanto, alguns HEV recentemente introduzidos adoptam este sistema de propulsão com eixo-duplo. [23]

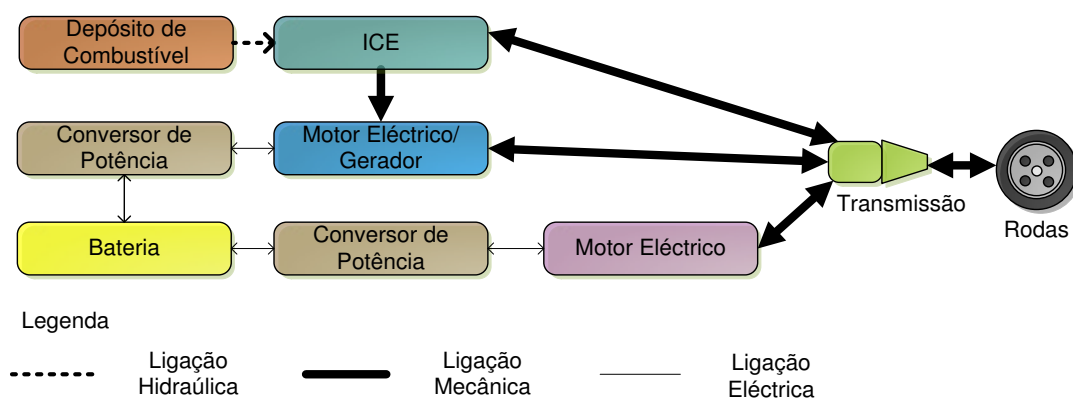


Figura 2.12 - Conceito de um Híbrido Complexo [23, 37, 38]

### 2.3.2.2 Níveis de Funcionalidade dos HEV

As configurações HEV anteriores fornecem diferentes níveis de funcionalidade, como se verifica na Tabela 2.2. Estes níveis podem ser classificados pela relação de poder entre o ICE e o Motor Eléctrico, que se evidenciam em seguida:

Tabela 2.2 - Função para as diferentes configurações de HEV [8]

Configurações de HEV \ Funções	Micro Híbrido	Mediano Híbrido	Híbrido Completo	Híbrido Plug-in
ICEV	x			
Híbrido Paralelo		x	x	
Híbrido Série			x	x
Híbrido Série-Paralelo			x	x

**Micro Híbrido:** Os veículos micro híbridos usam um motor eléctrico como motor de arranque sobredimensionado, e o ICE assegura a propulsão do veículo. O motor eléctrico permite ao micro híbrido a função *start-stop*.

A economia de combustível estima-se estar no intervalo de 2% a 10% para os ciclos de accionamento urbanos.

**Mediano Híbrido:** Além da função *start-stop*, os veículos medianos híbridos têm uma função de reforço, o que significa que eles usam o motor eléctrico para impulsionar o ICE durante a aceleração, ao aplicar um binário suplementar. A bateria também pode ser carregada por travagem regenerativa. No entanto, o motor eléctrico não consegue mover o veículo sozinho. A economia de combustível estima-se na gama de 10-20%.

**Híbrido Completo:** Os veículos híbridos completos possuem um sistema de tracção totalmente eléctrica, o que significa que o motor eléctrico pode assegurar a propulsão do veículo. Quando um veículo usa esse sistema totalmente eléctrico, torna-se um “Veículo de Zero Emissões” (ZEV). O modo ZEV pode ser usado, por exemplo, em centros urbanos. No entanto, a propulsão do veículo pode ser assegurada pelo ICE ou pelo ICE e o motor eléctrico em conjunto. A economia de combustível estima-se no intervalo de 20-50%.

**Híbrido *Plug-in*:** Os PHEV têm a capacidade de carregar a bateria externamente, conectando à rede eléctrica. Em alguns casos, um veículo *plug-in* pode ser simplesmente um BEV com um ICE com potência limitada. Em outros casos, a

autonomia do EV pode ser estendida ao carregar as baterias pelo ICE. Este tipo de PHEV é também chamado de EV com extensor de autonomia. Os PHEV são promissores em termos de economia de combustível. Por exemplo, a economia de combustível do PHEV pode ser melhorada em 100% se o ICE não for usado para carregar a bateria (por exemplo, em ciclos de accionamento urbano). Aumentar o tamanho da bateria permite a operação ZEV para pequenas viagens e, portanto, resulta numa importante redução no consumo de combustível e emissões de gases de efeito de estufa. Muitos estudos estão a ser realizados sobre os PHEV. Embora o impacto do PHEV em cargas da rede eléctrica precise de ser analisado, os estudos iniciais mostraram que os PHEV podem influenciar a procura de energia eléctrica. [39]

### 2.3.3 Veículo Eléctrico a Célula de Combustível (FCEV)

O princípio básico dos FCEV, como demonstrado na Figura 2.13, é o mesmo que os BEV, mas com uma célula de combustível<sup>3</sup> a carregar a bateria. A célula de combustível colocada no veículo combina o hidrogénio e o oxigénio produzindo energia que é usada tanto para alimentar o motor eléctrico como carregar a bateria. Esta tecnologia assume-se como uma solução não poluente, emitindo exclusivamente vapor de água. Os problemas combinados de armazenamento de hidrogénio a bordo e da falta de infra-estruturas de reabastecimento de hidrogénio, até hoje, representam um impedimento para a adopção de FCEV em larga escala. [40, 13, 36]

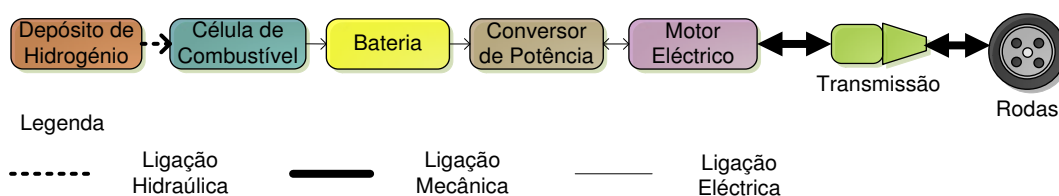


Figura 2.13 - Conceito de um FCEV [41]

<sup>3</sup>As células a combustível são dispositivos electroquímicos que convertem energia química directamente em energia eléctrica útil. [36]

## 2.4 Eficiência Energética dos EV versus ICEV

Existem diferentes modelos de avaliação da eficiência de veículos, alguns usam a abordagem ao ciclo de combustível, outros somente ao ciclo de operação do veículo, outros realizam a análise do ciclo de vida (LCA). Este último, além dos ciclos referidos anteriormente, valoriza também a produção de materiais, a montagem e remoção do veículo.

A análise que melhor se adequa a este trabalho é o *Well-to-Wheel* (Do Poço à Roda), onde é integrada a eficiência do veículo com o ciclo de combustível. Esta divide-se em duas partes:

- *Well-to-Tank* – Esta etapa inclui a produção de matéria-prima ou combustível e processamento e entrega de combustível ou transporte de energia;
- *Tank-to-Wheel* - Esta fase consiste na eficiência da operação do veículo.

Analisando as eficiências dos ICEV e os EV na perspectiva *Well-to-Wheel*, e considerando que os EV são carregados completamente por centrais a *Fuel*, conclui-se que os EV são duas vezes mais eficientes que os ICEV e, portanto, emitem cerca de metade das emissões dos ICEV, como mostrado na Figura 2.14. [42, 43, 32]

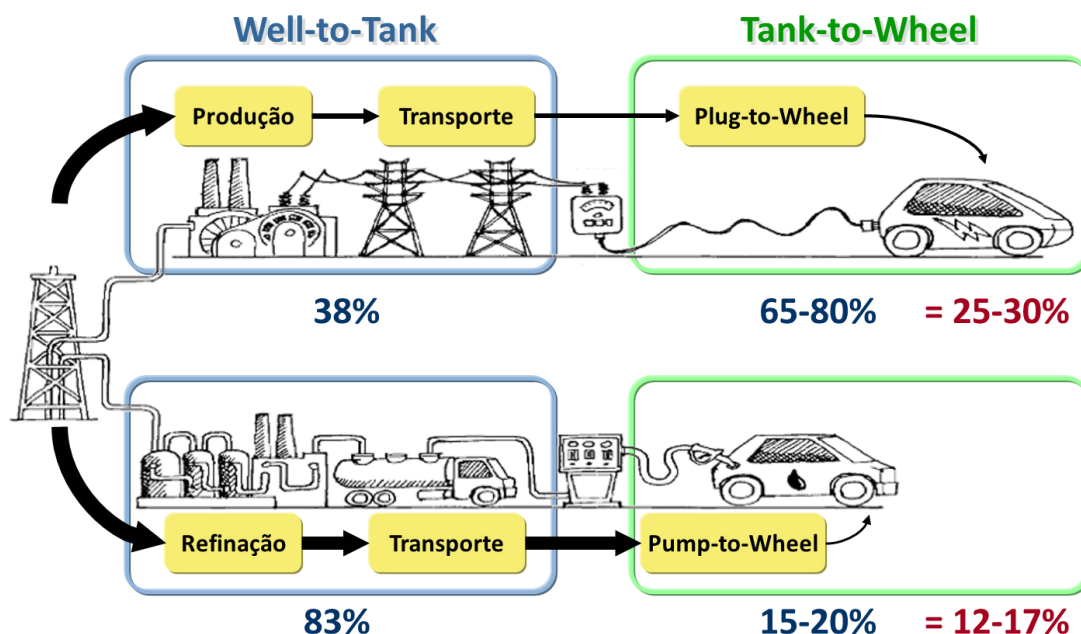


Figura 2.14 - Eficiência Energética dos EV e dos ICEV [44, 45, 43]

## 2.5 Estudos da Penetração de EV

Os governos em muitas regiões/países apoiam a introdução de EV através de investimentos em pesquisa e auxiliam a sua implementação.

O somatório de investimentos efectuados no período de 2008 a 2011 ronda os 21,6 mil milhões de euros que se dividem quase identicamente entre a União Europeia (UE) (cerca de 8,5 mil milhões de euros) e os EUA (cerca de 8,6 mil milhões de euros), e no resto do mundo com o valor aproximado de 4,6 mil milhões de euros, como se pode observar na Figura 2.15.

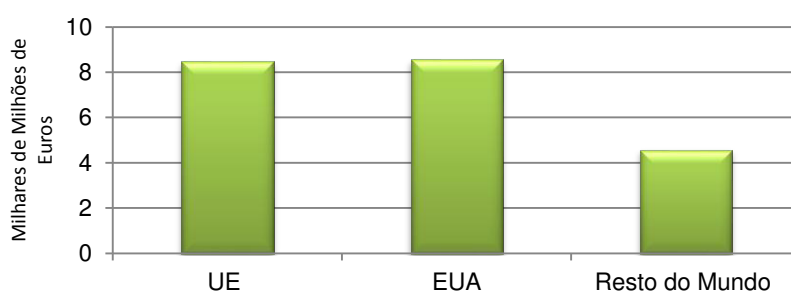


Figura 2.15 - Investimento em pesquisa e implementação de EV por região [46]

A maioria dos governos anunciou quantos EV e PHEV são esperados nas estradas. É esperado que até 2015 mais de 5 milhões de novos EV estejam globalmente nas estradas, e em 2016 prevê-se mais 1,7 milhões de veículos. Em 2020 são anunciados um total que ascende a 7,2 milhões de veículos como se pode observar na Figura 2.16. Em que cerca de 4,8 milhões de veículos, serão conduzidos na UE (representando a maioria), 1 milhão de veículos serão conduzidos nos EUA e 1,4 milhões de veículos irá ser conduzido no resto do mundo.

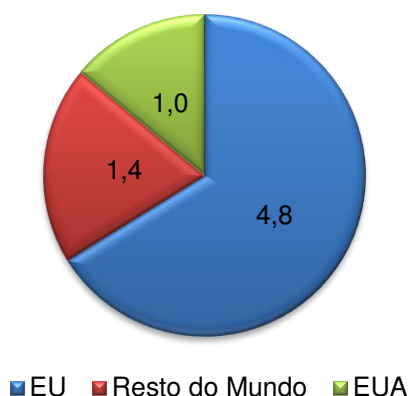


Figura 2.16 - EV expectáveis em 2020 em milhões de unidades (num total de 7,2 milhões) [46]

Apesar destes números esperados pelos vários governos, outros aspectos tornam-se mais relevantes, como o desenvolvimento das baterias, das infra-estruturas de carregamentos de EV, as taxas de incentivos e subsídios para a viabilidade da sua introdução.

Os governos têm vindo a criar programas e estruturas para promover a introdução de EV nos seus respectivos mercados, estes variam bastante a nível mundial mas também ao nível da UE.

Existem muitos programas dentro e fora da UE que referem os níveis de emissão de CO<sub>2</sub> e incentivos fiscais para estimular a compra de veículos ecológicos. Em muitos países (como por exemplo a Noruega, a Dinamarca, a Grécia) os EV estão isentos de taxas, totalmente ou parcialmente. Os descontos e subsídios variam de país para país, assim como os valores de referência e metas de emissões de CO<sub>2</sub>. As isenções fiscais dos EV e as restrições de circulação para os ICEV são frequentemente usadas para impulsionar a penetração de EV nos mercados. [46]

Vários estudos foram efectuados a nível mundial de forma a avaliar o potencial da penetração de EV e PHEV.

### **2.5.1 Perspectiva Mundial**

A capacidade da infra-estrutura da rede de energia eléctrica em diferentes regiões dos EUA foi estudada para o fornecimento de carga adicional devido à penetração de PHEV. [47, 48]

Outros estudos consideram o cenário de um milhão de PHEV adicionados a uma sub-região dos EUA, onde se analisam as potenciais mudanças na procura, os impactos sobre a adaptação de geração, a transmissão e distribuição. Posteriormente a mesma análise foi estendida para 13 regiões dos EUA com a inclusão da estimativa de emissões de gases de efeito de estufa para cada um dos sete cenários realizados para cada região. [49]

Um estudo feito pelo NREL (Laboratório Nacional de Energia Renovável) centrou-se apenas numa região específica e quatro cenários de carregamento foram avaliados em termos de impacto na rede e também em termos de emissões de gases de efeito de estufa. Os resultados mostraram que o carregamento fora das horas de ponta seria mais eficiente em termos de tensão na rede, custo de energia e redução significativa

nas emissões de CO<sub>2</sub>, apesar das emissões de SO<sub>2</sub> esperadas devido ao carregamento fora das horas de ponta ser composta na maioria por geração com combustíveis fósseis. [50]

Uma análise do impacto do carregamento da frota de PHEV e EV em Espanha, para diferentes cenários de penetração (prevista para 2014, 2017 e 2019) concluiu que caso o carregamento seja realizado sem qualquer coordenação, a potência nas horas de ponta irá aumentar substancialmente com as taxas de penetração de EV cada vez maiores. Espera-se que em 2014 haja uma penetração de EV de 250 mil veículos e em 2020 no valor de 6,34 milhões de veículos. Um novo método de carregamento é proposto neste trabalho. Usar esta nova metodologia permite a redução da potência nas horas de ponta e deslocar esse consumo para as horas de vazio. [51]

Para casos de estudo em ilhas, referencia-se o caso de estudo da ilha Príncipe Eduard, onde se assumiu que um total de 18726 EV poderiam estar nesta ilha (sem aumento da frota, apenas com a substituição de ICEV por EV) em 2030 e com uma redução anual das emissões de CO<sub>2</sub> em 115 kton. [52]

O caso de estudo da ilha de Samsøe (Dinamarca) é muito interessante pelo facto de esta ilha ter uma produção de electricidade 100% renovável e por isso o EV poderia circular efectivamente com zero emissões, reduzindo assim o uso de combustíveis fósseis e as importações para a ilha. [53]

Realizou-se uma revisão do potencial da penetração de EV na frota de veículos rodoviários na Irlanda e avaliou-se o seu impacto no desenvolvimento, operação e uso no sistema rodoviário.

A Irlanda é considerada um local ideal para a introdução de EV devido a inúmeros motivos:

- Tem um clima ideal para as baterias;
- A população é concentrada em alguns centros urbanos, não requerendo do EV uma autonomia elevada (a distância entre os locais é reduzida);
- Tem um compromisso por parte do Governo para a electrificação dos veículos;
- Tem uma única empresa de rede de energia eléctrica, simplificando assim a instalação da infra-estrutura de carregamentos dos EV. Todos os fornecedores de electricidade podem vender através da infra-estrutura de carregamento de EV;

- Existe no momento a meta de elevados níveis de geração de energia eólica. O carregamento de EV de noite seria assim sem emissões de CO<sub>2</sub> na perspectiva *Well-to-Wheel*.

O governo irlandês estabeleceu como meta para 2020 que 10% de todos os veículos sejam eléctricos (EV ou PHEV), totalizando cerca de 250 mil veículos. [54]

Os estudos anteriores diferem na implementação de EV de região para região, existindo diversos motivos, entre os quais, o mix de produção eléctrica, a aceitação por parte do consumidor, o acesso aos postos de carregamento (modelo implementado no local para fornecer ao utilizador baterias fiáveis e energia eléctrica para carregar as baterias).

Devido às diferentes expectativas sobre a penetração de EV apenas se evidenciam as metodologias dos casos referidos para esta dissertação. [55]

## **2.5.2 Perspectiva Portuguesa**

No caso Português foram efectuados ao longo do tempo diferentes estudos sobre a implementação de EV, em seguida são referidos alguns.

Foi utilizada uma rede de distribuição típica numa área residencial em Portugal para avaliar o impacto de diferentes cenários de integração de veículos eléctricos puros e veículos híbridos *plug-in* na rede eléctrica e nas emissões de gases de efeito de estufa. Primeiro foi determinada a quantidade de veículos que podem ser acomodados de forma segura na rede. Em segundo lugar, foram avaliadas as alterações nas emissões de gases de efeito de estufa, através da aplicação de uma análise do ciclo de vida completo do veículo.

A redução da dependência de combustíveis fósseis no sector dos transportes, substituindo os veículos convencionais por EV, pode trazer grandes vantagens para as áreas urbanas, uma vez que permite reduzir as emissões de gases de efeito de estufa melhorando a qualidade do ar. No entanto, apenas as estratégias adequadas de integração serão possíveis para acomodar as penetrações em larga escala de EV. Os fluxos de energia, as perdas na rede e padrões de perfil de tensão ao longo da rede eléctrica sofrerão alterações consideráveis. Além disso, essa mudança de paradigma da mobilidade vai centralizar as emissões de gases de efeito de estufa nos locais das centrais de produção de energia eléctrica. Todos esses problemas poderão ser minimizados, por exemplo, se o carregamento dos EV ocorrer nas horas de vazio.

Para alcançar um conjunto tão alargado de metas foram usadas apenas duas abordagens para o carregamento de EV: nenhum controlo e o sistema de tarifa bi-horária. A abordagem sem controlo significa que os proprietários dos EV carregam sempre que quiserem enquanto a tarifa bi-horária deve ser supostamente suficientemente atraente para fazer com que os proprietários de EV carreguem nas horas de vazio. Ambas as abordagens são baseadas em suposições optimistas, como a adopção em frequência de carregamento constante, o que não representa o pior cenário de estudo.

Relativamente aos impactos de penetração de EV na rede é evidente que caso seja implementada a abordagem de carregamento não controlado, a quantidade de EV que será possível acomodar sem reforço da rede seja menor do que uma abordagem mais inteligente. Usando simplesmente a abordagem da tarifa bi-horária, foi possível melhorar os perfis de tensão que permite o crescimento de integração de EV de 10% a 13%, sem quaisquer investimentos de reforço da rede.

Os resultados mencionados levam à conclusão de que uma estratégia mais ousada deve ser procurada através da definição de uma abordagem de gestão activa do carregamento, possivelmente integrado com a medição inteligente e com conceitos de controlo de *micro-grid*. Desta forma, uma parcela maior de EV pode ser integrada sem a necessidade de reforço da rede.

Em relação aos impactos ambientais, os EV têm uma clara vantagem em termos de qualidade do ar local (até 77% de redução de emissões de gases de efeito de estufa). Em termos de impacto ambiental global, as emissões de CO<sub>2</sub> podem ser reduzidas até 40% durante a utilização dos EV. [56]

Um outro estudo, “Consulta Toyota para a Mobilidade” consistiu num trabalho para conhecer a visão dos portugueses no futuro da sustentabilidade da mobilidade rodoviária.

Quanto à mobilidade, e apesar dos perfis de mobilidade típicos sustentarem a viabilidade teórica de veículos com menores autonomias - a maior parte das deslocações diárias são inferiores a 50 km e as viagens longas (superiores a 100 km) são realizadas com periodicidade igual ou superior a 1 mês - detectou-se uma grande correlação entre a autonomia do veículo e a sua valorização, reforçando a tese das expectativas desajustadas: até que ponto existe uma consciencialização das necessidades reais de mobilidade e qual a racionalidade da actual matriz de critérios de selecção dos veículos?

Importa ainda considerar que este estudo foi focado essencialmente nas componentes cognitivas (crenças) e comportamentais (intenções de acção) do processo de decisão

mas é impossível negligenciar a importância da componente emocional (e irracional) no comportamento real dos consumidores, em particular no universo dos consumidores particulares.

Em suma, as observações efectuadas e análise dos resultados obtidos permitem concluir que o mercado tem espaço para a penetração das tecnologias alternativas e os consumidores portugueses estão dispostos a aceitar novos paradigmas de mobilidade. Com efeito, as principais barreiras resumem-se ao preço e à desinformação/conhecimento empírico. O desafio reside essencialmente na desmistificação de preconceitos, apostando fortemente no aumento de informação factual comunicada, em paralelo com a criação de incentivos que minimizem a diferença de preço das viaturas. [57]

No estudo "*Potencial impacts assessment of plug-in electric vehicles on the Portuguese energy market*", procurou-se quantificar a contribuição dos sectores de produção de electricidade e dos transportes em conjunto para o consumo de energia, o uso de combustíveis fósseis e emissões de gases de efeito de estufa através de diferentes cenários de penetração de EV, perfis de carregamento e mix de produção de electricidade.

O consumo de energia, o uso de combustíveis fósseis e as emissões de CO<sub>2</sub> de produção de electricidade e transportes (na frota de ligeiros de passageiros) podem ser reduzidos com a integração destes dois sectores pela electrificação do transporte. A substituição de uma grande quantidade de ICEV por EV em um país em que a energia produzida conta com mais de 50% de fontes renováveis tem um impacto ambiental positivo.

Neste trabalho, os cenários de penetração de EV e perfil de carregamento combinado com os casos extremos esperados de produção de electricidade levam a diferentes perfis de preço por hora, bem como o uso de combustíveis fósseis e as emissões associadas para carregar os EV, levando a diferentes custos de utilização de EV por km. Em simulações feitas para o ano de 2020, 0,2 milhões de EV em Portugal (um cenário realista) terá muito pouco impacto nos perfis de carga e nos preços da electricidade. Para o cenário político a meta foi de 0,7 milhões de EV, o perfil de carregamento pode ser capaz de influenciar os preços da electricidade. Na verdade, o custo para o carregamento poderia chegar aos 17 cêntimos/kWh em um carregamento no pico e apenas 5 cêntimos/kWh fora do pico. Para o cenário hipotético de 2 milhões de EV o custo poderia chegar a 20 cêntimos/kWh para um carregamento não controlado e um cenário de ano seco ou 5,6 cêntimos/kWh em carregamento controlado fora do pico e num cenário do ano chuvoso. Nessas condições extremas,

os custos de utilização dos EV variam entre 0,9 € e 3,2 € por 100 km, as emissões locais dos gases de efeito de estufa diminuem para 10% pela substituição de frota de ligeiros ICEV por EV, e são substituídas por um aumento de 8% das emissões locais nos locais de produção de electricidade ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ), para o cenário de forte penetração de EV quando fornecido por energia extra para o carregamento de EV. [58]

### 2.5.3 Ilha de São Miguel

Nesta dissertação estuda-se especificamente a maior ilha do Arquipélago dos Açores, a Ilha de São Miguel. Esta tem uma área de 759,41 km<sup>2</sup>, com 65 km de comprimento e 16 km de largura máxima, como se pode observar na Figura 2.17. É composta pelos concelhos de Lagoa, Nordeste, Ponta Delgada, Vila da Povoação, Ribeira Grande e Vila Franca do Campo. [59]



Figura 2.17 - Ilha de São Miguel [60]

Esta ilha é a mais desenvolvida e povoada, e contém recursos naturais únicos e limitados, conseqüentemente é uma das que tem maior dependência de combustíveis fósseis. Na ilha de São Miguel o consumo de derivados do petróleo tem o valor de 230 kton, e a sua distribuição pode-se observar na Figura 2.18. [61]

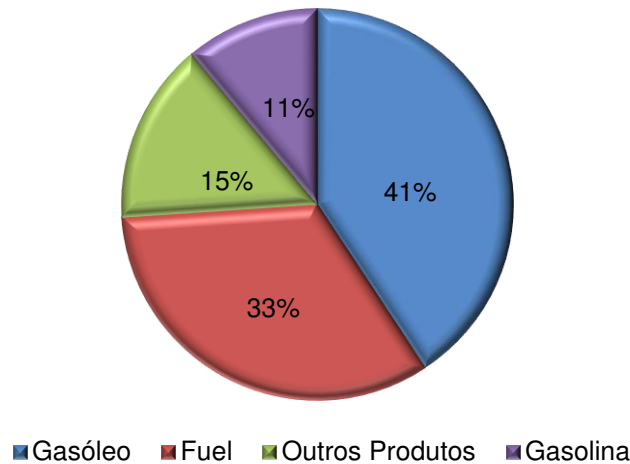


Figura 2.18 - Consumo de derivados do petróleo na Ilha de São Miguel em 2010 [61]

A maior fatia dos produtos petrolíferos é consumida na forma de gasóleo. Deste, 98% é usado nos transportes, tal como 100% da gasolina. Enquanto da fatia do fuelóleo 66% é usada na produção de electricidade, 29% na indústria e 4% em outros sectores. De todo o consumo de produtos derivados do petróleo na ilha de São Miguel 51% é usado no sector dos transportes e 23% no sector eléctrico. Consta-se assim que estes sectores são os principais responsáveis pela importação de combustíveis fósseis e emissões de CO<sub>2</sub> associadas. Devido às dimensões reduzidas da ilha, apesar de esta ser a maior ilha dos Açores, esta torna-se apropriada para o uso de EV uma vez que é expectável que a maioria das viagens diárias realizadas esteja abaixo dos 100 km, pelo que não se prevêem problemas relacionados com a autonomia deste tipo de veículo. Os EV permitem reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> no sector dos transportes se estas não forem simplesmente transportadas para o lado da produção de energia eléctrica, que serve o carregamento dos EV. Existe igualmente a oportunidade, com a penetração em massa de EV, de aumentar o consumo de energia eléctrica no vazio para o carregamento dos veículos, e assim dar margem ao aumento da capacidade instalada de energias renováveis na ilha. [61, 62, 63]



# Capítulo 3: Metodologia

*Neste capítulo é apresentada a metodologia que esteve na base da análise dos impactos energéticos, económicos e ambientais do sector eléctrico e dos transportes, e é apresentado o simulador desenvolvido.*



### 3 Metodologia

Neste capítulo, caracterizaram-se o sector eléctrico e o sector dos transportes, projectando-se também a evolução dos dois sectores, de forma a modelá-los num simulador para obter resultados sobre a energia primária consumida, o uso de combustíveis fósseis, as emissões de CO<sub>2</sub>, os custos entre outros. Um resumo dos dados relativos à caracterização destes sectores pode ser observado no Anexo A1.

#### 3.1 Sector Eléctrico

Na Ilha de São Miguel a produção de energia renovável tem aumentado ao longo dos anos, como é possível observar na Figura 3.1.

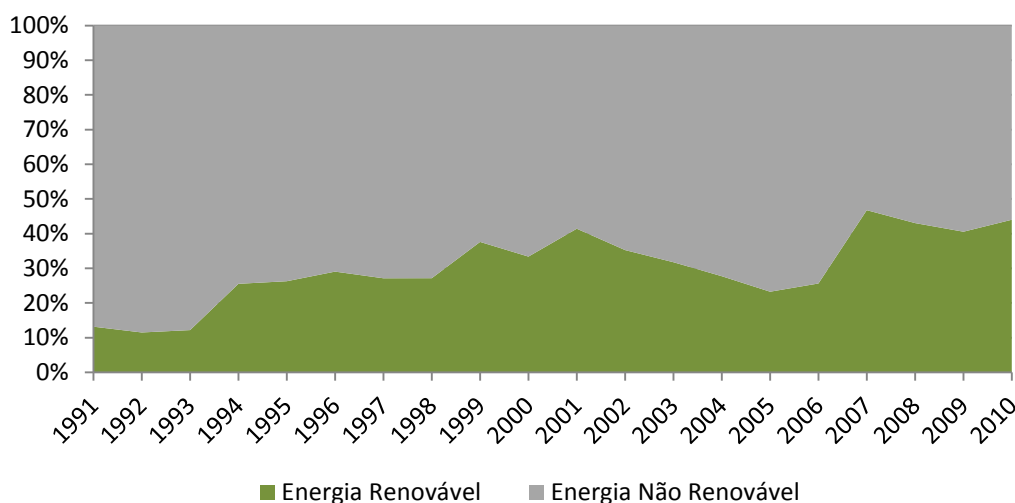


Figura 3.1 - Produção de Energia Eléctrica na Ilha de São Miguel [64, 65]

##### 3.1.1 Caracterização do Sistema Electroprodutor na Ilha de São Miguel

Nos Açores as ilhas são sistemas isolados. Por esse facto o seu mercado eléctrico é um monopólio da Electricidade dos Açores (EDA), sendo esta regulada pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE).

O sistema electroprodutor da ilha de São Miguel é constituído pela Central Térmica do Caldeirão (CTCL), funcionando a *fuel*, com uma potência de aproximadamente 98 MW, por duas centrais geotérmicas, a Central Geotérmica da Ribeira Grande (CGRG) de 16

MW e a Central Geotérmica do Pico Vermelho (CGPV) de 13 MW e por sete mini-hídricas, totalizando a potência instalada por tecnologia observada na Tabela 3.1. [66]

Tabela 3.1 - Potência instalada na Ilha de São Miguel [66]

Fonte	Potência Instalada em 2010 (MW)
Geotérmica	29,60
Hídrica	5,03
Térmica-Fuel	98,06
Total	132,694

Em 2010, as centrais geotérmicas forneceram, em média, 38% da energia total produzida na ilha de São Miguel e as hídricas aproximadamente 6%, constituindo estas duas fontes de energia a base do diagrama de carga e alimentando cerca de 44% do consumo com energia renovável; a central térmica satisfaz as pontas do mesmo diagrama, fornecendo os restantes 56%, como se observa na Figura 3.2.

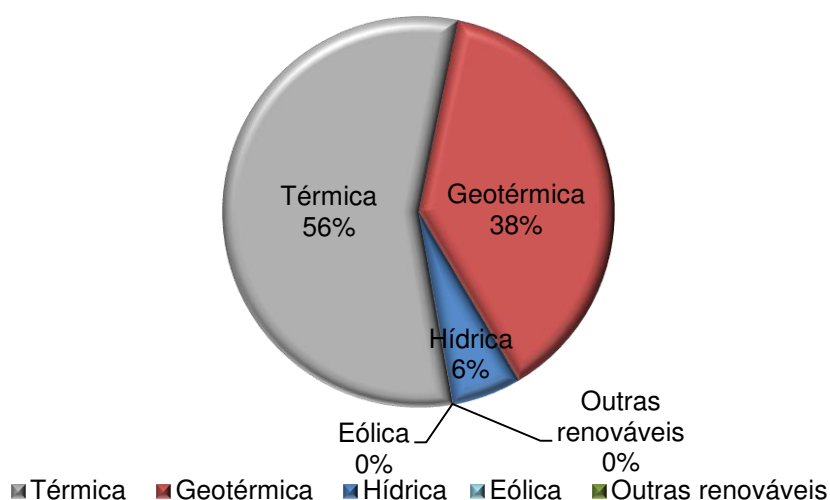


Figura 3.2- Produção de Electricidade na Ilha de São Miguel por tecnologia, 2010 [64, 65]

### 3.1.1.1 Energia Geotérmica

A energia geotérmica traduz-se no calor que existe no interior da Terra, que no seu processo de arrefecimento se dissipa em qualquer ponto da superfície terrestre. Porém, existem regiões onde a libertação deste calor é mais intensa, normalmente coincidentes com zonas activas das fronteiras das placas tectónicas do globo, como é o caso dos Açores, onde se encontra a Ilha de São Miguel. Este calor pode ser aproveitado para a produção de energia eléctrica, como acontece na CGRG, na Ilha de São Miguel, Figura 3.3. [67]



Figura 3.3 - Central Geotérmica da Ribeira Grande na Ilha de São Miguel [67]

A produção de energia a partir de recursos geotérmicos é competitiva relativamente às alternativas a partir dos combustíveis fósseis, vantagem que tem vindo a aumentar face ao aumento do preço dos produtos derivados do petróleo. Um aproveitamento geotérmico exige elevado esforço de investimento inicial, muito superior às alternativas térmicas tradicionais, pois além da construção da central é necessário executar um parque de poços de produção e de injeção. Todavia, importa realçar que os custos directos de produção são baixíssimos e que a exposição a factores externos é reduzida, o que proporciona um custo de produção dominado durante a vida útil do projecto.

O impacto ambiental de um aproveitamento geotérmico é mínimo e com uma área afectada muito reduzida, quando comparado com as alternativas tradicionais a partir da queima de combustíveis. Ao nível da operação, não são produzidas pelo processo de transformação de energia quaisquer emissões de CO<sub>2</sub> resultantes de combustão, e todo o geofluido, após as trocas de calor, é encaminhado para o reservatório através de poços de injeção criteriosamente localizados em relação aos poços de produção. [67]

Existem duas centrais geotérmicas na Ilha de São Miguel com um total de 29,6 MW de potência instalada, Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Centrais Geotérmicas na Ilha de São Miguel [66]

Central	Potência Instalada em 2010 (kW)
CGRG	16600
CGPV	13000
Total	29600

em que,

CGRG – Central Geotérmica da Ribeira Grande;

CGPV – Central Geotérmica do Pico Vermelho.

### 3.1.1.2 Energia Hídrica

A energia hídrica caracteriza-se essencialmente pelo aproveitamento de cursos de água cuja energia potencial (associada à altura da queda e ao caudal) seja possível transformar em energia mecânica através de turbinas hidráulicas e, por sua vez, em energia eléctrica através de alternadores acoplados às mesmas.

Nos Açores não existem grandes bacias hidrográficas com possibilidade de armazenar grandes quantidades de água, pelo que os aproveitamentos hidroeléctricos são centrais de fio de água, ou seja, toda a água que flui na ribeira é imediatamente aproveitada, como acontece na Central Hídrica do Canário na Ilha de São Miguel, Figura 3.4. [68]



Figura 3.4 - Central Hídrica do Canário na Ilha de São Miguel [69]

Na Ilha de São Miguel existem sete centrais mini-hídricas com um total de potência instalada de 5 MW, como se observa na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Centrais Mini-Hídricas na Ilha de São Miguel [66]

Central	Potência Instalada em 2010 (kW)
CHTN	1658
CHTB	94
CHFN	608
CHCN	400
CHFR	800
CHRP	800
CHSC	670
Total	5030

em que,

CHTN - Central Hídrica dos Túneis;

CHTB - Central Hídrica dos Tambores;

CHFN - Central Hídrica da Fábrica Nova;  
 CHCN - Central Hídrica do Canário;  
 CHFR - Central Hídrica da Foz da Ribeira;  
 CHRP - Central Hídrica da Ribeira da Praia;  
 CHSC - Central Hídrica do Salto do Cabrito.

### 3.1.1.3 Energia Térmica

Nas centrais termoeléctricas a electricidade é produzida através da queima de combustíveis fósseis, nomeadamente: carvão, fuelóleo, gasóleo e gás natural. Estes combustíveis partilham a propriedade de reagirem exotermicamente na presença de oxigénio, sendo o calor produzido na combustão (energia térmica) transformado em energia mecânica e depois em energia eléctrica.

Os combustíveis fósseis são a fonte de energia mais utilizada para a produção de electricidade a nível global. As emissões de poluentes atmosféricos, ao nível actual, têm efeitos significativos em termos de saúde pública e do equilíbrio dos ecossistemas, devido, por exemplo, ao efeito de estufa, podendo alterar significativamente o clima, tanto a nível regional como global. Os principais gases emitidos são o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), os óxidos de azoto (NO<sub>x</sub>) e o metano (CH<sub>4</sub>), juntamente com partículas em suspensão e metais pesados. [70]

Na ilha de São Miguel existe uma central a fuelóleo com dois grupos geradores com uma potência total instalada de 98 MW, como se mostra na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 - Central Térmica a Fuelóleo na Ilha de São Miguel [66]

Central	Potência Instalada em 2010 (kW)
CTCL	67280
	30784
Total	98064

em que,

CTCL – Central Termoeléctrica do Caldeirão.

Embora existam na ilha outras formas de produção de energia (hídrica, geotérmica) a CTCL assume um papel primordial no abastecimento de electricidade à ilha, sendo esta a que assegura os principais aumentos de consumo de electricidade na ilha. [70]

Além disso, é atribuída aos grupos térmicos desta central térmica a fuelóleo a função de regulação da tensão e frequência, devido à dinâmica do sistema eléctrico. Os grupos geradores instalados nas centrais geotérmicas possuem tempos de resposta mais elevados, o que impossibilita a sua utilização no cumprimento da função de controlo das duas variáveis em causa.

Assim sendo, independentemente da potência necessária para a satisfação da procura em cada momento, torna-se sempre necessário o funcionamento conjunto de grupos geotérmicos e de grupos térmicos para garantia do controlo efectivo da tensão e da frequência de todo o sistema eléctrico.

Esta imposição técnica limita a penetração da produção geotérmica disponível no sistema ao diferencial entre a procura e a potência térmica injectada.

A minimização deste constrangimento depende, assim, da redução ao mínimo possível do valor da potência térmica que é injectada em cada instante no sistema. Esta é uma limitação de vulto, que está sempre subjacente no planeamento do “mix” de produção ideal para esta ilha.

O elevado preço atingido pelos combustíveis nos mercados internacionais que, só por si, supera já o preço da energia que é adquirida pela EDA proveniente de fontes de energia alternativas, conduziu a que o plano de investimentos elaborado pela EDA no âmbito das energias renováveis antecipe muitos investimentos que, em circunstâncias normais, só seriam executados alguns anos mais tarde. [63]

## 3.1.2 Consumo de Energia Eléctrica

### 3.1.2.1 Consumo de Energia Eléctrica até 2010

A utilização de energia eléctrica ao longo dos anos tem aumentado na ilha de São Miguel, como se observa na Figura 3.5. Em 2010 o consumo atingiu o valor de 411 619 MWh.

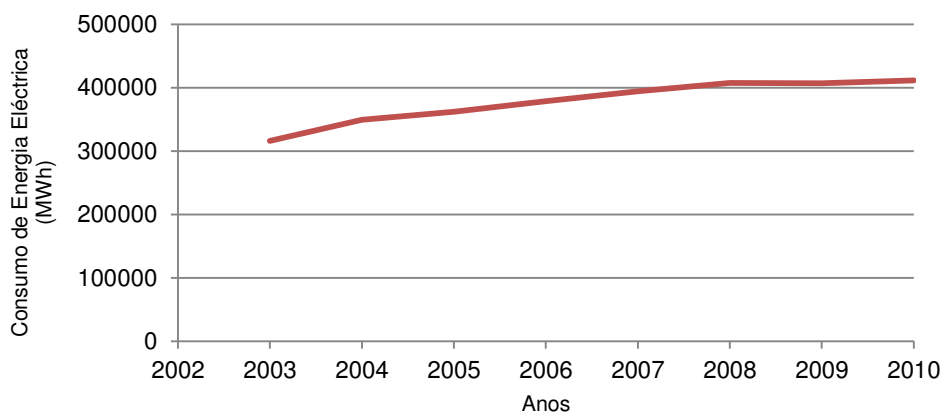


Figura 3.5 - Consumo de Energia Eléctrica, na Ilha de São Miguel [64, 71, 72]

### 3.1.2.2 Projectão do Consumo de Energia Eléctrica de 2011 a 2030 em São Miguel

Para se modelar a evolução do consumo de energia eléctrica foi utilizada a abordagem efectuada para modelar a evolução das frotas de automóveis, Capítulo 3.2.1.2. Neste caso calculou-se o Consumo de Energia *per capita* (DC, *Consumption Density*, o consumo de energia eléctrica por número de habitantes residentes em um país).

Considerou-se que o consumo de energia eléctrica na Ilha de São Miguel seria semelhante ao consumo em Portugal. Estimou-se assim o Consumo de Energia Eléctrica *per capita* em Portugal Continental até 2030, Figura 3.6 e Tabela 3.5.

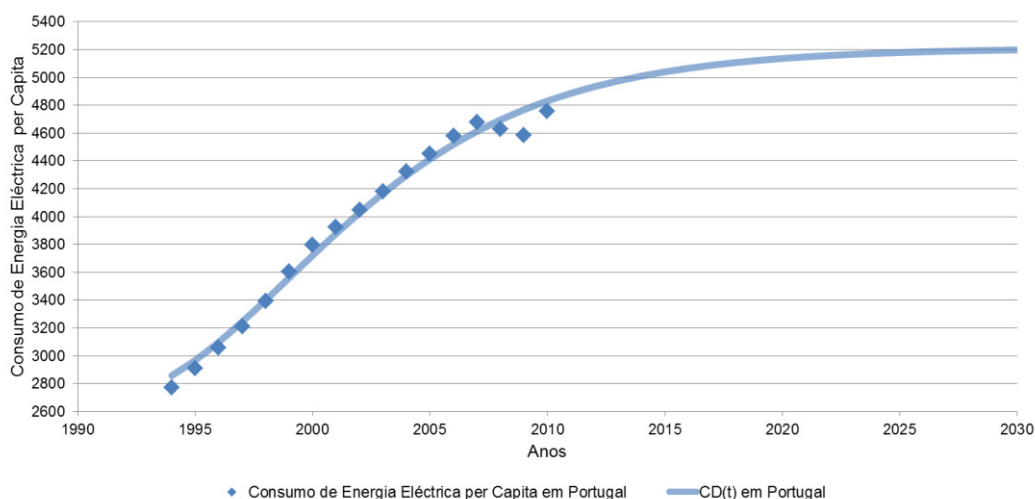


Figura 3.6 - Consumo de energia eléctrica *per capita* em Portugal Continental

Tabela 3.5 – Parâmetros da curva de Consumo de energia eléctrica *per capita* em Portugal Continental

Ponto de Saturação - S	Translação da curva no eixo y - c	Ponto de inflexão da curva no eixo x - a	Parâmetro de escala - b	R <sup>2</sup>
5212,000	2600,000	1999	0,168	0,989

Considerou-se que a evolução do consumo de energia eléctrica na Ilha de São Miguel se encontra 12 anos atrasada e que tem a mesma evolução que o consumo em Portugal Continental. A sua curva *Gompertz* é mostrada de seguida e considerada como o cenário optimista, Figura 3.7 e Tabela 3.6.

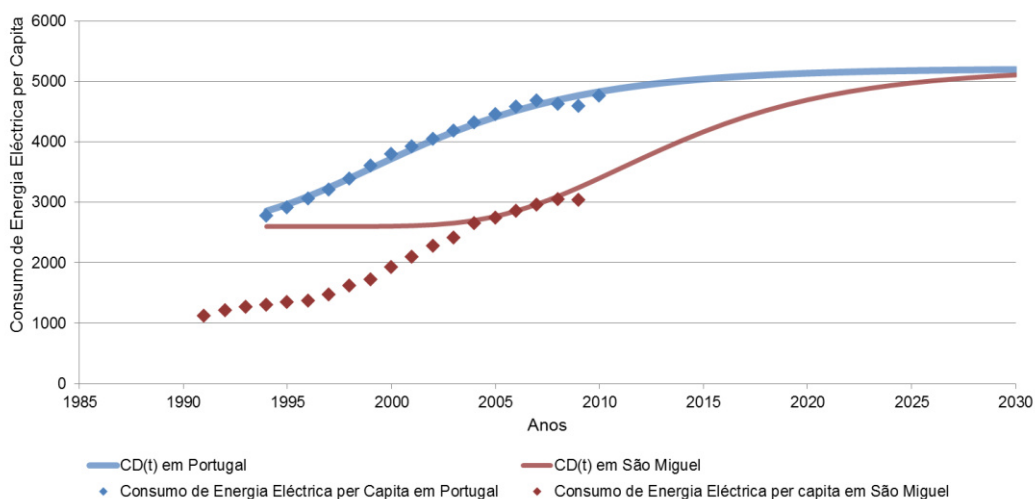


Figura 3.7 - Consumo de Energia Eléctrica *per capita* em Portugal Continental e Cenário Optimista de São Miguel

Tabela 3.6 - Parâmetros da curva de Consumo de Energia Eléctrica *per capita* em São Miguel no Cenário Optimista

Ponto de Saturação - S	Translação da curva no eixo y - c	Ponto de inflexão da curva no eixo x - a	Parâmetro de escala - b	R <sup>2</sup>
5212,000	2600,000	2006	0,168	0,989

De seguida diminui-se a taxa de crescimento da curva *Gompertz* da Figura 3.7, e obteve-se um cenário base como se mostra na Figura 3.8 e Tabela 3.7.

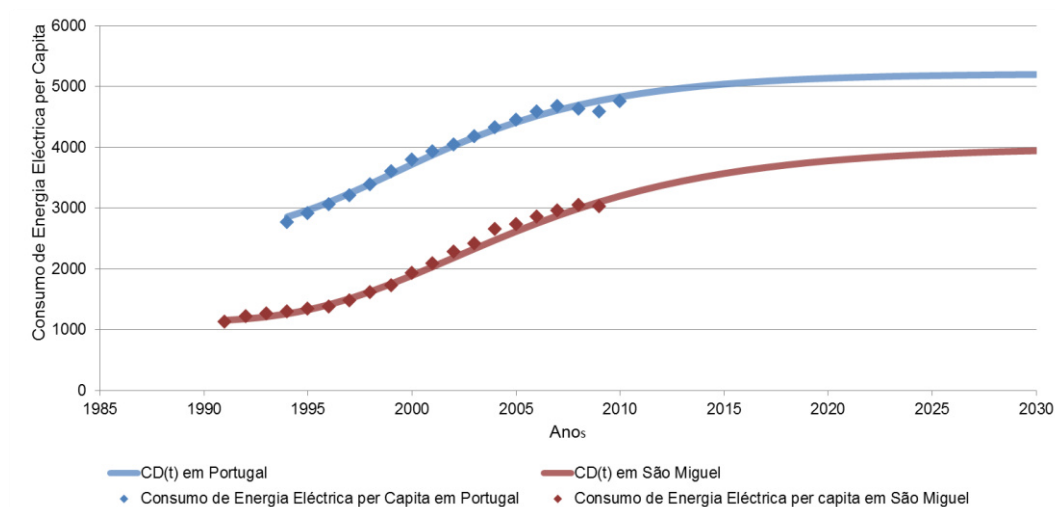


Figura 3.8 - Consumo de Energia Eléctrica *per capita* em Portugal Continental e Cenário Base de São Miguel

Tabela 3.7 - Parâmetros da curva de Consumo de Energia Eléctrica *per capita* em São Miguel no Cenário Base

Ponto de Saturação - S	Translação da curva no eixo y - c	Ponto de inflexão da curva no eixo x - a	Parâmetro de escala - b	R <sup>2</sup>
4000,000	1130,000	2002	0,140	0,989

Por fim, realizou-se um cenário pessimista do consumo de energia eléctrica *per capita* para a Ilha de São Miguel, Figura 3.9 e Tabela 3.8.

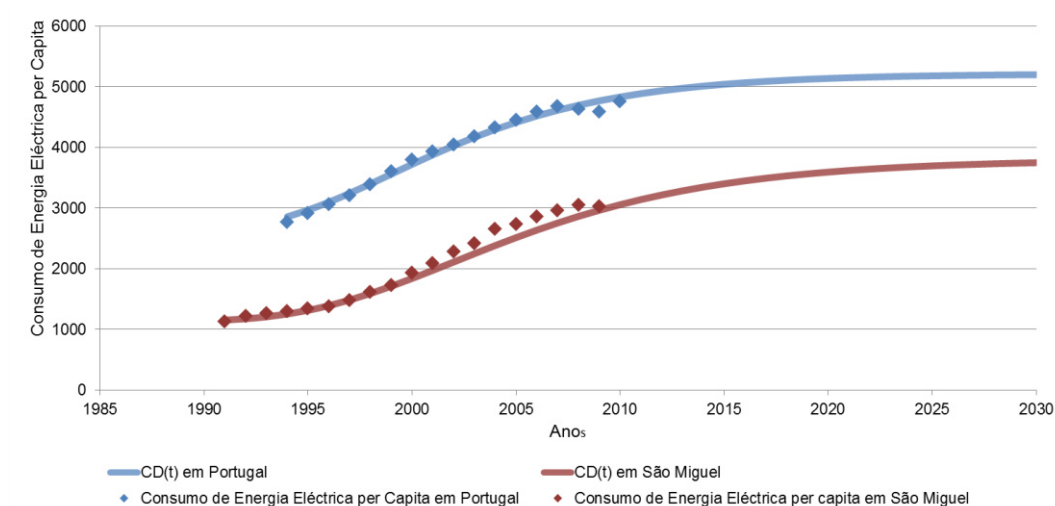


Figura 3.9 - Consumo de Energia Eléctrica *per capita* em Portugal Continental e Cenário Pessimista de São Miguel

Tabela 3.8 - Parâmetros da curva de Consumo de Energia Eléctrica *per capita* em São Miguel no Cenário Pessimista

Ponto de Saturação - S	Translação da curva no eixo y - c	Ponto de inflexão da curva no eixo x - a	Parâmetro de escala - b	R <sup>2</sup>
3800,000	1130,000	2002	0,140	0,962

Na Figura 3.10, pode-se observar a evolução das curvas do cenário optimista, base e pessimista do Consumo de Energia Eléctrica em São Miguel até 2030.

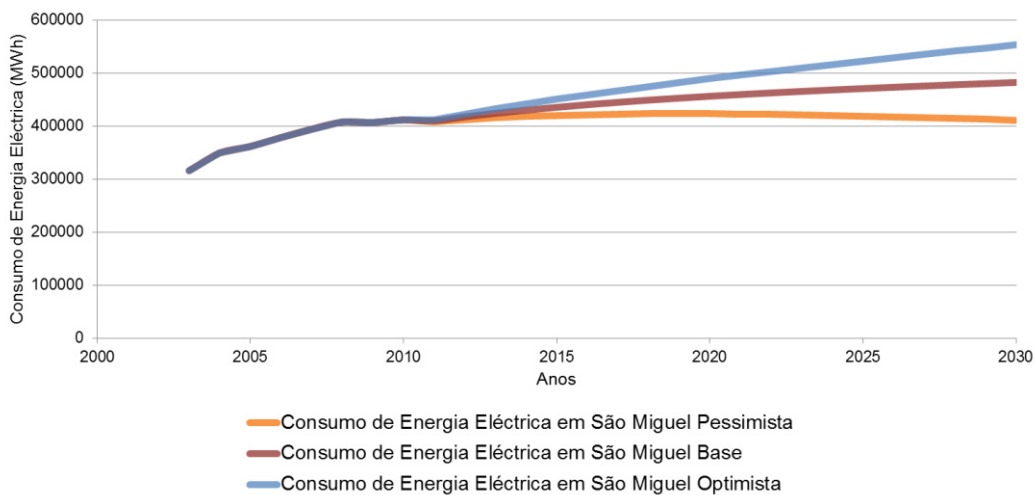


Figura 3.10 - Cenário optimista, base e pessimista do Consumo de Energia Eléctrica em São Miguel

### 3.1.3 Plano de Investimentos Previstos

Com o objectivo de aumentar a produção de energia renovável na ilha de São Miguel foram planeados investimentos em nova geração geotérmica, eólica e a valorização energética de resíduos, Tabela 3.9:

Tabela 3.9 - Plano de Investimentos na Ilha de São Miguel [73, 74, 75, 63, 1, 2, 3]

Tipo de Produção	Tipo de Investimento	Potência a Instalar (kW)	Energia Anualmente Produzida (GWh)	Entrada em Serviço
Eólica	Nova Central (1ª fase do Parque Eólico dos Graminhais)	9000	22,500	2011
Geotérmica	Saturação da CGRG	3000 <sup>4</sup>	20,000	2012
	Incremento da Capacidade da CGPV	10 000	83,220	2014
	Nova Central na zona das Caldeiras da Ribeira Grande	12 000	99,864	2013/2014
Valorização Energética de Resíduos	Central de Valorização Energética (CVE) de resíduos <sup>5</sup> a construir no futuro ECOPARQUE	10 500	78,183	2014
Eólica	Nova Central (2ª fase do Parque Eólico dos Graminhais)	5400	13,245	2020

O Parque Eólico dos Graminhais localiza-se no Concelho do Nordeste, na zona dos Graminhais, na ilha de São Miguel, como está assinalado na Figura 3.11. O parque eólico será construído numa área que abrange as freguesias da Salga, Achada e Achadinha.

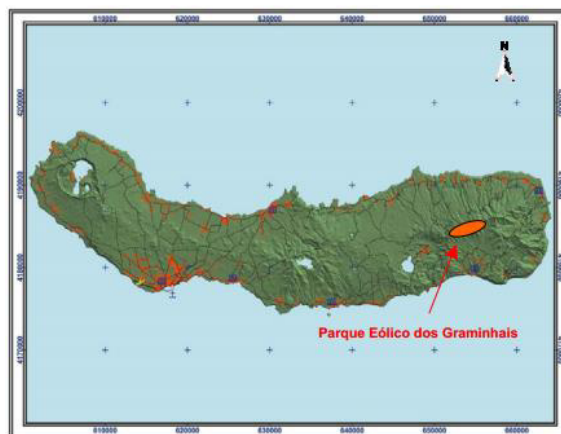


Figura 3.11 - Enquadramento Geográfico do Parque Eólico dos Graminhais na Ilha de São Miguel [3]

<sup>4</sup> A CGRG tem 16,6 MWe instalados, a funcionar com um factor de carga em 2010 de 70% o que corresponde a uma potência média de 11,5 MW<sub>e</sub>, e com o novo poço e a mesma potência instalada a produção média vai aumentar 3 MW<sub>e</sub>, aumentando assim o factor de carga para 90%. Este caso será tratado como um aumento de potência eléctrica instalada embora na realidade se trate de um aumento de potência térmica. [119]

<sup>5</sup> A Central de Valorização Energética de resíduos (Waste-to-Energy Plant) converte o lixo produzido em calor ou electricidade. Na CVE na Ilha de São Miguel a queima de lixo aquece a caldeira com água, transformando-a em vapor que roda a turbina produzindo electricidade. [123]

O parque eólico terá dezasseis aerogeradores, que serão instalados em duas fases, estando igualmente prevista a substituição dos dez aerogeradores instalados na primeira fase, quando estes atingirem os vinte anos de idade, Tabela 3.10.

A primeira fase do projecto do primeiro parque eólico de São Miguel, Figura 3.12, contou com 10 aerogeradores E-44 da marca Enercon, com uma potência instalada total de 9 MW e produzindo 22 GWh em 2011. Na segunda fase serão instalados 6 novos aerogeradores, com uma potência total de 5 MW e com uma produção anual de 13 GWh em 2020, Tabela 3.9. [3, 74, 1, 73]

Tabela 3.10 - Aerogeradores a instalar ou a substituir no Parque Eólico dos Graminhais, as fases de implementação do projecto e o respectivo ano de início [3]

Aerogeradores	Fases	Período de Implementação
1 a 10	1ª	2011
11 a 16	2ª	2020
Substituição 1 a 10	3ª	2026-2046



Figura 3.12 - Parque Eólico dos Graminhais [74]

No que respeita a investimentos em geotermia:

- Estava prevista a execução de mais um poço geotérmico, com vista à saturação da potência instalada na actual Central Geotérmica da Ribeira Grande, o que elevaria a potência disponível em mais 3 MW<sub>e</sub> em 2012. Estima-se que a mesma possibilite um incremento da produção média anual em 20 GWh. [63, 73, 1]

- Ampliação da Central Geotérmica do Pico Vermelho com o objectivo de incrementar a sua potência em cerca de 10 MW<sub>e</sub>, perfazendo um total de 20 MW<sub>e</sub> de potência instalada. Estima-se que, em 2014, esta central tenha um acréscimo da produção média anual de energia eléctrica em 83 GWh<sub>e</sub>. [63, 1, 75]

- Construção de um novo centro produtor geotérmico na zona das Caldeiras da Ribeira Grande, com uma potência expectável de 12 MW<sub>e</sub>. Estima-se que, com a entrada em

serviço desta central, que poderá ocorrer no ano de 2013/2014, a mesma tenha uma produção média anual de 99 GWh<sub>e</sub>. [63, 1, 75]

No caso da Valorização Energética de Resíduos irá ser construída a Central de Valorização Energética (CVE) de resíduos no futuro ECOPARQUE da Ilha de São Miguel, esta terá uma potência instalada de 10,5 MW<sub>e</sub>, com o consumo próprio da instalação de 2 MW<sub>e</sub>. Esta instalação, para além de se constituir como uma unidade com carácter sustentável e ambientalmente correcta no domínio da gestão integrada de resíduos, terá uma capacidade de processamento que permitirá incinerar até 138 000 ton/a de uma mistura dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), dos Resíduos Industriais Banais (RIB) provenientes do comércio e indústria (resíduos não perigosos), e da biomassa florestal.

De referir que, é também possível, nesta CVE, realizar a produção combinada de calor e energia eléctrica (Co-geração), facto que poderá ser concretizado se se verificar a existência de empresas interessadas no consumo do calor produzido pela futura Central.

A construção da CVE durará aproximadamente 30 meses. A instalação foi projectada para a uma vida útil de pelo menos 25 anos. O primeiro ano completo de operação prevê-se ser em 2014.

Para que esta CVE seja viável economicamente, ao injectar energia eléctrica em contínuo na rede eléctrica na Ilha de São Miguel, é essencial que exista uma solução que permita o armazenamento da energia eléctrica produzida em excesso em relação à procura nas horas de vazio. A solução ambiental e economicamente favorável consiste na construção de uma estação reversível de bombagem de cerca de 10 MW, a instalar na Achada das Furnas, aproveitando a Lagoa das Furnas como reservatório inferior e o elevado desnível topográfico ali existente. [2, 76, 73]

De forma a acomodar tanta energia renovável esperada com estes investimentos, estão a desenvolver-se estudos para o armazenamento de energia, provavelmente através de uma hídrica reversível, de maneira a deslocar uma parte do consumo para períodos de produção de energia renovável excedentária. Será um investimento elevado, mas absolutamente necessário para aumentar a penetração de energia renovável na Ilha de São Miguel. [73]

### 3.1.4 Factores Característicos das Centrais

#### 3.1.4.1 Factores Característicos das Centrais Existentes

##### 3.1.4.1.1 Factor de Carga das Centrais Geotérmicas e das Hídricas

O factor de carga é a relação entre a potência média e a potência instalada:

$$fc = \frac{\frac{E_a}{h_{aj}}}{P_i} \quad (3.1)$$

em que,

$fc$  – Factor de Carga;

$E_a$  – Energia anualmente produzida (MWh);

$h_{aj}$  – Número de horas no ano j (h);

$P_i$  – Potência Instalada (MW).

O factor de carga total das centrais geotérmicas e das hídricas existentes foi determinado através de dados reais do diagrama de carga da Ilha de São Miguel no ano de 2010, como se mostra de seguida: [77]

$$fc_{Geotérmica} = \frac{\frac{E_a}{8760}}{P_i} = \frac{19,5}{29,6} = 0,66 \Leftrightarrow fc_{Geotérmica} = 66\% \quad (3.2)$$

em que,

$fc_{Geotérmica}$  – Factor de carga das centrais geotérmicas existentes na ilha de São Miguel no ano de 2010.

$$fc_{Hídrica} = \frac{2,25}{5,03} = 0,45 \Leftrightarrow fc_{Hídrica} = 45\% \quad (3.3)$$

em que,

$fc_{Hídrica}$  – Factor de carga das centrais hídricas existentes na ilha de São Miguel no ano de 2010.

##### 3.1.4.1.2 Rendimento da Central a Fuel

O rendimento da central a fuelóleo da Ilha de São Miguel é dado por:

$$E_e = E_t \cdot \eta_{t-e} \xleftrightarrow{E_t = PCI \cdot m_c} E_e = PCI \cdot m_c \cdot \eta_{t-e} \Leftrightarrow \eta_{t-e} = \frac{E_e}{PCI \cdot m_c} \quad (3.4)$$

em que,

$E_e$  – Energia Eléctrica Produzida (MWh<sub>e</sub>);

$E_t$  – Energia Térmica Consumida (MWh<sub>t</sub>);

$PCI$  – Poder Calorífico Inferior do Combustível (MWh<sub>t</sub>/ton);

$m_c$  – Massa do combustível consumido (ton);

$\eta_{t-e}$  – Rendimento da conversão de energia térmica para energia eléctrica (MWh<sub>e</sub>/MWh<sub>t</sub>).

Reuniram-se os dados para o cálculo do rendimento:

- Para o efeito foram utilizados os dados da central de Setúbal que seriam semelhantes à central a fuelóleo da Ilha de São Miguel, utilizou-se assim o valor da energia eléctrica produzida da referida central: [78]

$$E_e = 960\,536\text{ MWh}_e \quad (3.5)$$

- O poder calorífico inferior do fuelóleo foi determinado: [79]

$$\begin{aligned} PCI_{\text{Fuelóleo}} &= 41,2\text{MJ/kg} = \frac{41,2}{3600}\text{ MWh}_t/\text{kg} = 0,011452\text{MWh}_t/\text{kg} = \\ &= 0,011452 \cdot 1000\text{MWh}_t/\text{ton} = 11,452\text{MWh}_t/\text{ton} \end{aligned} \quad (3.6)$$

-E foi considerada a seguinte massa de combustível consumida: [78]

$$m_c = 238\,440\text{ ton} \quad (3.7)$$

Obteve-se assim o rendimento da central a *fuel* na Ilha de São Miguel:

$$\begin{aligned} \eta_{t-e} &= \frac{E_e}{PCI \cdot m_c} = \frac{960\,536}{11,452 \cdot 238\,440} = 0,352 \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow \eta_{\text{central a fuelóleo}} = 35\% \end{aligned} \quad (3.8)$$

em que,

$\eta_{\text{central a fuelóleo}}$  – Rendimento da Central a *Fuel* na Ilha de São Miguel.

### 3.1.4.2 Factores Característicos das Centrais Previstas

#### 3.1.4.2.1 Factor de Carga da Nova Geotérmica e da Eólica

Para as novas centrais geotérmicas, bem como para o parque eólico, foi calculado um novo factor de carga, Tabela 3.9. O factor de carga da nova potência geotérmica é dado por: [1]

$$\begin{aligned} f^C_{\text{NovaGeotérmica}} &= \frac{20\,000 + 83\,220 + 99\,864}{(3 + 10 + 12) \cdot 8760} = 0,93 \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow f^C_{\text{NovaGeotérmica}} = 93\% \end{aligned} \quad (3.9)$$

em que,

$f_{c_{NovaGeotérmica}}$  – Factor de carga das novas centrais geotérmicas previstas na ilha de São Miguel a partir do ano de 2011.

Em relação ao factor de carga do parque eólico, este é:

$$f_{c_{Eólica}} = \frac{22\,500}{9 \cdot 8760} = 0,28 \Leftrightarrow f_{c_{Eólica}} = 28\% \quad (3.10)$$

$f_{c_{Eólica}}$  – Factor de carga do parque eólico previsto na ilha de São Miguel a partir do ano de 2011.

### 3.1.4.2.2 Factor de Carga da Central de Valorização Energética

Tabela 3.11 - Central de Valorização Energética na Ilha de São Miguel [2]

Potência térmica instalada (MW <sub>t</sub> )	42,0
Potência eléctrica instalada (MW <sub>e</sub> )	10,5
Consumo próprio da instalação (MW <sub>e</sub> )	2,0
Disponibilidade	85-91% (2 paragens programadas por ano)

Pelo estudo efectuado sobre a central de valorização energética, concluiu-se que 8,5 MW<sub>e</sub> dos 10,5 MW<sub>e</sub> existentes de potência instalada serão injectados na rede eléctrica, além desta central ter uma disponibilidade de 85-91%, conseguiu-se determinar o “factor de carga” (proporção entre a potência eléctrica injectada na rede e a potência eléctrica instalada) da central de valorização energética é, Tabela 3.11: [2]

$$f_{c_{CVE}} = \frac{P_{injectada}}{P_i} \cdot Disp_{CVE} = \frac{8,5}{10,5} \cdot 0,88 = 0,71 = 71\% \quad (3.11)$$

em que,

$f_{c_{CVE}}$  – Factor de carga da central de valorização energética prevista na ilha de São Miguel;

$P_{injectada}$  – Potência instalada da central de valorização energética que será injectada na rede eléctrica (MW);

$P_i$  – Potência Instalada (MW);

$Disp_{CVE}$  – Disponibilidade da central de valorização energética.

### 3.1.4.2.3 Rendimento da Bombagem

Considerou-se que o rendimento da bombagem é 80%. [80, 81]

### 3.1.4.3 Resumo dos Factores Característicos das Centrais

Em resumo pode-se observar na Figura 3.13 os factores característicos das centrais que foram tidos em conta neste trabalho.

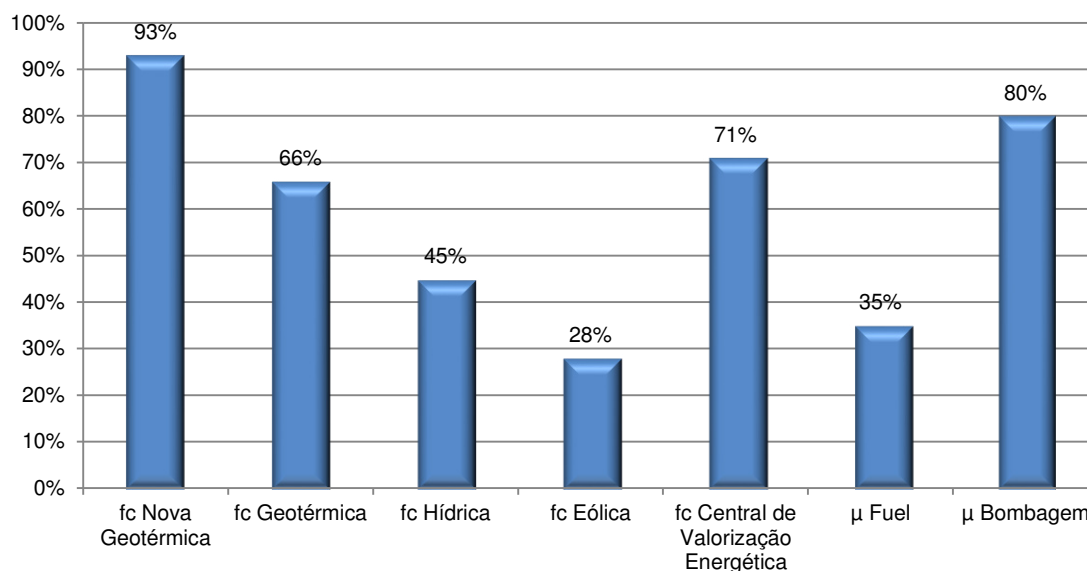


Figura 3.13 - Factores Característicos das Centrais

### 3.1.5 Caracterização do Perfil de Produção

#### 3.1.5.1 Perfil da Produção de Energia Eólica na Ilha de São Miguel

De forma a determinar o perfil de produção de energia eólica na Ilha de São Miguel, foi considerado que o perfil de produção de energia eólica na Ilha de São Miguel seria semelhante ao perfil de produção em Portugal Continental. Foi utilizado o perfil médio de produção de energia eólica em Portugal Continental verificado no ano de 2010, como se mostra na Figura 3.14 e o Factor de Carga da Eólica já determinado.

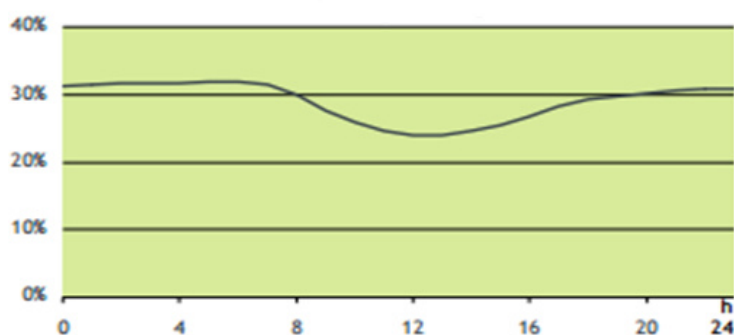


Figura 3.14 - Perfil Médio de Produção de Energia Eólica em Portugal Continental em 2010 [82]

Utilizou-se uma distribuição normal para modelar a depressão no perfil de produção da energia eólica na Ilha de São Miguel: [83, 84]

$$N(h) = \frac{1}{\sqrt{(2 \cdot \Pi \cdot \sigma^2)}} \cdot e^{-\frac{(h-\mu)^2}{2 \cdot \sigma^2}} \quad (3.12)$$

em que,

$N(h)$  - Distribuição Normal;

$\mu$  - Média;

$\sigma$  - Desvio Padrão;

$h$  - Hora.

A média  $\mu$  refere-se ao centro da distribuição e o desvio padrão  $\sigma$  ao espalhamento (ou achatamento) da curva. [84]

A expressão  $w(h)$  traduz o perfil diário da produção de energia eólica na Ilha de São Miguel, como se mostra na Figura 3.15:

$$w(h) = (1 - N(h)) \cdot \frac{f_{C_{Eólica}}}{1 - N(h)} \cdot x = \left(1 - \frac{1}{\sqrt{(2 \cdot \Pi \cdot \sigma^2)}} \cdot e^{-\frac{(h-\mu)^2}{2 \cdot \sigma^2}}\right) \cdot \frac{f_{C_{Eólica}}}{1 - \frac{1}{\sqrt{(2 \cdot \Pi \cdot \sigma^2)}} \cdot e^{-\frac{(h-\mu)^2}{2 \cdot \sigma^2}}} \cdot x; \quad (3.13)$$

$$\mu = 12 \wedge \sigma = 2 \wedge 0,995 \leq x \leq 1,005$$

em que,

$w(h)$  - Perfil diário da produção de energia eólica na Ilha de São Miguel;

$x$  - Factor de aleatoriedade.

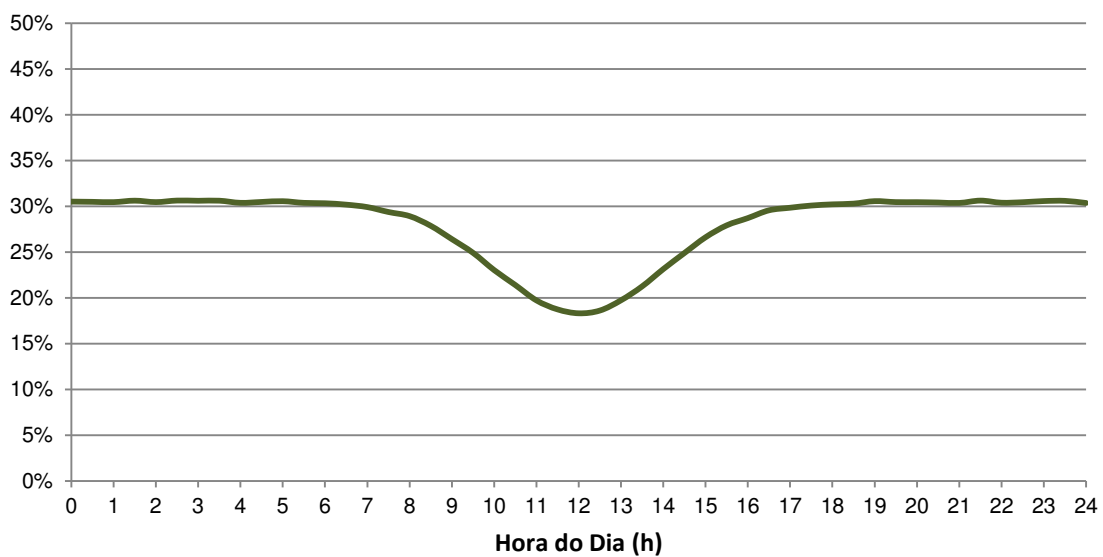


Figura 3.15 - Perfil de Produção da Energia Eólica na Ilha de São Miguel

### 3.1.5.2 Armazenamento

Foi considerada a utilização de um sistema de armazenamento de modo a permitir a simulação de diversos cenários em que é possível existir demasiada potência instalada para o consumo da ilha. Para o efeito foi assumido que esse armazenamento seria providenciado por uma hídrica reversível e são calculados os parâmetros mínimos para o armazenamento satisfazer as necessidades:

- Potência de armazenamento:

$$B_i = -\text{Min}(C_i + EV_i - G_i - E_i - H_i - NG_i - NE_i - CVE_i; 0); \forall i \in T \quad (3.14)$$

em que,

- $B_i$  – Potência de armazenamento na meia hora  $i$  (MW);
- $C_i$  – Potência do diagrama de carga na meia hora  $i$  (MW);
- $EV_i$  – Consumo dos EV na meia hora  $i$  (MW);
- $G_i$  – Potência das centrais geotérmicas na meia hora  $i$  (MW);
- $E_i$  – Potência das centrais eólicas na meia hora  $i$  (MW);
- $H_i$  – Potência das centrais hídricas na meia hora  $i$  (MW);
- $NG_i$  – Potência das novas centrais geotérmicas na meia hora  $i$  (MW);
- $NE_i$  – Potência das novas centrais eólicas na meia hora  $i$  (MW);
- $CVE_i$  – Potência da central de valorização energética na meia hora  $i$  (MW);
- $T$  – Conjunto das meias-horas  $i$  do dia;
- $i$  – Meia hora do dia.

- Energia armazenada:

$$E_{armazenada} = \frac{\sum_{i=1}^{48} B_i \cdot \mu_a}{T_i} \quad (3.15)$$

em que,

- $E_{armazenada}$  – Energia armazenada (MWh);
- $\mu_a$  – Eficiência do meio de armazenamento;
- $T_i$  – Período de tempo da meia hora  $i$ .

- Descarga:

$$C_{od} = \begin{cases} C_{od\ 1} = maior(C; 1) \\ C_{od\ 2} = maior(C; 2) \\ \dots \\ C_{od\ i} = maior(C; i) \\ \dots \\ C_{od\ 47} = maior(C; 47) \\ C_{od\ 48} = maior(C; 48) \end{cases} \quad (3.16)$$

em que,

$C_{od}$  – Diagrama de carga ordenado de forma decrescente;

$maior(m; p)$  – Função que devolve o valor da posição  $p$  de uma matriz  $m$  ordenada de forma decrescente.

$$D_i = \begin{cases} C_{odi} - C_{odi+1}; \forall i \in T: (C_{odi} - C_{odi+1}) \cdot \frac{i}{T_i} \leq E_{auxi} \wedge i \neq 48 \\ \frac{E_{auxi}}{i \cdot T_i}; \forall i \in T: (C_{odi} - C_{odi+1}) \cdot i > E_{auxi} \wedge i \neq 48 \\ 0; i = 48 \end{cases} \quad (3.17)$$

em que,

$D_i$  - Potência de descarga na meia hora  $i$  (MW);

$E_{auxi}$  – Energia disponível na matriz auxiliar para distribuição da energia armazenada na meia hora  $i$ .

$$E_{auxi} = \begin{cases} E_{armazenada}; i = 1 \\ E_{auxi-1} - D_{i-1} \cdot i \cdot T_i; \forall i \in T: i \neq 1 \end{cases} \quad (3.18)$$

- Excesso de produção:

O excesso de produção é dado pela energia armazenada que não foi possível injectar no diagrama de carga afectada da eficiência de armazenamento.

$$E_{exc} = \frac{E_{aux48}}{\mu_a} \quad (3.19)$$

em que,

$E_{exc}$  – Energia Excedentária (MWh).

- Potência mínima de armazenamento:

$$P_{amin} = \max(B_i; D_i) \quad (3.20)$$

em que,

$P_{amin}$  – Potência mínima de armazenamento (MW).

- Capacidade mínima de armazenamento

É dada pela energia armazenada:

$$E_{armazenada\ min} = E_{armazenada} \quad (3.21)$$

em que,

$E_{armazenada\ min}$  – Capacidade mínima de armazenamento (MWh).

### 3.1.6 Emissões Específicas no Sector Eléctrico na Ilha de São Miguel

#### 3.1.6.1 Emissões Específicas da Central a Fuel

Obeve-se as emissões específicas em g/kWh da Ilha de São Miguel para o ano de 2010, Figura 3.16.

Emissões por ilha	CO <sub>2</sub> (g/kWh) *	SO <sub>2</sub> (g/kWh) **	NO <sub>x</sub> (g/kWh) **
Santa Maria	692,6	0,36	9,84
São Miguel	630,7	8,01	3,81
Terceira	671,7	7,37	14,98
Graciosa	742,4	0,86	13,86
São Jorge	681,3	1,31	16,54
Pico	655,3	8,61	14,36
Faial	655,6	7,62	14,40
Flores	850,4	0,66	8,48
Corvo	873,8	0,28	6,27

\* Periodicidade mensal (Maio 2010)

\*\* Periodicidade semestral

Figura 3.16 – Emissões Específicas em g/kWh na Ilha de São Miguel para o ano de 2010 [85]

As emissões específicas da Central a *Fuel* na Ilha de São Miguel são as que se observam na Figura 3.17.

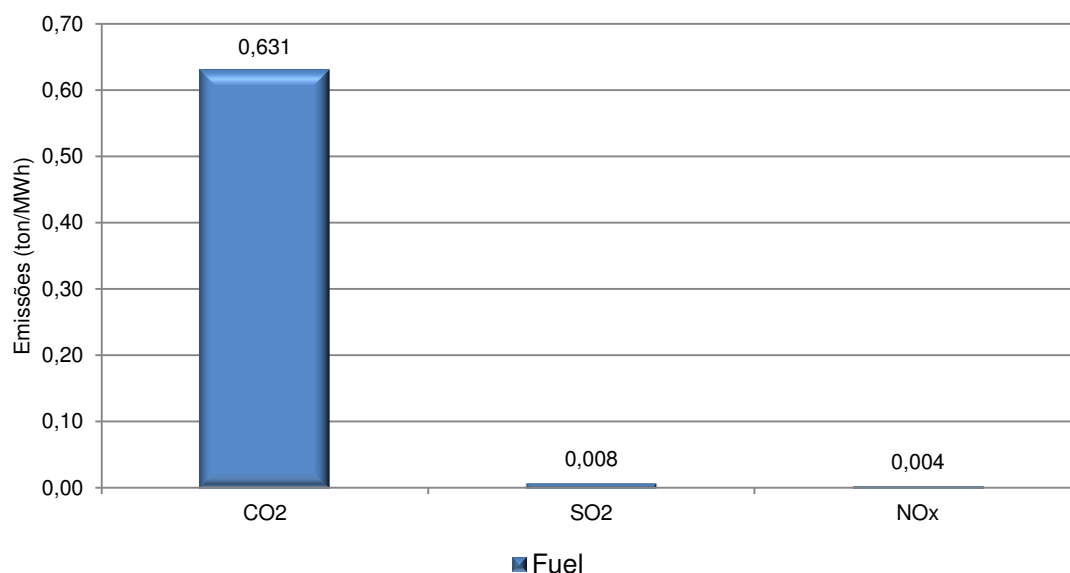


Figura 3.17 - Emissões da Central a *Fuel* na Ilha de São Miguel

### 3.1.6.2 Emissões Específicas da Central de Valorização Energética

No caso das emissões específicas da central de valorização energética elaborou-se o seguinte cálculo: [76, 2]

- Factor de Emissão de CO<sub>2</sub> na Ilha de São Miguel:

$$FE_{CO_2} = \frac{E_{CO_2 \text{ equiv}}}{E_a} = \frac{41\,699 + 115 + 3343}{78\,183} = 0,58 \text{ ton/MWh} \quad (3.22)$$

em que,

$FE_{CO_2}$  – Factor de Emissão de CO<sub>2</sub> (ton/MWh);

$E_{CO_2 \text{ equiv}}$  – Emissões de CO<sub>2</sub> equivalente (ton/a);

$E_a$  – Energia anualmente produzida (MWh).

As emissões específicas da Central de Valorização Energética na Ilha de São Miguel são as que se observam na Figura 3.18.

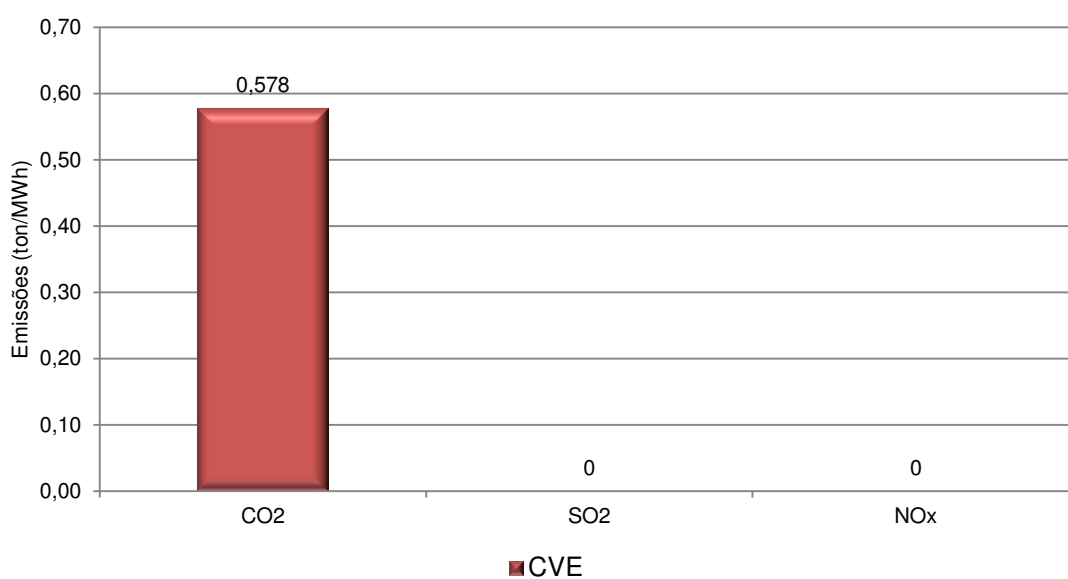


Figura 3.18 - Emissões Específicas da Central de Valorização Energética

### 3.1.7 Custos da Energia Eléctrica em São Miguel

Determinou-se o custo unitário por tecnologia na Ilha de São Miguel.

#### 3.1.7.1 Custo Unitário da Central Térmica

##### 3.1.7.1.1 Custo Unitário da Central Térmica a Fuelóleo em 2010

O custo unitário da central a fuelóleo é definido pela seguinte expressão: [86]

$$C_{comb} = \frac{F}{PCI \cdot \eta} \quad (3.23)$$

em que,

$C_{comb}$  – Custo Unitário do Combustível (€/MWh<sub>e</sub>);

$F$  – Custo de Combustível (€/kg);

$PCI$  – Poder Calorífico Inferior (MWh<sub>t</sub>/kg);

$\eta$  – Rendimento da Central (%).

Com a pesquisa efectuada, determinou-se que a expressão anterior só seria aplicada do ano de 2006 a 2010 na Ilha de São Miguel, onde o valor do custo de combustível ( $F$ ) já está determinado. A partir do ano de 2011 o Custo Unitário do Fuelóleo ( $C_{Fuelóleo}$ ) foi indexado ao Preço do Petróleo ( $P_{Petróleo}$ ).

Reuniram-se os dados para o cálculo do custo unitário da central a *fuel* em 2010: [87, 79]

$$- F_{2010} = 488,9 \text{ €/ton} = 0,49 \text{ €/kg} \quad (3.24)$$

em que,

$F_{2010}$  - Custo do Fuelóleo no ano de 2010 (€/kg).

$$\begin{aligned} - PCI_{Fuelóleo} &= 41,2 \text{ MJ/kg} = 41,2 \cdot 10^6 \cdot 2,3901 \cdot 10^{-4} \text{ kcal/kg} = \\ &= 9847 \text{ kcal/kg} = 9847 \cdot 1,163 \cdot 10^{-6} \text{ MWh}_t/\text{kg} = \\ &= 0,011452 \text{ MWh}_t/\text{kg} \end{aligned} \quad (3.25)$$

$$- \eta_{central a fuelóleo} = 35\% \quad (3.26)$$

Com os dados reunidos do  $F_{2010}$ ,  $PCI_{Fuelóleo}$  e o  $\eta_{central a fuelóleo}$  obtém-se o custo unitário do fuelóleo:

$$C_{Fuelóleo} = \frac{F}{PCI \cdot \eta} = \frac{0,49}{0,011452 \cdot 0,35} = 122 \text{ €/MWh}_e \quad (3.27)$$

em que,

$C_{Fuel\acute{o}leo}$  - Custo Unitário do Fuelóleo (€/MWh<sub>e</sub>).

Na Tabela 3.12 apresenta-se um resumo dos cálculos efectuados do ano de 2006 a 2010 para obter o custo unitário do fuelóleo:

Tabela 3.12 - Resumo dos Cálculos Efectuados do ano de 2006 a 2010 para obtenção do Custo Unitário do Fuelóleo [88, 89, 87]

Ano	F <sub>Fuelóleo</sub> (€/ton)	F <sub>Fuelóleo</sub> (€/kg)	PCI <sub>Fuelóleo</sub> (MWh/kg)	η <sub>central a fuelóleo</sub> (%)	C <sub>Fuelóleo</sub> (€/MWh <sub>e</sub> )
2006	351,8	0,35	0,011452	35	88
2007	337,1	0,34			84
2008	295,8	0,30			74
2009	491,4	0,49			123
2010	488,87	0,49			122

### 3.1.7.1.2 Custo Unitário da Central Térmica a Fuelóleo a partir de 2011

Para a projecção a partir de 2011 do custo unitário do fuelóleo ( $C_{Fuel\acute{o}leo}$ ) partiu-se dos valores da Tabela 3.12 de 2006 até 2010 do  $C_{Fuel\acute{o}leo}$  e do  $P_{Petr\acute{o}leo}$  da Figura 3.19, de forma a obter um valor de indexação do fuelóleo ao petróleo:

$$- Ajuste_{2006 a 2010} = \frac{C_{Fuel\acute{o}leo_{2006 a 2010}}}{P_{Petr\acute{o}leo_{2006 a 2010}}} \quad (3.28)$$

$$- VI_{FP} = \overline{Ajuste_{2006 a 2010}} \quad (3.29)$$

em que,

$C_{Fuel\acute{o}leo_{2006 a 2010}}$  – Custo Unitário do Fuelóleo de 2006 a 2010 (€/MWh<sub>e</sub>);

$P_{Petr\acute{o}leo_{2006 a 2010}}$  – Preço do Petróleo de 2006 a 2010 (US\$/bbl);

$VI_{FP}$  – Valor de Indexação do Fuelóleo ao Petróleo (€.US\$/MWh<sub>e</sub>.bbl);

$\overline{Ajuste_{2006 a 2010}}$  – Média dos valores do Ajuste de 2006 a 2010 (€.US\$/MWh<sub>e</sub>.bbl).

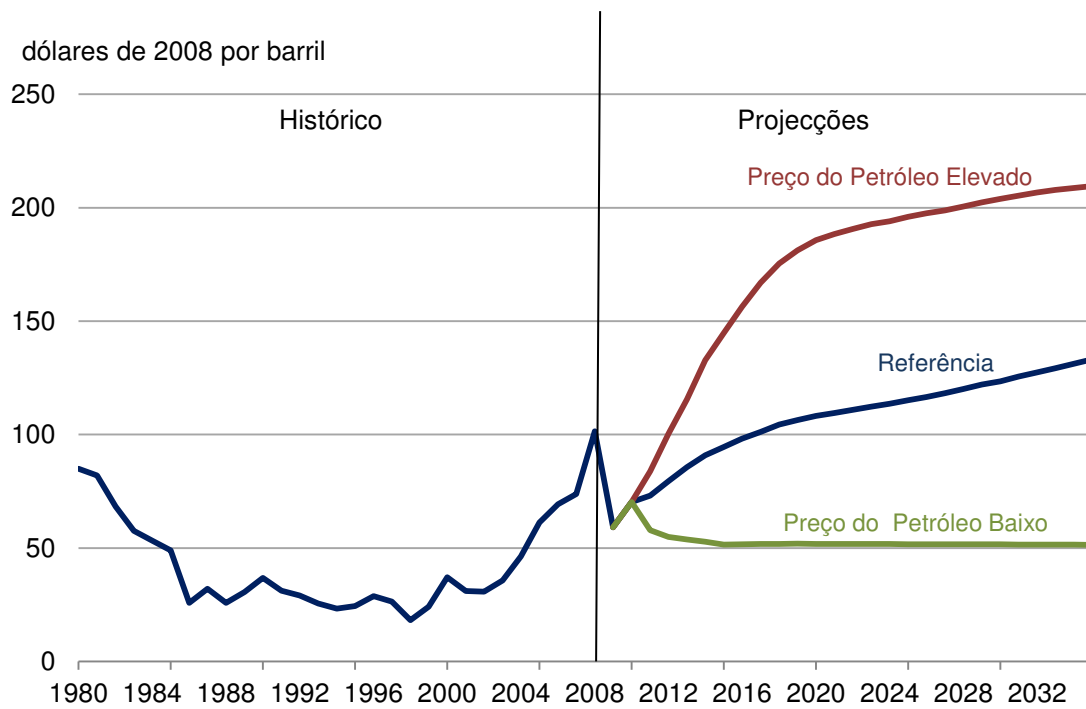


Figura 3.19 - Preços médios anuais do petróleo no mundo em três casos, 2005-2035 [90]

Obeve-se assim o custo do fuelóleo de 2011 a 2030, Tabela 3.13:

$$C_{Fuel\acute{o}leo_{2011\ a\ 2030}} = VI_{FP} \cdot P_{Petr\acute{o}leo_{2011\ a\ 2030}} \quad (3.30)$$

em que,

$C_{Fuel\acute{o}leo_{2011\ a\ 2030}}$  – Custo Unitário do Fuelóleo de 2011 a 2030 (€/MWh<sub>e</sub>);

$VI_{FP}$  – Valor de Indexação do Fuelóleo ao Petróleo (€.US\$/MWh<sub>e</sub>.bbl);

$P_{Petr\acute{o}leo_{2011\ a\ 2030}}$  – Preço do Petróleo de 2011 a 2030 (US\$/bbl).

Tabela 3.13 - Resumo dos Cálculos Efectuados do ano de 2011 a 2030 para obtenção do Custo Unitário do Fuel [90]

Ano	C <sub>Fuelóleo</sub> (€/MWh <sub>e</sub> )	P <sub>Petróleo</sub> (US\$/bbl)	Ajuste	P <sub>Petróleo</sub> (US\$/bbl)	C <sub>Fuelóleo</sub> (€/MWh <sub>e</sub> )
2006	88	69,27	1,267		
2007	84	73,89	1,138		
2008	74	101,45	0,727		
2009	123	59,21	2,071		
2010	122	70,3	1,735		
2011				73,06	101
2012				79,41	110
2013				85,74	119
2014				90,91	126
2015				94,52	131
2016				98,23	136
2017				101,23	140
2018				104,41	145
2019				106,47	148
2020				108,28	150
2021				109,52	152
2022				110,92	154
2023				112,32	156
2024				113,63	158
2025				115,09	160
2026				116,61	162
2027				118,32	164
2028				120,13	167
2029				122,04	169
2030				123,5	171
VI <sub>FP</sub>			1,388		

### 3.1.7.2 Custo Unitário Médio para as Energias Renováveis

O custo unitário médio obtém-se através da soma dos custos (de investimento, dos encargos de operação e manutenção e encargos com combustível) pela energia anualmente produzida, como se define pela expressão seguinte:

$$C_{um} = \frac{C_I + C_{om} + C_c}{E_a} \quad (3.31)$$

$C_{um}$  – Custo unitário médio (€/kWh);

$C_I$  – Custo anual do investimento (*Annualised Cost*) (€);

$C_{om}$  – Custo anual dos encargos de operação e manutenção (€);

$C_c$  – Custo anual dos encargos de combustível (€);

$E_a$  – Energia anualmente produzida (kWh).

#### 3.1.7.2.1 Custos

Os custos dividem-se em custos de investimento e custos de exploração.

##### 3.1.7.2.1.1 Custo Anual do Investimento

Considerou-se que o investimento era realizado totalmente no ano zero, em seguida demonstra-se a anuidade correspondente a esse investimento distribuído ao longo do tempo de vida útil do projecto:

$$C_I = \frac{I_t}{k_a} \quad (3.32)$$

em que,

$I_t$  – Investimento total (€);

$k_a$  – Factor de anuidade, é um factor que permite calcular a soma de fluxos de rendimentos constantes que se obtêm com a soma dos primeiros termos da série geométrica de razão ( $PR$ ). [91, 92]

O investimento total pode ser igual ao investimento unitário ( $I_{01}$ ) em €/kW por potência instalada, como se exemplifica em seguida:

$$I_t = I_{01} \cdot P_i \quad (3.33)$$

em que,

$I_{01}$  – Investimento unitário (€/kW);

$P_i$  – Potência instalada (kW).

Define-se de seguida o  $f$  (taxa de actualização) e o  $k_a$  (factor de anuidade):

$$- PR = \frac{1}{1+f} \Leftrightarrow f = \frac{1}{PR} - 1 \quad (3.34)$$

$$\begin{aligned} - k_a &= \sum_{j=1}^n \frac{1}{(1+f)^j} = \frac{1}{(1+f)} + \frac{1}{(1+f)^2} + \dots + \frac{1}{(1+f)^n} = \\ &= \frac{(1+f)^n - 1}{f \cdot (1+f)^n} = \frac{(1+f)^n}{f \cdot (1+f)^n} - \frac{1}{f \cdot (1+f)^n} = \frac{1}{f} - \frac{1}{f \cdot (1+f)^n} \end{aligned} \quad (3.35)$$

em que,

$PR$  – Série Geométrica de Razão (*Progress Ratio*) é um valor representativo para cada tecnologia renovável que desce os custos de investimentos específicos das mesmas; [91, 93]

$\frac{1}{1+f}$  – Factor de actualização;

$f$  – Taxa de actualização;

$n$  – Tempo de vida útil da central (a). [94, 95, 96]

### 3.1.7.2.1.2 Custo de Exploração

Considerou-se neste caso que os custos de exploração seriam somente os encargos de operação e manutenção.

Os encargos de operação e manutenção podem ser definidos de duas maneiras:

- A primeira em função do investimento inicial dado por uma % do  $I_t$  onde o custo anual em € será  $dom \cdot I_t$ .

$$C_{om} = dom \cdot I_t \quad (3.36)$$

em que,

$dom$  – Despesas de operação e manutenção referida ao  $I_t$  (%).

- A segunda em função da energia gerada e nesse caso em €/kWh e o encargo anual de operação e manutenção será  $dom \cdot E_a$ .

$$C_{om} = dom \cdot E_a \quad (3.37)$$

em que,

$dom$  – Despesas de operação e manutenção (€/kWh);

$E_a$  – Energia anualmente produzida (kWh). [94, 95, 96]

### 3.1.7.2.1.3 Modelo Simplificado do Custo Unitário Médio para as Energias Renováveis

Com as considerações feitas anteriormente admite-se um modelo simplificado do custo unitário médio: [94, 95, 96]

$$C_{um} = \frac{C_I + C_{om}}{E_a} = \frac{\frac{I_t}{k_a} + dom \cdot E_a}{E_a} \Leftrightarrow C_{um} = \frac{\frac{I_t}{k_a} + dom \cdot E_a}{E_a} \quad (3.38)$$

### 3.1.7.2.2 Custo Unitário da Central Geotérmica, da Central Hídrica, do Parque Eólico e da Nova Central Geotérmica

Para se determinar o custo unitário da central geotérmica aplicaram-se os princípios do subcapítulo 3.1.7.2.1.

De seguida exemplifica-se para o ano de 2010 os cálculos efectuados para se obter o custo unitário médio da central geotérmica, Tabela 3.14: [93]

$$I_{01} = 6900 \text{ €/kW} \quad (3.39)$$

$$P_i = 1 \text{ kW} \quad (3.40)$$

$$dom = 0,0175 \text{ €/kWh} \quad (3.41)$$

$$PR = 0,95 \quad (3.42)$$

$$n = 40 \quad (3.43)$$

$$h_{aj} = 8760 \text{ h} \quad (3.44)$$

$$f_{C_{Geotérmica}} = 0,66 \quad (3.45)$$

$$f = \frac{1}{PR} - 1 = \frac{1}{0,95} - 1 = 0,0526 \Leftrightarrow f = 5,26\% \quad (3.46)$$

$$k_a = \frac{1}{f} - \frac{1}{f \cdot (1 + f)^n} = \frac{1}{0,0526} - \frac{1}{0,0526 \cdot (1 + 0,0526)^{40}} = 16,56 \quad (3.47)$$

$$E_a = P_i \cdot h_{aj} \cdot f_c = 1 \cdot 8760 \cdot 0,66 = 5773 \text{ kWh} \quad (3.48)$$

$$I_t = I_{01} \cdot P_i = 6900 \cdot 1 = 6900 \text{ €} \quad (3.49)$$

Apresenta-se em seguida o custo unitário da central geotérmica no ano de 2010:

$$C_{um} = \frac{\frac{I_t}{k_a} + dom \cdot E_a}{E_a} = \frac{\frac{6900}{16,56} + 0,0175 \cdot 5773}{5773} = 0,08968 \text{ €/kWh} \Leftrightarrow \quad (3.50)$$

$$\Leftrightarrow C_{um} = 89,68 \text{ €/MWh}$$

Tabela 3.14 - Resumo dos cálculos efectuados para a obtenção do custo unitário médio da central geotérmica nos anos 2010, 2020 e 2030 [93]

Ano	2010	2020	2030
$C_{um}$ (€/MWh)	89,68	83,25	76,82
$k_a$	16,56		
$I_{01}$ (€/kW)	6900	6400	5900
$f_c$	0,66		
$n$	40		
$dom$ (€/kWh)	0,0175	0,0163	0,0151
$E_a$ (kWh)	5773		
$f$	5,26%		
$P_i$ (kW)	1		

Com os valores obtidos do custo unitário médio para a central geotérmica nos anos de 2010, 2020 e 2030, deduziu-se uma polinomial  $y = -0,64303x + 1382,16924$  para se obter os restantes valores de 2006 a 2030, como é possível observar na Figura 3.20 e na Tabela 3.15.

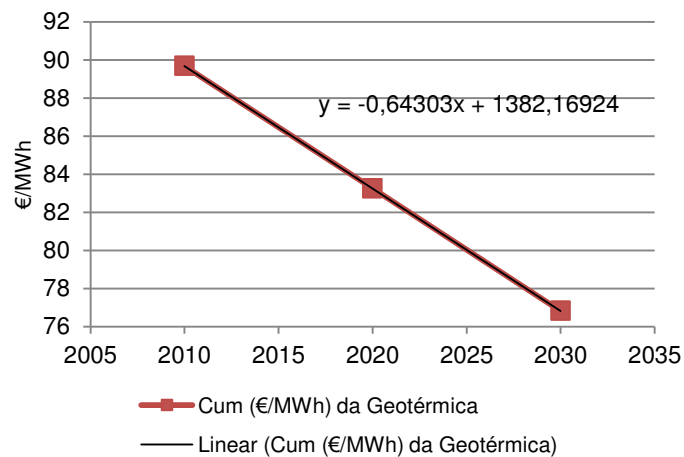


Figura 3.20 - Custo Unitário Médio da Central Geotérmica nos anos 2010, 2020 e 2030

Tabela 3.15 - Custo Unitário Médio da Geotérmica, Eólica, Hídrica, CVE, Nova Geotérmica, Fuel do ano de 2006 a 2030

Ano/Custo Unitário Médio (€/MWh)	Geotérmica	Eólica	Hídrica	CVE	Nova Geotérmica	Fuel	Distribuição	Retalho
2006	92,25	77,88	70,25	85,85	70,56	87,77	19,03	8,33
2007	91,61	77,26	70,21	85,90	70,07	84,10	21,31	9,02
2008	90,96	76,64	70,17	85,95	69,57	73,80	20,12	7,66
2009	90,32	76,03	70,14	86,00	69,08	122,60	20,15	8,34
2010	89,68	75,42	70,10	86,05	68,59	121,97	20,15	8,34
2011	89,04	74,81	70,07	86,10	68,10	101,38	20,15	8,34
2012	88,39	74,21	70,03	86,15	67,61	110,19	20,15	8,34
2013	87,75	73,61	70,00	86,20	67,12	118,98	20,15	8,34
2014	87,11	73,02	69,97	86,25	66,63	126,15	20,15	8,34
2015	86,46	72,43	69,94	86,30	66,14	131,16	20,15	8,34
2016	85,82	71,84	69,91	86,35	65,65	136,31	20,15	8,34
2017	85,18	71,26	69,88	86,40	65,16	140,47	20,15	8,34
2018	84,53	70,68	69,85	86,45	64,67	144,88	20,15	8,34
2019	83,89	70,11	69,83	86,50	64,18	147,74	20,15	8,34
2020	83,25	69,54	69,80	86,55	63,69	150,25	20,15	8,34
2021	82,61	68,97	69,78	86,60	63,20	151,98	20,15	8,34
2022	81,96	68,41	69,75	86,65	62,70	153,92	20,15	8,34
2023	81,32	67,85	69,73	86,70	62,21	155,86	20,15	8,34
2024	80,68	67,30	69,71	86,75	61,72	157,68	20,15	8,34
2025	80,03	66,75	69,69	86,80	61,23	159,70	20,15	8,34
2026	79,39	66,20	69,67	86,85	60,74	161,81	20,15	8,34
2027	78,75	65,66	69,65	86,90	60,25	164,19	20,15	8,34
2028	78,10	65,12	69,63	86,95	59,76	166,70	20,15	8,34
2029	77,46	64,59	69,62	87,00	59,27	169,35	20,15	8,34
2030	76,82	64,06	69,60	87,05	58,78	171,37	20,15	8,34

O mesmo processo se aplicou no caso do custo unitário da central hídrica, parque eólico e nova geotérmica.

### 3.1.7.2.3 Custo Unitário da Central de Valorização Energética

Está previsto que o custo unitário da central de valorização energética na Ilha de São Miguel em 2013 seja de 86,2 €/MWh. [97]

Como não houve um aumento significativo em Portugal nos últimos anos do custo da energia eléctrica relativamente a RSU, assumiu-se que haveria um incremento de 0,05 €/MWh por ano no custo unitário da central de valorização energética até 2030. [98]

Obeve-se assim o custo unitário da central de valorização energética na Ilha de São Miguel de 2006 a 2030, Tabela 3.15.

### 3.1.8 Preço da Energia Eléctrica na Ilha de São Miguel

#### 3.1.8.1 Preço da Energia Eléctrica Vendida aos Consumidores Finais

Na Região Autónoma dos Açores a produção tendo por base energias renováveis ou cogeração, não se encontra ao abrigo de uma legislação específica como em Portugal Continental. Estes produtores são considerados produtores independentes com quem a EDA estabeleceu contractos de aquisição de energia eléctrica. [99]

O preço da energia eléctrica depende do custo unitário por tecnologia e do mix de produção de electricidade.

O preço da energia eléctrica vendida aos consumidores finais é exposto pela seguinte expressão:

$$\begin{aligned}
 PEV_{CF} = & \% D_{Geo} \cdot C_{Geo} + \% D_{Eol} \cdot C_{Eol} + \% D_{Hid} \cdot C_{Hid} + \\
 & + \% D_{NovaGeo} \cdot C_{NovaGeo} + \% D_{CVE} \cdot C_{CVE} + \\
 & + \% D_{Fuel} \cdot C_{Fuel} + C_{Distribuição} + C_{Retalho}
 \end{aligned}
 \tag{3.51}$$

em que,

$PEV_{CF}$  - Preço da Energia Eléctrica Vendida aos Consumidores Finais (€/MWh);

$\% D_{tecger}$  – Percentagem Diária de Produção da Tecnologia de Geração de Energia Eléctrica  $tecger$  (%);

$C_{tecger}$  – Custo Unitário da Tecnologia de Geração de Energia Eléctrica  $tecger$  (€/MWh);

$tecger$ - Tecnologia de Geração de Energia Eléctrica;

$C_{Distribuição}$  – Custo Unitário da Distribuição de Energia Eléctrica (€/MWh);

$C_{Retalho}$  - Custo Unitário do Retalho da Energia Eléctrica (€/MWh).

Foram determinados os valores do custo unitário da distribuição e retalho de 2006 a 2008, e realizou-se uma média desses valores, assumindo os mesmos valores para os anos seguintes até 2030, Tabela 3.16, Tabela 3.15 e Figura 3.21.

Tabela 3.16 - Distribuição e Retalho de 2006 a 2008 [89]

Ano/ Custo Unitário (€/MWh)	Distribuição	Retalho
2006	19,03	8,33
2007	21,31	9,02
2008	20,12	7,66
Média	20,15	8,34

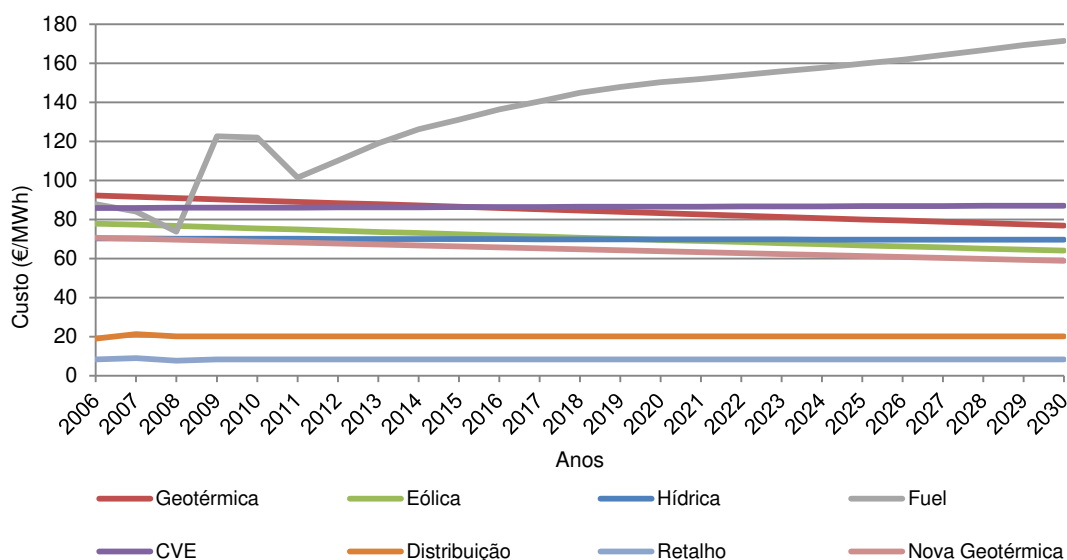


Figura 3.21- Custos da Energia Elétrica na Ilha de São Miguel

### 3.1.8.2 Preço da Energia Elétrica Vendida aos Consumidores Finais (exemplo)

Exemplo para o ano de 2010 do preço da energia elétrica vendida, Tabela 3.17:

Tabela 3.17 - Exemplo do Preço de Energia Elétrica Vendida em 2010

Tecnologia	Custo Unitário (€/MWh)	Produção no ano 2010
Geotérmica	89,68	37%
Eólica	75,42	4%
Hídrica	70,10	3%
Fuel	121,97	56%
Custo Unitário Médio das Centrais (€/MWh)	-	106,60

$$\begin{aligned}
 PEV_{CF} &= (89,68 \cdot 0,37 + 75,42 \cdot 0,04 + 70,10 \cdot 0,03 + 121,97 \cdot 0,56) + \\
 &+ 20,15 + 8,34 = 106,60 + 20,15 + 8,34 = 135,09 \text{ €/MWh}
 \end{aligned}
 \tag{3.52}$$

## 3.2 Sector dos Transportes

O estudo no sector dos transportes foi feito somente no sector dos veículos ligeiros de passageiros, por este ser o sector rodoviário predominante na ilha, como se observa na Tabela 3.18. Em 2010 dos 56 mil veículos na Ilha de São Miguel, 85% dos veículos nas estradas eram veículos ligeiros de passageiros.

Tabela 3.18 - Parque Automóvel na Ilha de São Miguel de 2003 a 2010 [100]

Ano	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Veículos Ligeiros de Passageiros	33 979	35 587	36 412	38 142	40 524	41 117	43 314	47 807
Veículos Pesados	2997	3109	3028	2962	3425	3799	3497	3827
Autocarros	252	326	335	338	347	359	338	388
Veículos a Duas Rodas	3427	3392	3429	3433	3655	3492	3645	3993
Total	40 655	42 414	43 204	44 875	47 951	48 767	50 794	56 015

### 3.2.1 Dimensão da Frota de Veículos Ligeiros

#### 3.2.1.1 Dimensão da Frota de Veículos Ligeiros até 2010

O número de veículos ligeiros de passageiros na Ilha de São Miguel tem aumentado ao longo dos anos. No ano de 2010 existiam 48 mil veículos ligeiros de passageiros na ilha de São Miguel, como se pode observar na Figura 3.22.

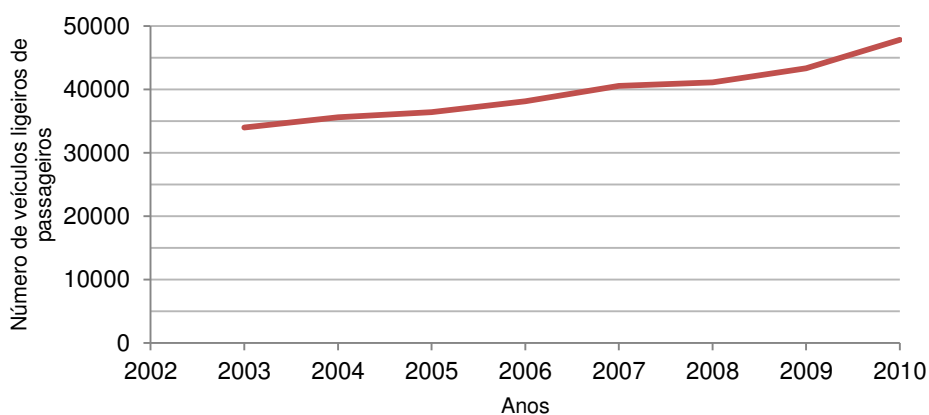


Figura 3.22 - Número de Veículos Ligeiros de Passageiros até 2010, na Ilha de São Miguel [100]

### 3.2.1.2 Evolução da Frota de 2011 a 2030 dos Veículos Ligeiros de Passageiros em São Miguel

Várias abordagens têm sido usadas para modelar a evolução das frotas de automóveis. Uma das mais usadas é a Densidade de Veículos (*Vehicle Density*, VD, o número de veículos por 1000 habitantes em um país); esta pode ser expressa através de uma função *Gompertz*<sup>6</sup>: [101]

$$VD(t) = c + (S - c) \cdot e^{-e^{-b(t-a)}} \quad (3.53)$$

em que,

$VD(t)$  - Densidade dos veículos (veículos por 1000 habitantes);

$t$  - tempo em anos;

$S$  - Ponto de Saturação;

$c$  - Translação da curva no eixo y;

$a$  - Ponto de inflexão da curva no eixo do tempo;

$b$  - Parâmetro de escala.

De forma a ter-se um bom ajuste da distribuição da densidade dos veículos aos valores reais maximizou-se o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), quanto mais próximo de 1 o valor do coeficiente de determinação estiver, melhor será o ajuste aos dados reais da distribuição densidade dos veículos: [102]

$$\max R^2 = \left( 1 - \frac{\sum_{t=1}^n \left( y_t - \left( c + (S - c) \cdot e^{-e^{-b(t-a)}} \right) \right)^2}{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2} \right)$$

s. a.

$$S_{\max} \leq S \leq S_{\min} \quad (3.54)$$

$$c_{\max} \leq c \leq c_{\min}$$

$$b_{\max} \leq b \leq b_{\min}$$

$$a_{\max} \leq a \leq a_{\min}$$

em que,

$R^2$  - Coeficiente de Determinação;

$y_t$  - Número de veículos ligeiros de passageiros em São Miguel/1000habitantes;

$f(x_t)$  -  $VD(t)$  na Ilha de São Miguel;

---

<sup>6</sup> Função do tipo sigmoideal, é uma função com a curva em formato de um S, utilizada frequentemente para representar o comportamento biológico em diferentes situações: como o crescimento de uma planta ao longo do tempo, que é lento no começo, rápido em um segundo momento e lento no final da vida da planta, prever a evolução de populações em um espaço confinado, modelação do crescimento de tumores, entre outros. [122]

$\bar{y}$  – Média do número de veículos ligeiros de passageiros em São Miguel/1000habitantes.

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SST} = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - f(x_t))^2}{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2} = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - VD(t))^2}{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2} =$$

$$= 1 - \frac{\sum_{t=1}^n \left( y_t - \left( c + (S - c) \cdot e^{-e^{-b(t-a)}} \right) \right)^2}{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2} \quad (3.55)$$

$$SSE = \sum_{t=1}^n (y_t - f(x_t))^2 \quad (3.56)$$

$$SST = \sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2 \quad (3.57)$$

$$f(x_t) = VD(t) \Leftrightarrow f(x_t) = c + (S - c) \cdot e^{-e^{-b(t-a)}} \quad (3.58)$$

em que,

*SSE* - Soma Quadrática de Erros (*Squared Sum of Error*) é o quadrado do somatório das diferenças entre o valor de um ponto  $y_t$  e seu valor estimado  $f(x_t)$ , isto é a distância entre o ponto  $y_t$  e a distribuição da densidade de veículos ( $f(x_t) = VD(t)$ );

*SST* - Soma Quadrática Total (*Sum of Squares Total*) é a soma dos desvios ao quadrado de todos os pontos de dados reais ( $y_t$ ) em relação a média do número de veículos ligeiros de passageiros em São Miguel/1000habitantes ( $\bar{y}$ ).

Como os dados de veículos ligeiros de passageiros na Ilha de São Miguel eram insuficientes, partiu-se dos dados de veículos ligeiros de passageiros em Portugal e considerou-se que a frota de veículos ligeiros de passageiros da Ilha de São Miguel seria semelhante à de Portugal. Estimou-se assim a frota de ligeiros de passageiros por 1000 habitantes em Portugal Continental, com um coeficiente de determinação muito próximo de 1, Figura 3.23 e Tabela 3.19:

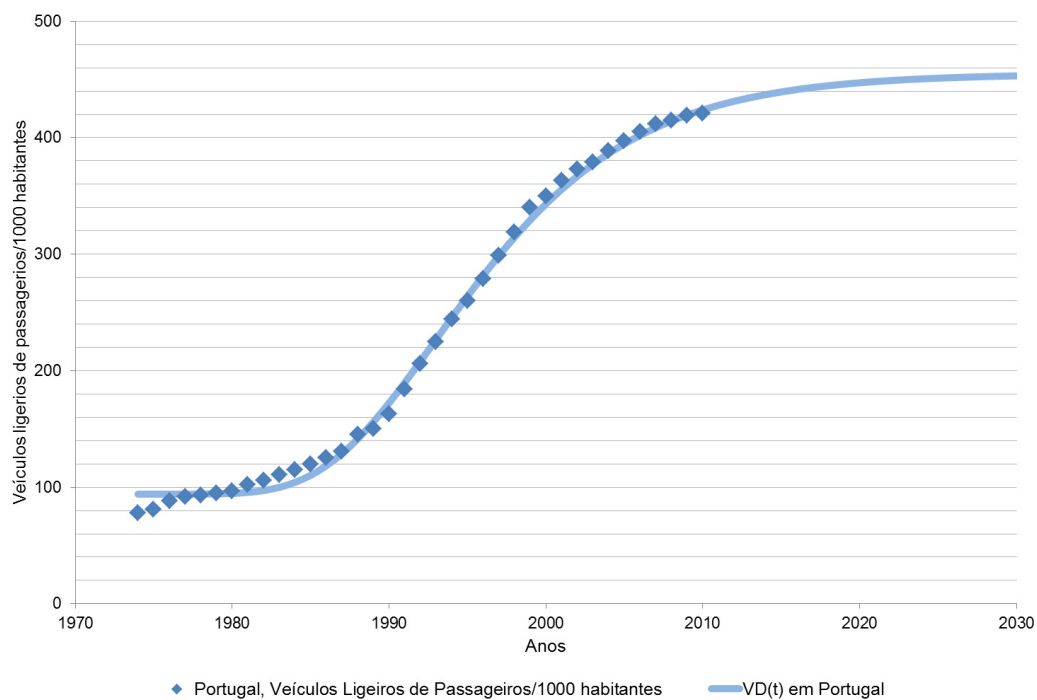


Figura 3.23 - Veículos ligeiros de passageiros/1000hab em Portugal Continental

Tabela 3.19 - Parâmetros da função de *Gompertz* que se ajusta aos dados obtidos sobre os veículos ligeiros de passageiros/1000hab em Portugal Continental

Ponto de Saturação - S	Translação da curva no eixo y - c	Ponto de inflexão da curva no eixo x - a	Parâmetro de escala - b	R <sup>2</sup>
455,000	94,050	1993	0,142	0,997

Considerou-se que a evolução da frota da Ilha de São Miguel se encontra 9 anos atrasada em relação à evolução da frota em Portugal Continental. A sua curva *Gompertz* é mostrada de seguida e considerada como o cenário optimista, Figura 3.24 e Tabela 3.20:

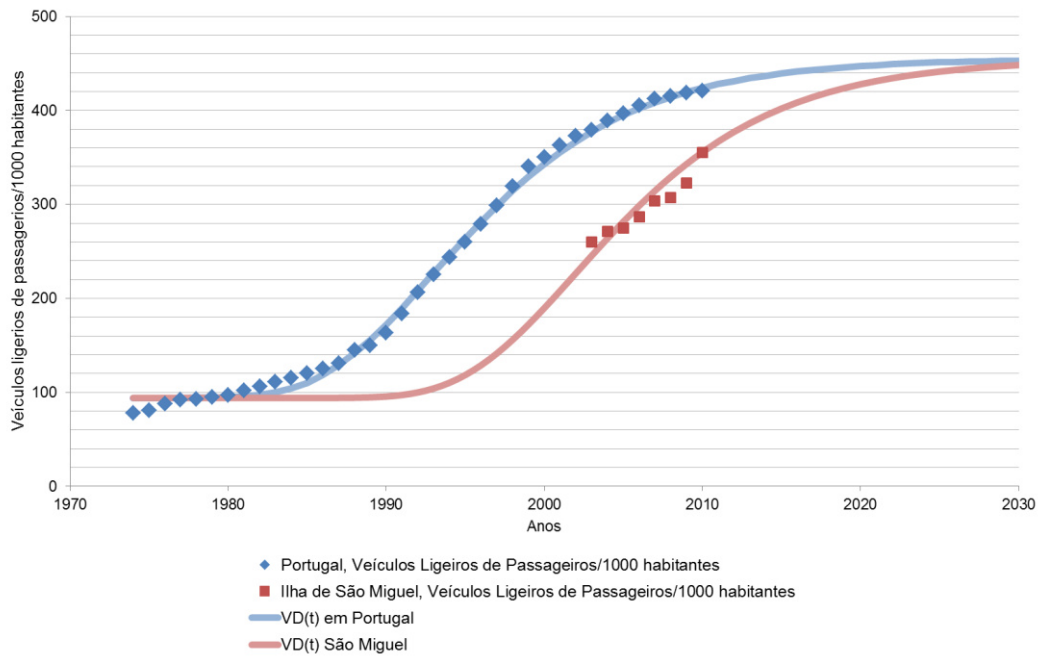


Figura 3.24 - Veículos ligeiros de passageiros/1000hab em Portugal Continental e Cenário Optimista de São Miguel

Tabela 3.20 - Parâmetros da função de *Gompertz* que se ajusta aos dados obtidos sobre os veículos ligeiros de passageiros/1000hab em São Miguel no Cenário Optimista

Ponto de Saturação - S	Translação da curva no eixo y - c	Ponto de inflexão da curva no eixo x - a	Parâmetro de escala - b	R <sup>2</sup>
455,000	94,050	2002	0,142	0,997

De seguida diminuiu-se a taxa de crescimento na curva *Gompertz* da Figura 3.24, e obteve-se o cenário base como se mostra na Figura 3.25 e Tabela 3.21:

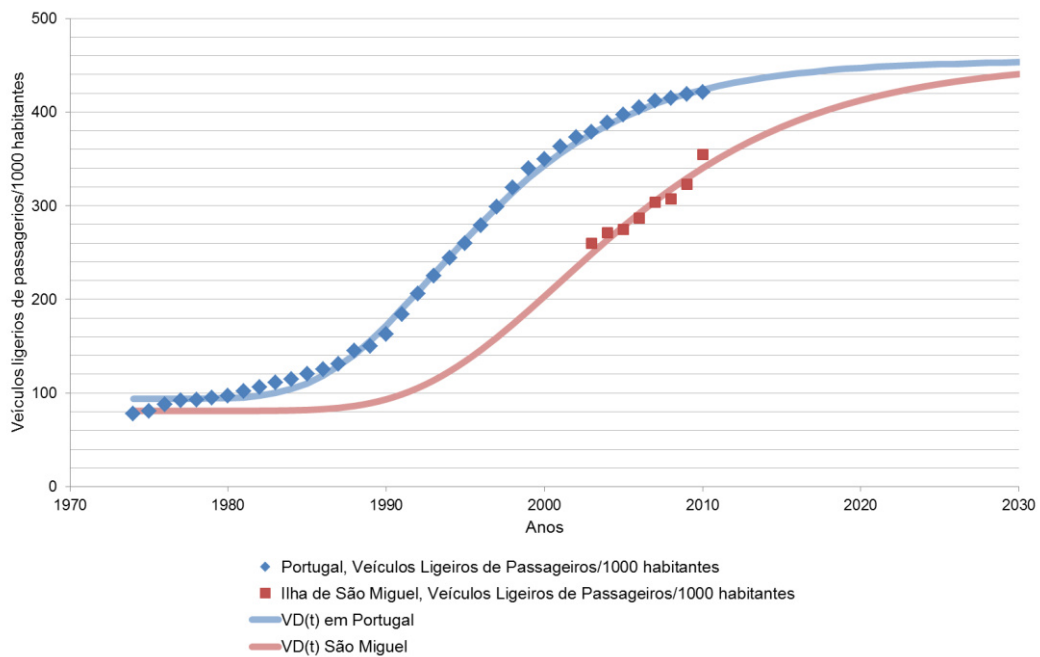


Figura 3.25 - Veículos ligeiros de passageiros/1000hab em Portugal Continental e Cenário Base de São Miguel

Tabela 3.21 - Parâmetros da função de *Gompertz* que descreve a evolução da frota de veículos ligeiros de passageiros/1000hab em São Miguel no Cenário Base

Ponto de Saturação - S	Translação da curva no eixo y - c	Ponto de inflexão da curva no eixo x - a	Parâmetro de escala - b	R <sup>2</sup>
455,000	81,000	2001	0,112	0,915

Por fim, realizou-se um cenário pessimista da evolução da frota de ligeiros de passageiros para a Ilha de São Miguel, Figura 3.26 e Tabela 3.22:

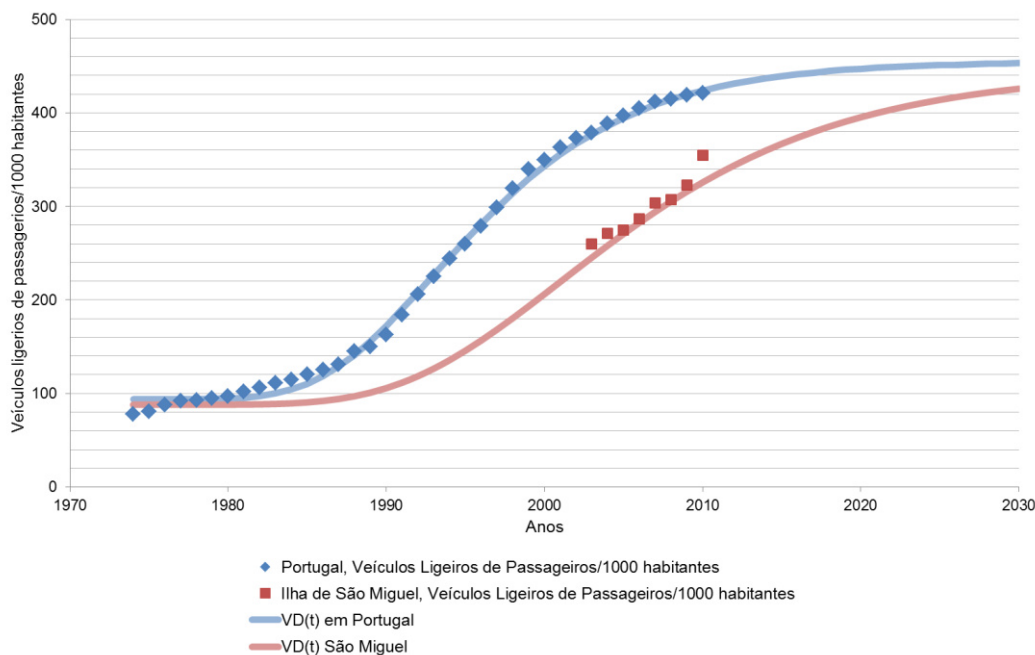


Figura 3.26 - Veículos ligeiros de passageiros/1000hab em Portugal Continental e Cenário Pessimista de São Miguel

Tabela 3.22 - Parâmetros da função de *Gompertz* que descreve a evolução da frota de veículos ligeiros de passageiros/1000hab em São Miguel no cenário Pessimista.

Ponto de Saturação - S	Translação da curva no eixo y - c	Ponto de inflexão da curva no eixo x - a	Parâmetro de escala - b	R <sup>2</sup>
445,000	88,000	2001	0,100	0,791

A projecção do número de veículos ligeiros de passageiros para o período 2006-2030 foi feita com base nos dados da população da ilha de São Miguel e na sua evolução, além dos veículos ligeiros de passageiros/1000habitantes da Ilha de São Miguel. Na Figura 3.27, pode ver-se a evolução das curvas do cenário optimista, realista e pessimista dos veículos ligeiros de passageiros em São Miguel; esta foi ligeiramente alargada para que houvesse diferenciação entres os três cenários.

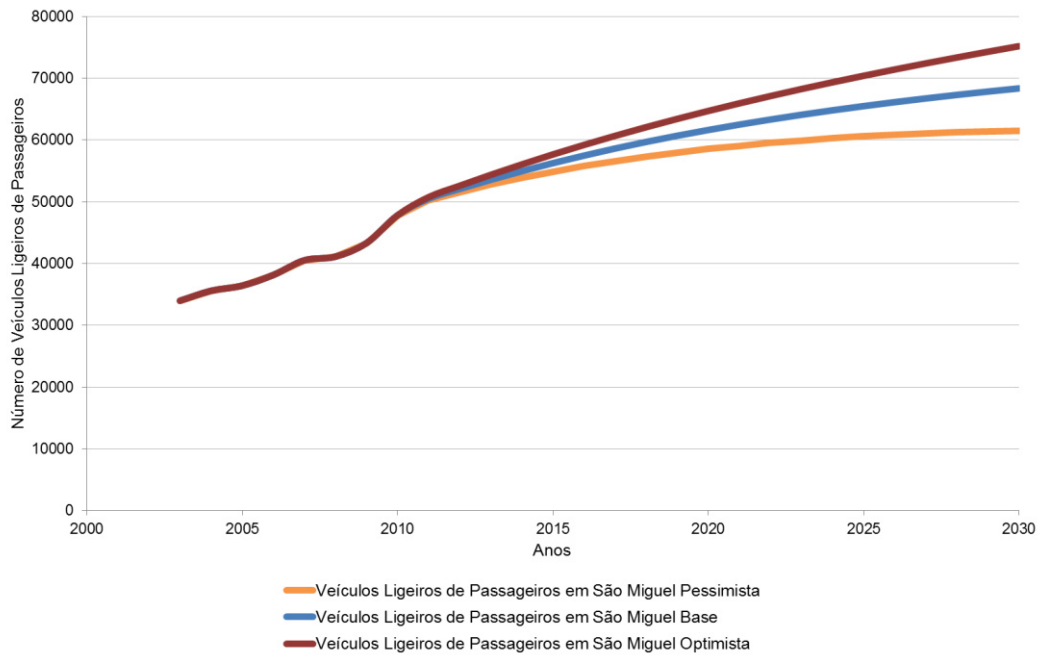


Figura 3.27 - Cenário optimista, base e pessimista dos veículos ligeiros de passageiros em São Miguel

### 3.2.2 Distribuição da Frota por Tecnologia (BAU)

Para a determinação dos veículos ligeiros de passageiros por tecnologia devido à falta de dados na Ilha de São Miguel, assumiu-se que a sua constituição seria semelhante à de Portugal e assim partiu-se de dados da venda de ligeiros de Passageiros em Portugal por tecnologia de 1990 a 2010, em seguida fez-se as vendas acumuladas dos respectivos anos e fez-se uma projecção de 2011 a 2030. Por conseguinte fez-se a percentagem dessas vendas e multiplicou-se pela frota de São Miguel, obtendo-se assim o número de veículos por tecnologia em São Miguel. [103, 104]

$$VAV_{PC_t} = VV_{PC_{t-1}} + VV_{PC_t} \quad (3.59)$$

em que,

$VAV_{PC_t}$  – Vendas Acumuladas de Veículos por tecnologia em Portugal Continental no ano t;

$VV_{PC_{t-1}}$  – Vendas de Veículos por tecnologia em Portugal Continental no ano t-1;

$VV_{PC_t}$  – Vendas de Veículos por tecnologia em Portugal Continental no ano t.

$$\%VAV_{PC_t} = \frac{VAV_{PC_t}}{TVAV_{PC_t}} \quad (3.60)$$

em que,

$\%VAV_{PC_t}$  – Percentagem de Vendas Acumuladas de Veículos por tecnologia em Portugal Continental no ano t;

$TVAV_{PC_t}$  – Total das Vendas Acumuladas de Veículos em Portugal Continental no ano t.

Como se considerou que a frota de veículos ligeiros na Ilha de São Miguel teria a mesma constituição que a frota de veículos ligeiros de Portugal Continental, então tem-se a seguinte expressão:

$$\%VAV_{SM_t} = \%VAV_{PC_t} \quad (3.61)$$

em que,

$\%VAV_{SM_t}$  – Percentagem de Vendas Acumuladas de Veículos por tecnologia em São Miguel no ano t.

Por fim determinou-se desta forma o número de veículos por tecnologia na Ilha de São Miguel,

$$NV_{SM_t} = FV_{SM_t} \cdot \%VAV_{SM_t} \quad (3.62)$$

em que,

$NV_{SM_t}$  – Número de Veículos por tecnologia em São Miguel no ano t;

$FV_{SM_t}$  – Frota de Veículos em São Miguel no ano t.

Na Figura 3.28 apresenta-se a distribuição da frota por tecnologia no cenário BAU, em que se verifica que a frota de veículos a gasolina começa a decrescer ao longo dos anos.

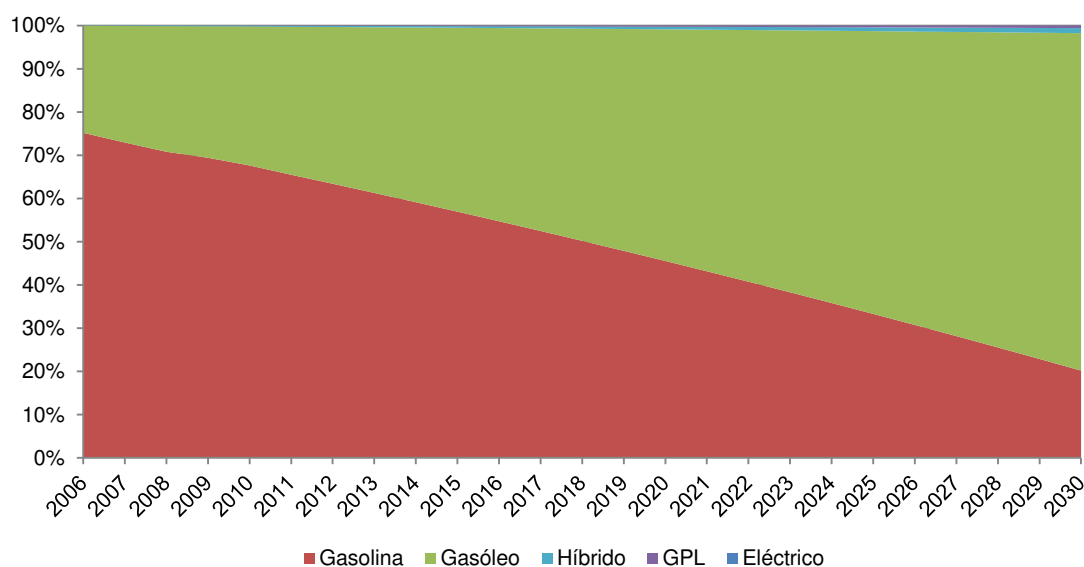


Figura 3.28 - Distribuição da Frota por Tecnologia (BAU) [103, 104]

### 3.2.3 Cenários de Penetração de Veículos Eléctricos

Considerou-se que a penetração dos EV para o cenário base da evolução da frota de veículos ligeiros passageiros seria semelhante à penetração dos veículos a gásóleo a partir do ano de 1990 do cenário BAU.

Para o cenário pessimista de penetração de EV, considerou-se metade da taxa de crescimento do cenário base. Para o cenário optimista considerou-se 150% do crescimento do cenário base. Em 2030 a frota de EV representa 10%, 20% e 30% respectivamente nos cenários pessimista, base e optimista, como mostra a Figura 3.29.

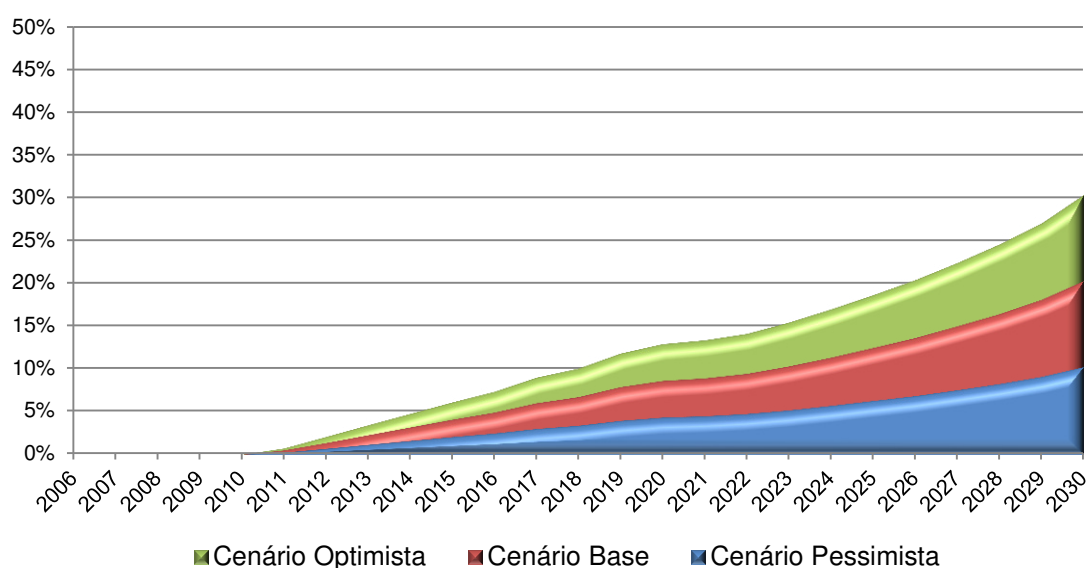


Figura 3.29 - Cenário Optimista, Base e Pessimista da Penetração dos EV

Considerou-se que os EV introduzidos na ilha substituem em igual proporção os veículos de outras tecnologias.

Em seguida apresenta-se o número de EV esperados para o cenário base da evolução de veículos ligeiros de passageiros, Figura 3.30.

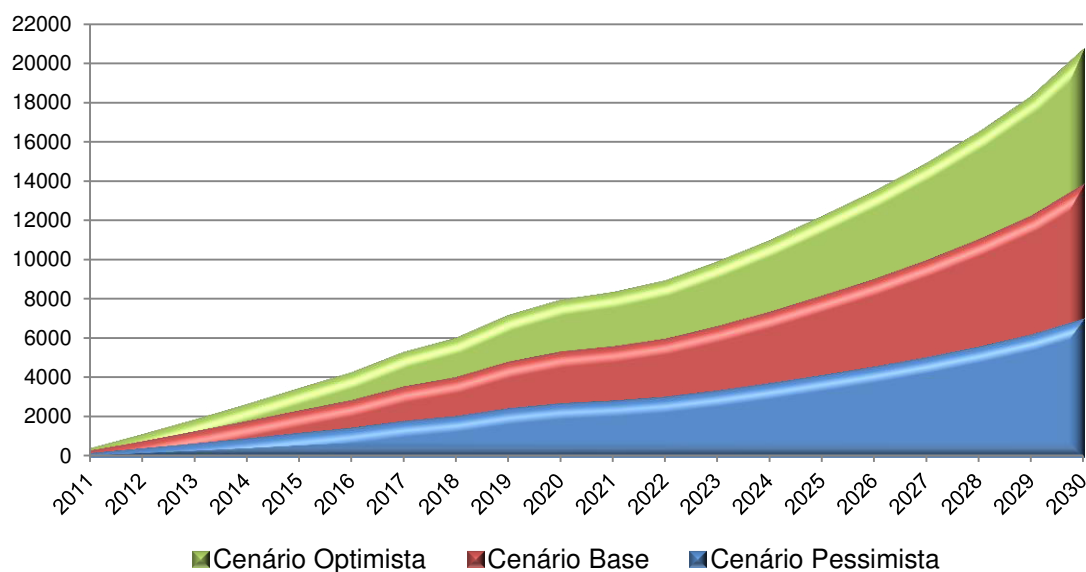


Figura 3.30 - Número de EV Esperados no Cenário Optimista, Base e Pessimista

### 3.2.4 Consumos de Combustíveis e Emissões Específicas dos Veículos

Na ilha de São Miguel não existe informação disponível sobre a venda de veículos ligeiros de passageiros no que respeita a marcas, modelos, consumos e emissões, entres outros. Deste modo utilizou-se a informação sobre as vendas em Portugal Continental fornecida pela ACAP como ponto de partida. Da compilação feita para os veículos ligeiros de passageiros vendidos em Portugal Continental no ano de 2010 por marca, modelo, consumo, emissões, entre outros, obteve-se o consumo médio e emissões de CO<sub>2</sub> por segmento e por tipo de combustível, como se pode observar na Tabela 3.23. Foram tidas em conta as características dos veículos disponibilizadas pelos fabricantes para uma utilização padronizada tanto no caso dos ICEV como nos EV, uma vez que não é viável obter resultados da utilização real dos mesmos.

Tabela 3.23 - Consumo Médio (L/100 km) e Emissões de CO<sub>2</sub> (g/km) por segmento do veículo

Segmento do Veículo	Gasolina		Diesel		Híbrido		GPL	
	Consumo (L/100 km)	Emissões de CO <sub>2</sub> (g/km)	Consumo (L/100 km)	Emissões de CO <sub>2</sub> (g/km)	Consumo (L/100 km)	Emissões de CO <sub>2</sub> (g/km)	Consumo (L/100 km)	Emissões de CO <sub>2</sub> (g/km)
A-Económico	4,7	112	4,0	103			7,3	119
B – Inferior	5,6	132	4,2	112	5,0	117	7,7	136
C – Médio-Inferior	6,1	146	4,6	123	4,2	98		
D – Médio-Superior	8,3	188	5,3	139				
E – Superior	8,5	192	6,1	157	7,7	180		
F – Luxo	12,0	288	7,2	192	8,4	192		
G – SUV	7,9	183	5,9	163	7,3	172		
H – Monovolumes	6,0	145	5,3	144				

Na Tabela 3.24 é possível identificar a respectiva percentagem de vendas por segmento.

Tabela 3.24 - Percentagem de veículos vendidos por segmento em 2010 em Portugal Continental

Segmento do Veículo	Gasolina (%)	Diesel (%)	Híbridos (%)	GPL(%)
A - Económico	20,8	2,4		0,2
B – Inferior	61,8	25,1	15,9	99,8
C – Médio-Inferior	14,7	45,5	75,1	
D – Médio-Superior	0,7	11,2		
E – Superior	0,1	2,8	0,7	
F – Luxo	0,6	0,4	0,6	
G – SUV	0,6	6,3	7,7	
H – Monovolumes	0,7	6,3		

De forma a determinar o consumo médio e as emissões por tipo de combustível, utilizaram-se os valores da

Tabela 3.23 e da Tabela 3.24 e as equações seguintes:

$$CM_{Combustível} = \sum_{seg=1}^{ns} cm_{seg} \cdot \% vendas_{seg} \quad (3.63)$$

em que,

$CM_{Combustível}$  - Consumo médio por tipo de combustível (L/100km);

$cm_{seg}$  - Consumo médio do segmento  $seg$  (L/100km);

$seg$  – Segmento do automóvel;

$ns$  - Número de segmentos;

$\% vendas_{seg}$  - Percentagem de vendas do segmento  $seg$ .

$$EM_{Combustível} = \sum_{seg=1}^{ns} em_{seg} \cdot \% vendas_{seg} \quad (3.64)$$

em que,

$EM_{Combustível}$  - Emissões de CO<sub>2</sub> médias por tipo de combustível (gCO<sub>2</sub>/km);

$em_{seg}$  - Emissões de CO<sub>2</sub> médias do segmento  $seg$  (gCO<sub>2</sub>/km).

Na Figura 3.31 e Figura 3.32 podem-se observar os consumos e as emissões médias para cada tipo de combustível relativamente às vendas de 2010 em Portugal Continental.

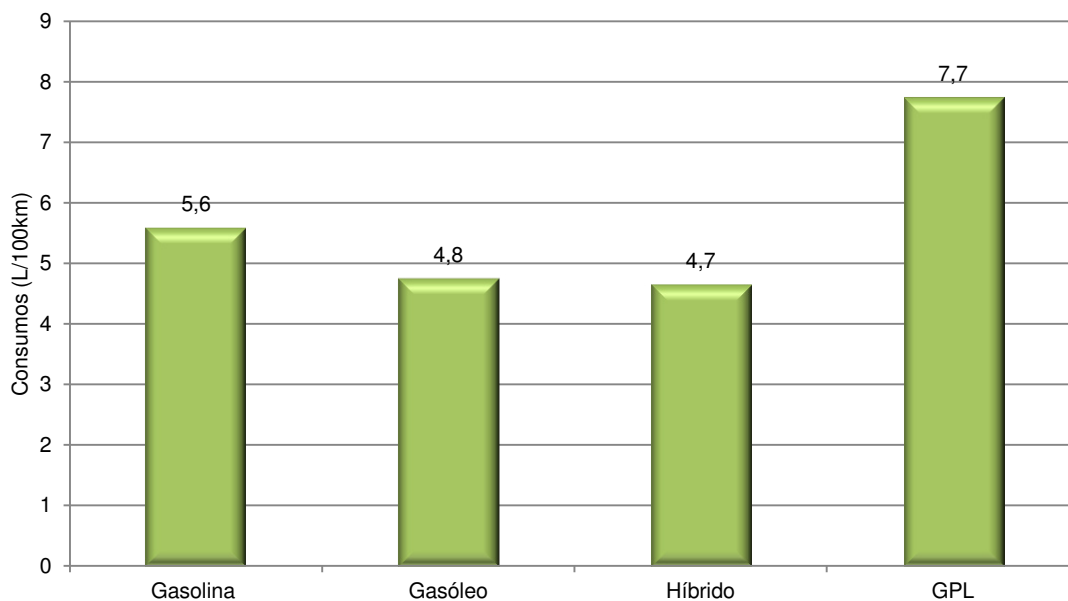


Figura 3.31 - Consumos de Combustível dos Veículos

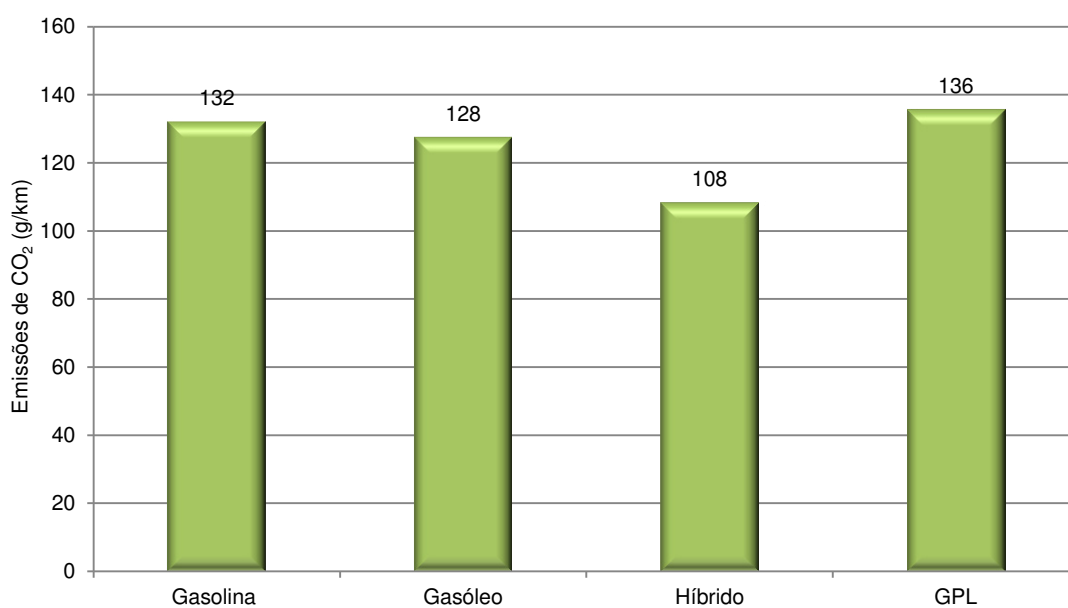


Figura 3.32 - Emissões Específicas dos Veículos

Assumiu-se que os veículos ligeiros de passageiros vendidos em Portugal Continental no ano de 2010 podiam representar o tipo de veículos que iriam ser introduzidos nos próximos anos na Ilha de São Miguel e que irão competir com os EV, para assim se estabelecer uma comparação mais realista.

### 3.2.5 Preços dos Combustíveis na Ilha de São Miguel

O preço de todos os combustíveis é definido pelo Governo dos Açores com uma diferença mínima para os preços em vigor em Portugal Continental. Assim, no caso das gasolinas 95 e 98 a diferença nos preços máximos por litro praticados nos Açores em relação ao mercado continental é de menos 10%. O gasóleo rodoviário tem, nos Açores, um preço máximo por litro inferior também em 10% em relação ao praticado no mercado continental. [105, 106]

Foi realizado o seguinte cálculo para o preço para cada tipo de combustível nos Açores, aplicando-se esses preços à Ilha de São Miguel, como se pode observar na Tabela 3.25:

$$P_{\text{Combustível Açores}} = 0,9 \cdot P_{\text{Combustível PC}} \quad (3.65)$$

em que,

$P_{\text{Combustível Açores}}$  – Preço do Combustível nos Açores (€/L);

$P_{\text{Combustível PC}}$  - Preço do Combustível em Portugal Continental (€/L).

Tabela 3.25 - Preços para cada tipo de Combustível em Portugal Continental e nos Açores por tecnologia [106, 105, 107]

Ano	Preços dos Combustíveis em Portugal Continental			Factor	Preços dos Combustíveis nos Açores		
	Gasolina S/Pb I.O.95 (€/L)	Gasóleo Rodoviário (€/L)	GPL Auto (€/L)		Gasolina S/Pb I.O.95 (€/L)	Gasóleo Rodoviário (€/L)	GPL Auto (€/L)
1991	0,690	0,500	-	0,9	0,621	0,45	-
1992	0,680	0,500	-		0,612	0,45	-
1993	0,700	0,510	-		0,63	0,459	-
1994	0,770	0,520	-		0,693	0,468	-
1995	0,770	0,520	-		0,693	0,468	-
1996	0,790	0,560	-		0,711	0,504	-
1997	0,810	0,570	-		0,729	0,513	-
1998	0,840	0,560	-		0,756	0,504	-
1999	0,840	0,560	0,372		0,756	0,504	0,335
2000	0,870	0,680	0,439		0,783	0,612	0,395
2001	0,910	0,680	0,485		0,819	0,612	0,436
2002	0,920	0,670	0,459		0,828	0,603	0,413
2003	0,970	0,710	0,474		0,873	0,639	0,427
2004	1,033	0,789	0,500		0,930	0,710	0,450
2005	1,149	0,939	0,550		1,034	0,845	0,495
2006	1,279	1,044	0,592		1,151	0,940	0,532
2007	1,322	1,081	0,597		1,190	0,973	0,537
2008	1,386	1,260	0,668		1,247	1,134	0,601
2009	1,235	1,003	0,572		1,112	0,903	0,515
2010	1,373	1,153	0,677		1,236	1,038	0,609
2011	1,546	1,372	0,769	1,391	1,235	0,692	

Na Figura 3.33 pode-se observar a evolução dos preços dos combustíveis na Ilha de São Miguel:

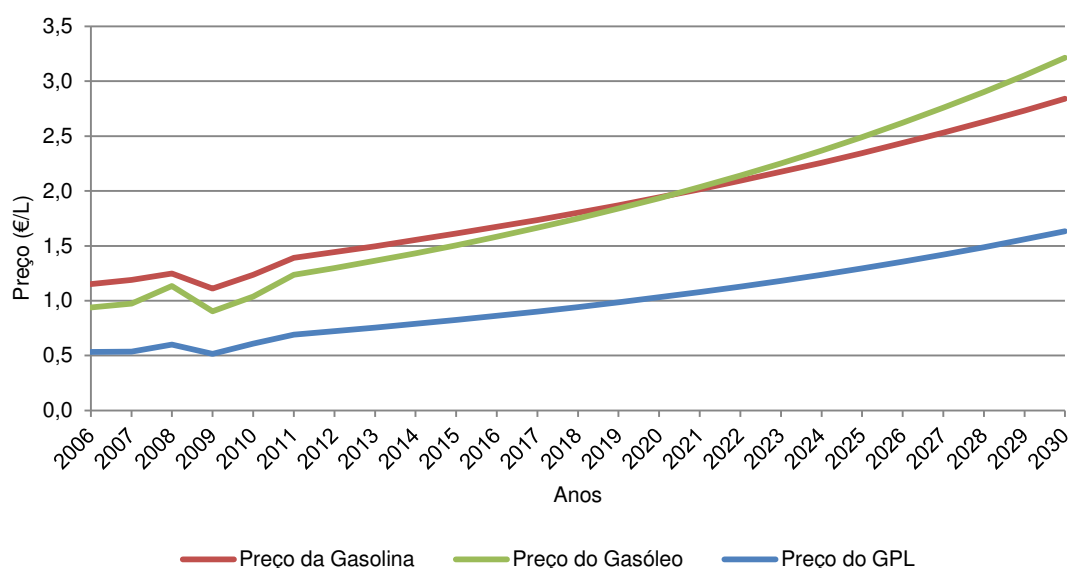


Figura 3.33 - Preços dos Combustíveis na Ilha de São Miguel

### 3.2.6 Cenários de Carregamento dos EV

Foram elaborados diferentes cenários de carregamento, que de seguida são descritos mas com um elemento em comum: a energia média diária necessária para o carregamento de um EV.

Para determinar a energia média diária necessária para o carregamento de um EV utilizou-se o consumo médio dos EV e teve-se em conta uma distância diariamente percorrida por veículo.

O consumo médio dos EV calculou-se através da média ponderada do consumo de cada modelo pelo número de unidades vendidas. No ano de 2010, foram vendidas 10 unidades, informação contida nos dados da venda de ligeiros de passageiros fornecidos pela ACAP. Mas no ano seguinte foram vendidas, até Outubro de 2011, 138 unidades, em que o Nissan Leaf é o líder das vendas (82 unidades vendidas), segue-se o Mitsubishi i-Miev (21 unidades vendidas), Smart Fortwo (14 unidades vendidas), Peugeot i-on (13 unidades vendidas), Citroën C-Zero (6 unidades vendidas) e Renault Fluence Ze (2 unidades vendidas), o resumo dos modelos vendidos e respectivas características pode-se observar na Tabela 3.26. [108]

Determinou-se assim o consumo de cada EV vendido:

-Nissan Leaf com 82 unidades vendidas em 2011 [109]

Capacidade: 24 kWh

Autonomia: 160 km

$$C_{Nissan\ Leaf} = \frac{Capacidade \times 100}{Autonomia} = \frac{24 \cdot 100}{160} = 15\ kWh/100km \quad (3.66)$$

em que,

$C_{Nissan\ Leaf}$  – Consumo do modelo Nissan Leaf (kWh/100km).

Tabela 3.26 – EV vendidos em 2011 e suas Características [109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116]

Marca/Modelo	Unidades vendidas em 2011 de EV	Capacidade (kWh)	Autonomia (km)	Consumo (kWh/100km)
Nissan Leaf	82	24	160	15
Mitsubishi i-Miev	21	16	150	10,7
Smart Fortwo	14	17,6	145	12,1
Peugeot i-on	13	16	150	10,7
Citroen C-Zero	6	16	150	10,7
Renault Fluence Ze	2	22	185	11,9
Total	138	-	-	-

Determinado o consumo de cada EV vendido, mostrado na Tabela 3.26, calculou-se o consumo médio dos EV:

$$CM_{EV} = \frac{\sum_{mEV=1}^{nm} (V_{mEV} \cdot C_{mEV})}{\sum_{EV=1}^{nm} (V_{mEV})} =$$

$$= \frac{82 \cdot 15 + 21 \cdot 10,7 + 14 \cdot 12,1 + 13 \cdot 10,7 + 6 \cdot 10,7 + 2 \cdot 11,9}{82 + 21 + 14 + 13 + 6 + 2} = \quad (3.67)$$

$$= 13,4\ kWh/100km = 13,4 \cdot 10^{-3}\ MWh/100km$$

em que,

$CM_{EV}$  - Consumo Médio de um EV (MWh/100km);

$mEV$  – Modelo de EV;

$nm$  - Número de modelos de EV;

$V_{mEV}$  – Número de unidades vendidas do modelo EV;

$C_{mEV}$  – Consumo do modelo EV (kWh/100km).

O consumo médio dos EV representa a energia gasta em média por unidade de distância, mas não traduz a energia consumida da rede eléctrica. Para determinar a energia média diária necessária para o carregamento de um EV há que ter em conta o consumo médio dos EV, a performance da bateria e a distância diariamente percorrida.

Pelas estatísticas reunidas pela comissão europeia sobre vários países na Europa, concluiu-se que em média seriam feitos 27 quilómetros diários por veículo. [117] Tendo em consideração este valor e assumindo que a energia disponível na bateria representa 80% da energia necessária para a carregar, pode-se então determinar a energia média diária necessária para o carregamento de um EV:

$$EV_{avg} = \frac{CM_{EV}}{P_{bateria}} \cdot \frac{DDP}{100} = \frac{13,4 \cdot 10^{-3}}{0,80} \cdot \frac{27}{100} = 0,0045 \text{ MWh} \quad (3.68)$$

em que,

$EV_{avg}$  - Energia média diária necessária para o carregamento de um EV (MWh);

$DDP$  – Distância Diariamente Percorrida (km);

$P_{bateria}$  - Performance da bateria.

### 3.2.6.1 Cenários de Carregamento Não Controlado e Carregamento Fora das Horas de Ponta

Para se determinar a potência de carregamento a cada meia hora no cenário de carregamento não controlado de EV foi utilizada a energia diária necessária para o carregamento de todos os EV, como se demonstra em seguida:

$$EV_{all} = EV_{avg} \cdot (1 + p_{loss}) \cdot N_{EV} \quad (3.69)$$

em que,

$EV_{all}$  – Energia diária necessária para o carregamento de todos os EV (MWh);

$N_{EV}$  – Número de EV;

$p_{loss}$  - Percentagem de energia perdida nas linhas de distribuição = 10%.

$$CNC_i = EV_{all} \cdot P_{edi} \quad (3.70)$$

em que,

$CNC_i$  – Potência de carregamento da frota de EV no Cenário Não Controlado na meia hora i;

$P_{edi}$  – Percentagem da energia diária de carregamento da frota que é fornecida na meia hora i. [58]

No carregamento não controlado é considerado que os EV começam a carregar logo quando são ligados ao posto de carregamento. Este pode ser considerado um caso de referência em que não existe nenhum controlo inteligente de quando e como o carregamento ocorre, ou incentivos (tais como as taxas de utilização do tempo) para influenciar o comportamento do consumidor. Em média o consumidor carrega o EV

com a energia necessária para um dia, o que significa que o facto de alguns consumidores carregarem sempre que podem e outros carregarem só quando a bateria chega ao fim da autonomia não tem influência prática na distribuição considerada. Este cenário está sujeito à pendularidade das deslocações. A maioria do carregamento é feita após a chegada a casa. Na Figura 3.34 e Figura 3.35 pode-se observar a distribuição do carregamento não controlado ao longo das 24h como uma percentagem da energia diária requerida para o carregamento. [58]

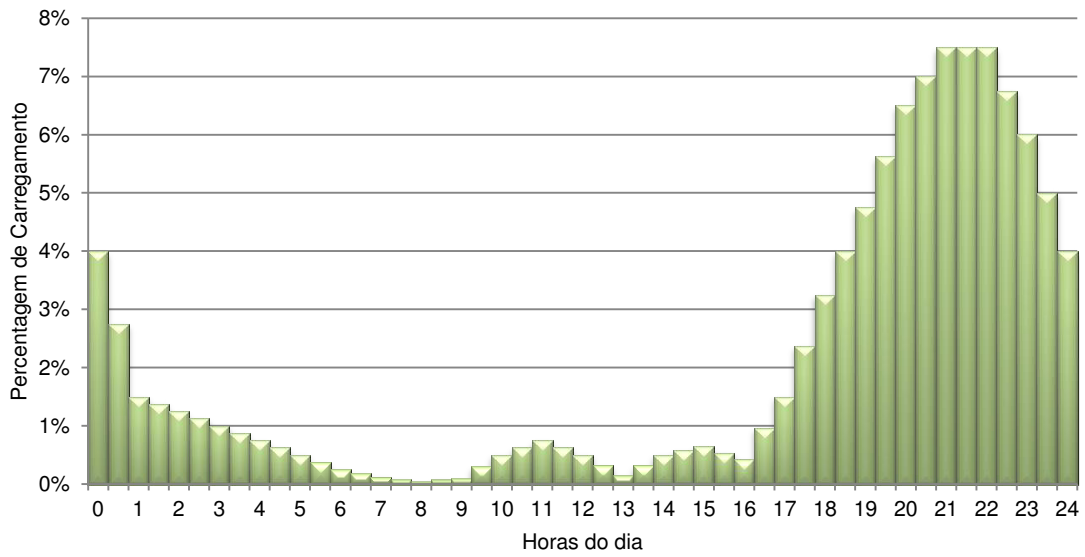


Figura 3.34- Distribuição do carregamento no Cenário de Carregamento Não Controlado no Inverno [58]

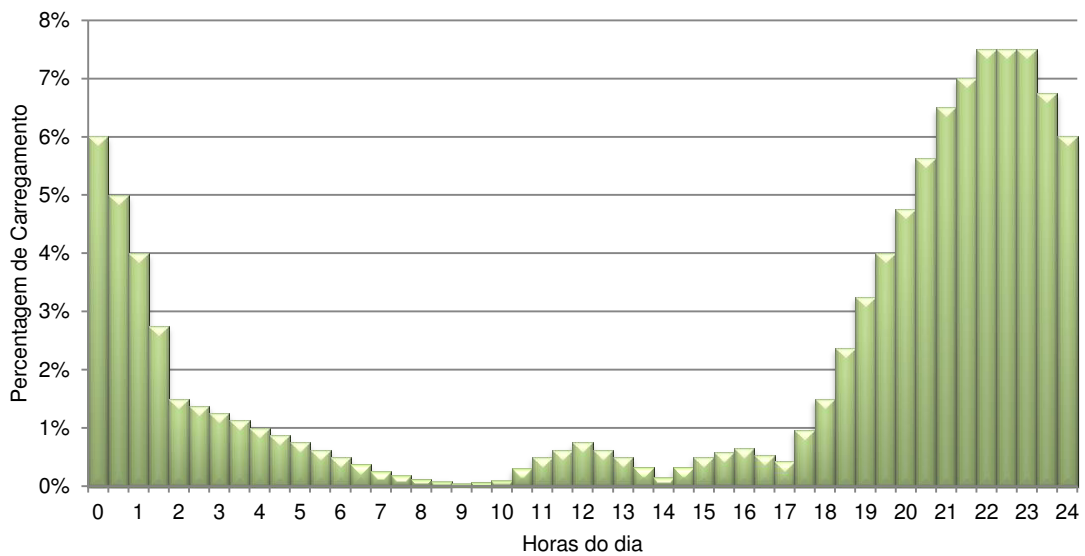


Figura 3.35 - Distribuição do carregamento no Cenário de Carregamento Não Controlado no Verão [58]

No carregamento fora das horas de ponta assume-se que quase a totalidade do carregamento ocorre à noite. São dados incentivos para o uso da energia fora das horas de ponta, adiando assim o início da ponta de carregamento até às 22h.

O cálculo da potência de carregamento da frota de EV no cenário de carregamento fora das horas de ponta a cada meia hora é análogo ao do cenário de carregamento não controlado, o que difere é a distribuição da energia diária ao longo das 24h, como se observa na Figura 3.36.

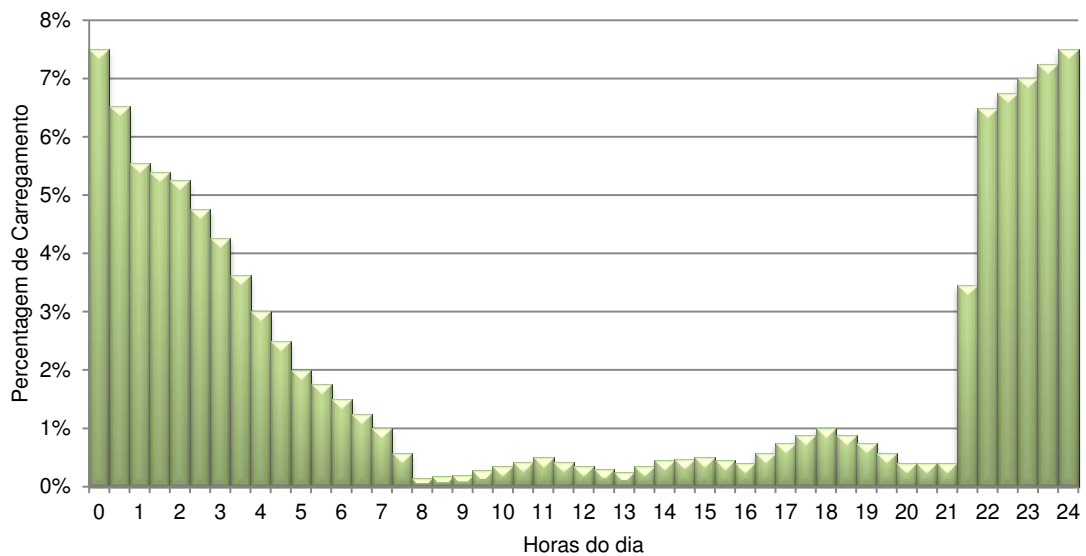


Figura 3.36 - Distribuição do carregamento no Cenário de Carregamento Fora das Horas de Ponta no Inverno [58]

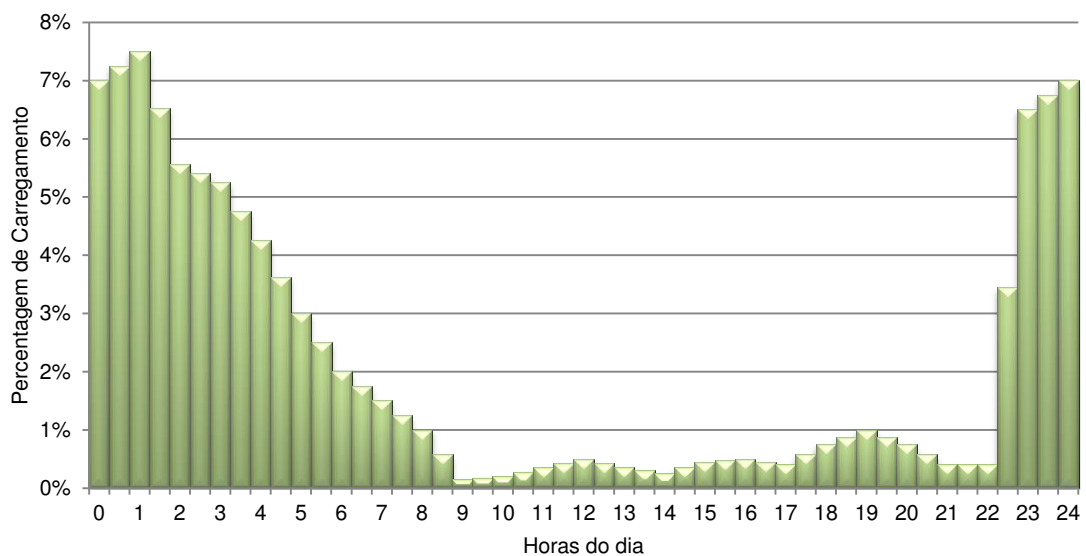


Figura 3.37 - Distribuição do carregamento no Cenário de Carregamento Fora das Horas de Ponta no Verão [58]

Uma vez que se verifica pelo diagrama de carga a diferença horária do Inverno para o Verão relativamente à evolução diária do consumo que é indício do comportamento geral da população, elaboraram-se diferentes distribuições do carregamento dos EV para os horários de Inverno e de Verão, recomenda-se também uma alteração à tarifa bi-horária dos Açores, que não prevê esse comportamento, passando a haver uma translacção no Verão de uma hora relativamente ao começo do período de vazio/cheia, tal como a que se pôde observar da Figura 3.34 para a Figura 3.35 e da Figura 3.36 para a Figura 3.37. [118]

### 3.2.6.2 Carregamento Controlado (G4V)

Este carregamento exige a existência de uma *smart-grid* e de incentivos económicos para que os consumidores liguem o EV à tomada sempre que este não esteja em utilização, de modo a fornecer à rede o controlo do carregamento dos EV com o objectivo de rectangularizar o diagrama de carga. Em seguida apresentam-se os cálculos efectuados para a determinação da potência de carregamento a cada meia hora para este cenário de carregamento:

$$C_{oc} = \begin{cases} C_{oc\ 1} = menor(C; 1) \\ C_{oc\ 2} = menor(C; 2) \\ \dots \\ C_{oc\ i} = menor(C; i) \\ \dots \\ C_{oc\ 47} = menor(C; 47) \\ C_{oc\ 48} = menor(C; 48) \end{cases} \quad (3.71)$$

em que,

$C_{oc}$  – Diagrama de carga ordenado de forma crescente;

$menor(m; p)$  – Função que devolve o valor da posição  $p$  de uma matriz  $m$  ordenada de forma crescente.

$$EV_i = \begin{cases} C_{oc\ i+1} - C_{oc\ i}; \forall i \in T: (C_{oc\ i+1} - C_{oc\ i}) \cdot \frac{i}{T_i} \leq EV_{aux\ i} \\ \frac{EV_{aux\ i}}{i \cdot T_i}; \forall i \in T: (C_{oc\ i+1} - C_{oc\ i}) \cdot i > EV_{aux\ i} \end{cases} \quad (3.72)$$

em que,

$EV_i$  - Potência de carregamento dos EV na meia hora  $i$  (MW);

$EV_{aux\ i}$  – Consumo a atribuir na matriz auxiliar para distribuição do consumo dos EV na meia hora  $i$ .

$$EV_{aux\ i} = \begin{cases} EV_{all}; i = 1 \\ EV_{aux\ i-1} - EV_{i-1} \cdot i \cdot T_i; \forall i \in T: i \neq 1 \end{cases} \quad (3.73)$$

### 3.3 Simulador

Foi elaborado um simulador baseado na caracterização e projecção dos sectores eléctrico e dos transportes, que permite observar o impacto energético, económico e ambiental da penetração de EV em São Miguel.

Este simulador permite escolher para o caso de estudo, Figura 3.38:

- O ano (2006-2030), estação do ano e dia típico (4ªfeira, sábado ou domingo);
- O cenário de evolução do consumo de electricidade (Base, Pessimista, Optimista);
- A introdução de nova potência instalada;
- O cenário da evolução da dimensão da frota de ligeiros (Base, Pessimista, Optimista);
- O cenário de penetração de EV (BAU, Base, Pessimista, Optimista, 100% EV);
- O cenário de carregamento dos EV (Não Controlado, Fora das Horas de Ponta, Controlado (G4V)).

Diagrama de Carga		Reset
Dia da semana:	4ªfeira	▼
Estação do ano:	Inverno	▼
Ano	2030	▼
Cenário de evolução da procura	Base	▼
Cenário de evolução personalizado	5%	

Aumento de Potência Instalada		Limpar
Excesso de produção:	0	MWh
Nova Eólica:	6	MW
Nova Geotérmica:	8	MW
Central de Valorização Energética:	6	MW

Evolução Sector dos Transportes		Limpar
Cenário de evolução da frota ligeiros	Optimista	▼
Cenário de penetração dos VE	Optimista	▼
Número de VE:	0	u.
Distância diariamente percorrida:	27	km
Tipo de carregamento:	▼	

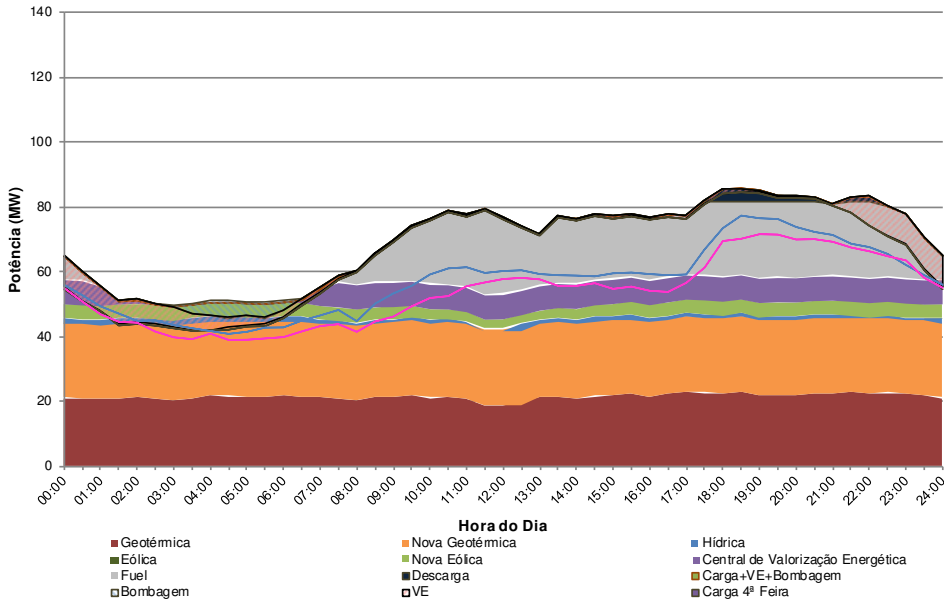
Figura 3.38 - Menu

Para o caso de estudo elaborado, o simulador permite visualizar, Figura 3.39:

- O título com informações detalhadas sobre as opções escolhidas;
- O diagrama de carga do dia seleccionado e sobreposição dos contornos dos outros dois dias típicos;
- O peso da produção de origem renovável e dos EV na produção de energia eléctrica e no sector dos transportes;
- O consumo anual de energia primária e de combustíveis fósseis, bem como as emissões de gases de efeito de estufa em ambos os sectores;
- Os custos e emissões unitárias da energia eléctrica e da utilização dos veículos ligeiros;
- O factor de vazio;
- A potência e capacidade mínima de armazenamento para comportarem eventuais excessos de produção de energia renovável.

Cenário  
26

Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2030, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de VE Base (20%) no modo de carregamento Fora das Horas de Ponta



**Sector Eléctrico**

Produção de Origem Renovável:	87%
Excesso de produção:	0 MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	11 MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	54 MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	53%
Preço Final da Energia Eléctrica:	111,25 €/MWh
Emissões de CO2 globais:	133,43 g/kWh

**Sector dos Transportes**

Consumo de Origem Renovável:	17%
Número total de Veículos Ligeiros:	68356 unidades
Custo de utilização global:	12,63 €/100 km
Emissões de CO2 globais:	106,92 g/km

**Ilha de São Miguel**

Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	2908 TJ/ano
Emissões de CO2 Evitadas:	154 kton/ano

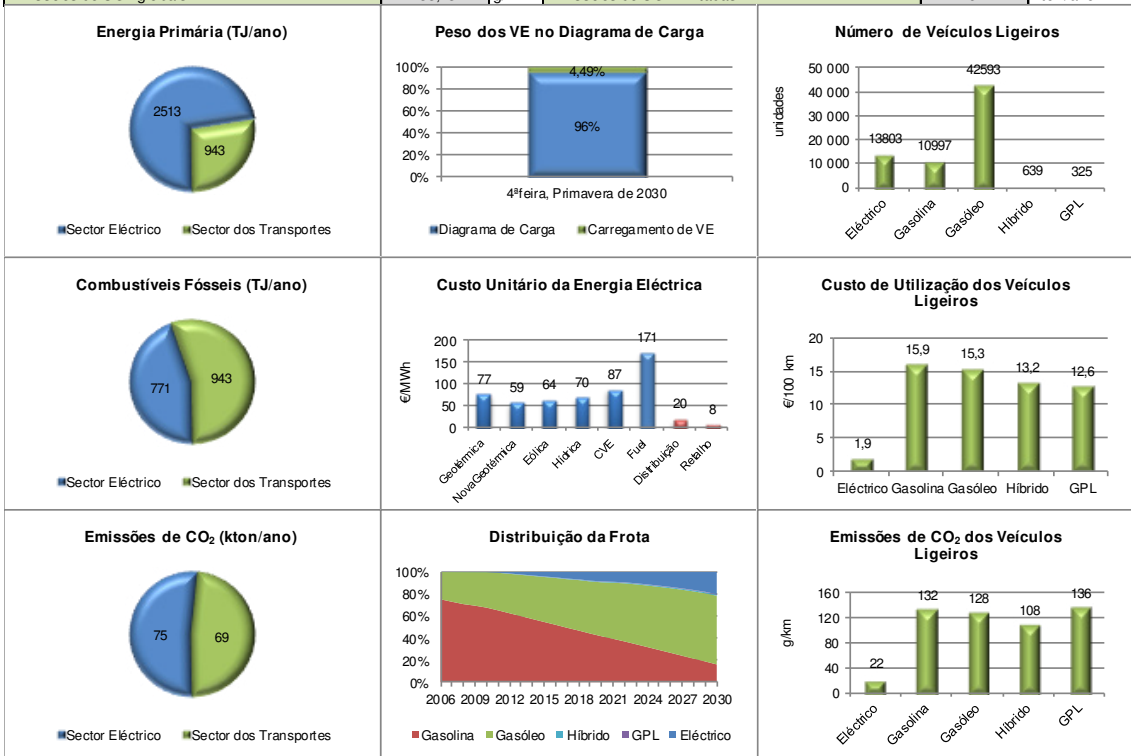


Figura 3.39 - Caso de Estudo

Os parâmetros analisados foram calculados da seguinte forma:

- Energia Primária<sup>7</sup>, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO<sub>2</sub> no sector eléctrico na Ilha de São Miguel:

$$\bullet \quad EP_{Térmica} = \frac{EE_{Térmica}}{\eta_{central a fuelóleo}} \cdot 3,6 \quad (3.74)$$

$$EP_{FR} = EE_{FR} \cdot 3,6 \quad (3.75)$$

$$EP_{Total} = EP_{Térmica} + \sum EP_{FR} \quad (3.76)$$

em que,

$EP_{Térmica}$  – Energia Primária da Central Térmica (GJ);

$EE_{Térmica}$  - Energia Eléctrica da Central Térmica (MWh);

$EP_{FR}$  - Energia Primária da Central de Energia Renovável (GJ);

$EE_{FR}$  - Energia Eléctrica da Central de Energia Renovável (MWh);

$EP_{Total}$  - Energia Primária Total (GJ);

$\sum EP_{FR}$  - Somatório da Energia Primária das Centrais de Energia Renovável (GJ).

$$\bullet \quad CF_{Térmica} = \frac{EE_{Térmica}}{\eta_{central a fuelóleo}} \quad (3.77)$$

em que,

$CF_{Térmica}$  – Consumo de Combustíveis Fósseis da Central Térmica (GJ).

$$\bullet \quad E_{CO_2Térmica} = \frac{EE_{Térmica}}{\eta_{central a fuelóleo}} \cdot FE_{CO_2} \quad (3.78)$$

em que,

$E_{CO_2Térmica}$  – Emissões de CO<sub>2</sub> da Central Térmica (ton);

$FE_{CO_2}$  – Factor de Emissões de CO<sub>2</sub> da Central a *Fuel* da Ilha de São Miguel (ton/MWh).

---

<sup>7</sup> A fonte de energia primária, também conhecida por fonte de energia natural, é uma fonte de energia que existe na natureza e pode gerar energia de forma directa, destas destacam-se o carvão mineral, o petróleo e o gás natural, a energia hídrica, solar e eólica, a biomassa, oceânica e geotérmica. As fontes de energia podem classificar-se em renováveis e não renováveis. As fontes de energia renováveis são fontes de energia com uma taxa de reposição natural muito mais elevada do que a taxa a que o Homem consegue aproveitar. Por exemplo a energia solar, hídrica e eólica, de biomassa, oceânica e geotérmica. Quanto às fontes de energia não renováveis, como a energia nuclear ou o combustível petroquímico que é formado no subsolo a partir de restos de animais e plantas que demoraram milhões de anos até se transformarem em combustível. Estes não podem ser recuperados rapidamente e as suas quantidades tornam-se cada vez mais reduzidas com o consumo por parte do Homem. [121]

- Produção de Origem Renovável no Sector Eléctrico:

$$POR = \frac{\sum EE_{FR}}{\sum EE_{FR} + EE_{Térmica}} \cdot 100 \quad (3.79)$$

em que,

$POR$  – Produção de Origem Renovável (%);

$\sum EE_{FR}$  – Somatório da Energia Eléctrica das Centrais de Energia Renovável (GJ).

- Consumo de Origem Renovável no Sector dos Transportes:

$$COR = \frac{N_{EV} \cdot POR}{N_{VL}} \quad (3.80)$$

em que,

$COR$  – Consumo de Origem Renovável (%);

$N_{EV}$  – Número de EV;

$POR$  – Produção de Origem Renovável (%);

$N_{VL}$  – Número de Veículos Ligeiros de Passageiros.

- Factor de vazio (Relação Vazio/Ponta) no Sector Eléctrico

O factor de vazio é a relação entre a potência mínima e a potência máxima do diagrama de carga:

$$F_V = \frac{P_{mín}}{P_{máx}} \quad (3.81)$$

em que,

$F_V$  – Factor de Vazio;

$P_{mín}$  – Potência Mínima do Diagrama de Carga (MW);

$P_{máx}$  – Potência Máxima do Diagrama de Carga (MW).

- Consumo de combustíveis no sector dos transportes:

$$C_{Combustível_{Total}} = \sum_{tec=1}^{ntec} \left( C_{Combustível_{tec}} \cdot N_{VL_{tec}} \cdot PCI_{Combustível_{tec}} \cdot \frac{DDP}{100} \cdot N_{da} \right) \quad (3.82)$$

em que,

$C_{Combustível_{Total}}$  – Consumo de Combustível no Sector dos Transportes (MJ/ano);

$tec$  – Tecnologia;

$ntec$  – Número de tecnologias;

$C_{Combustível_{tec}}$  – Consumo de combustível da tecnologia  $tec$  (L/100km);

$N_{VL_{tec}}$  – Número de Veículos Ligeiros de Passageiros da tecnologia  $tec$ ;

$PCI_{Combustível_{tec}}$  – Poder Calorífico Inferior do Combustível da tecnologia  $tec$  (MJ/L);

$N_{da}$  – Número de dias do ano.

- Cálculo das emissões de CO<sub>2</sub> do sector dos transportes:

$$E_{CO_2Total} = \sum_{tec=1}^{ntec} \left( \frac{E_{CO_2tec} \cdot N_{VLtec} \cdot DDP \cdot N_{da}}{1\ 000\ 000} \right) \quad (3.83)$$

em que,

$E_{CO_2Total}$  – Emissões de CO<sub>2</sub> no Sector dos Transportes (ton/ano);

$E_{CO_2tec}$  – Emissões de CO<sub>2</sub> da tecnologia  $tec$  (g/km).

-Custos de Utilização dos Veículos na Ilha de São Miguel:

- Custo de Utilização dos EV

$$CU_{EV} = CM_{EV} \cdot PEV_{CF} \quad (3.84)$$

em que,

$CU_{EV}$  - Custo de Utilização dos EV (€/100km).

- Custo de utilização dos ICEV

$$CU_{tec} = C_{Combustíveltec} \cdot P_{Combustíveltec} \quad (3.85)$$

em que,

$CU_{tec}$  – Custo de Utilização da tecnologia  $tec$  (€/100km);

$P_{Combustíveltec}$  – Preço do combustível da tecnologia  $tec$  (€/L).

- Custo de utilização do sector dos transportes:

$$CU_{Global} = \frac{CU_{EV} \cdot N_{EV} + \sum_{tec=1}^{ntec} (CU_{tec} \cdot N_{VLtec})}{N_{VL}} \quad (3.86)$$

em que,

$CU_{Global}$  – Custo de utilização do Sector dos Transportes (€/100km).



## Capítulo 4: Casos de Estudo

*Após a simulação de alguns cenários tendo por base os anos 2010, 2020 e 2030, introdução de nova potência instalada renovável e diferentes níveis de penetração de veículos eléctricos (cenário BAU, Base e 100% EV) são apresentados e discutidos os resultados obtidos.*



## 4 Casos de Estudo

Em seguida apresentam-se os parâmetros definidos para os cenários escolhidos, Tabela 4.1:

Tabela 4.1 - Cenários Pré-Definidos (Ver Resultados em Anexo A2)

Parâmetros Fixados Cenário	Ano	Dia da Semana	Estação do Ano	Aumento da Procura de Energia Eléctrica	Aumento da Potência Instalada (MW)			Aumento da Frota de Ligeiros de Passageiros	Penetração de EV	DDP** (km/dia)	Tipo de Carregamento						
					Eólica	Nova Geotérmica	CVE										
1	2010	Domingo	Primavera	Base	-	-	-	Base	BAU*	-	-						
2		4ªfeira	Inverno		-	-	-										
3	2020	Domingo	Primavera	Base	14,4	25	10,5	Base	BAU*	-	-						
4		4ªfeira	Inverno														
5		Domingo	Primavera														
6		4ªfeira	Inverno														
7		Domingo	Primavera														
8		4ªfeira	Inverno														
9		Domingo	Primavera														
10		4ªfeira	Inverno														
11		Domingo	Primavera														
12		4ªfeira	Inverno														
13		Domingo	Primavera														
14		4ªfeira	Inverno														
15		Domingo	Primavera														
16		4ªfeira	Inverno														
17		2030	Domingo						Primavera	Base	14,4	25	10,5	Base	BAU*	-	-
18			4ªfeira						Inverno								
19	Domingo		Primavera														
20	4ªfeira		Inverno														
21	Domingo		Primavera														
22	4ªfeira		Inverno														
23	Domingo		Primavera														
24	4ªfeira		Inverno														
25	Domingo		Primavera														
26	4ªfeira		Inverno														
27	Domingo		Primavera														
28	4ªfeira		Inverno														
29	Domingo		Primavera														
30	4ªfeira		Inverno														

\*Sem EV

\*\*Distância Diariamente Percorrida

## 4.1 Cenários BAU no ano 2010, 2020 e 2030

Nos cenários 1 e 2 referentes ao ano de 2010, correspondentes à Figura 4.2 e à Figura 4.3, encontram-se simulados respectivamente o dia de menor e maior procura de energia eléctrica do ano na ilha de São Miguel (Domingo de Primavera e 4ª Feira de Inverno). Estes dois cenários constituem o ponto de partida para a análise de resultados, sendo os únicos cenários baseados inteiramente em dados adquiridos. Observa-se que o diagrama de carga é constituído por geotérmica, hídrica e *fuel*. Em média o consumo é alimentado com 44% de energia renovável, o que demonstra que a ilha de São Miguel está muito dependente de combustíveis fósseis. O preço da energia eléctrica situa-se nos 136 €/MWh. O consumo de energia primária encontra-se em 831 TJ/ano no Sector dos Transportes e 3351 TJ/ano no Sector Eléctrico; o consumo de combustíveis fósseis situa-se nos 831 TJ/ano no Sector dos Transportes e 2637 TJ/ano no Sector Eléctrico e por fim as emissões de CO<sub>2</sub> situam-se em 62 kton no Sector dos Transportes e 162 kton no Sector Eléctrico, Figura 4.1.

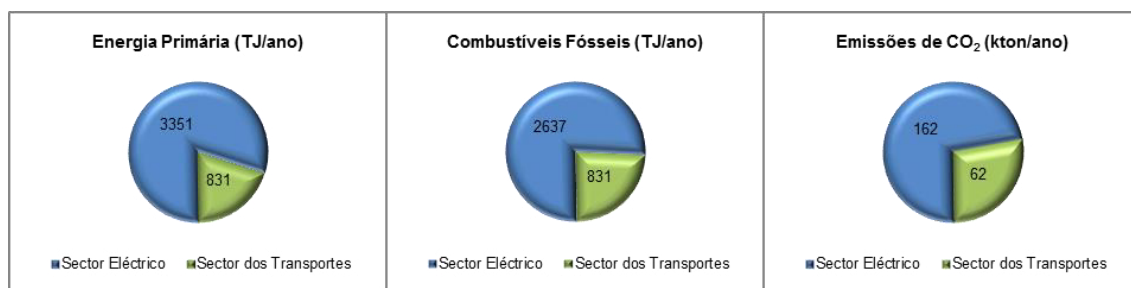


Figura 4.1 - Energia Primária, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO<sub>2</sub> em 2010 (Cenário 1 e 2)

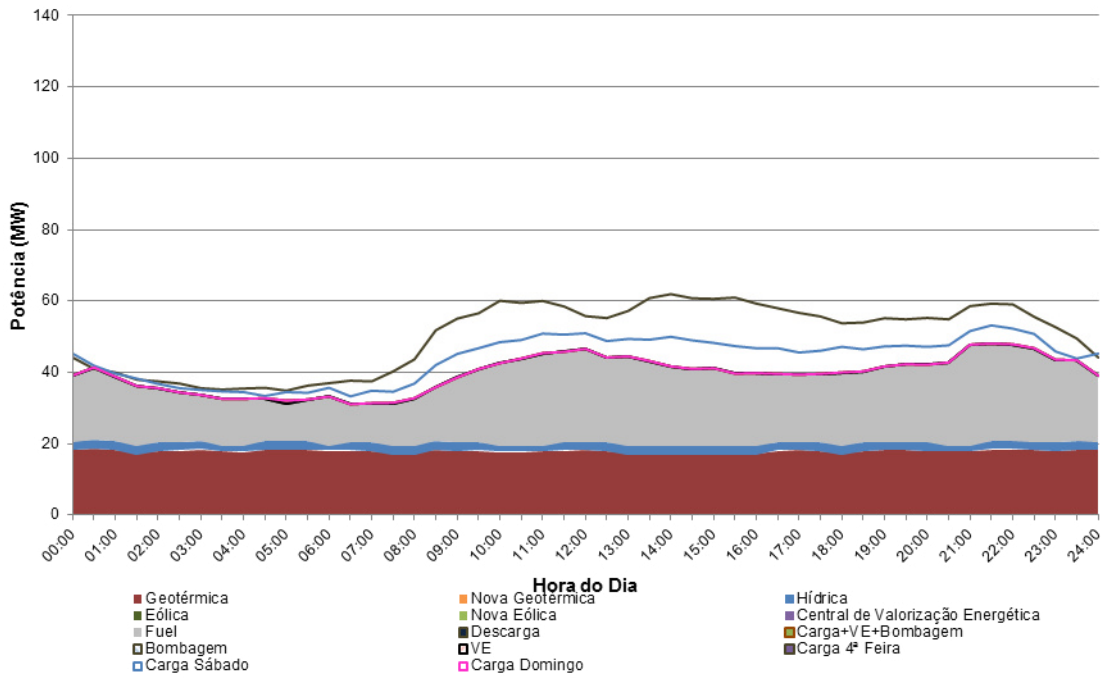


Figura 4.2 – Cenário 1, Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2010

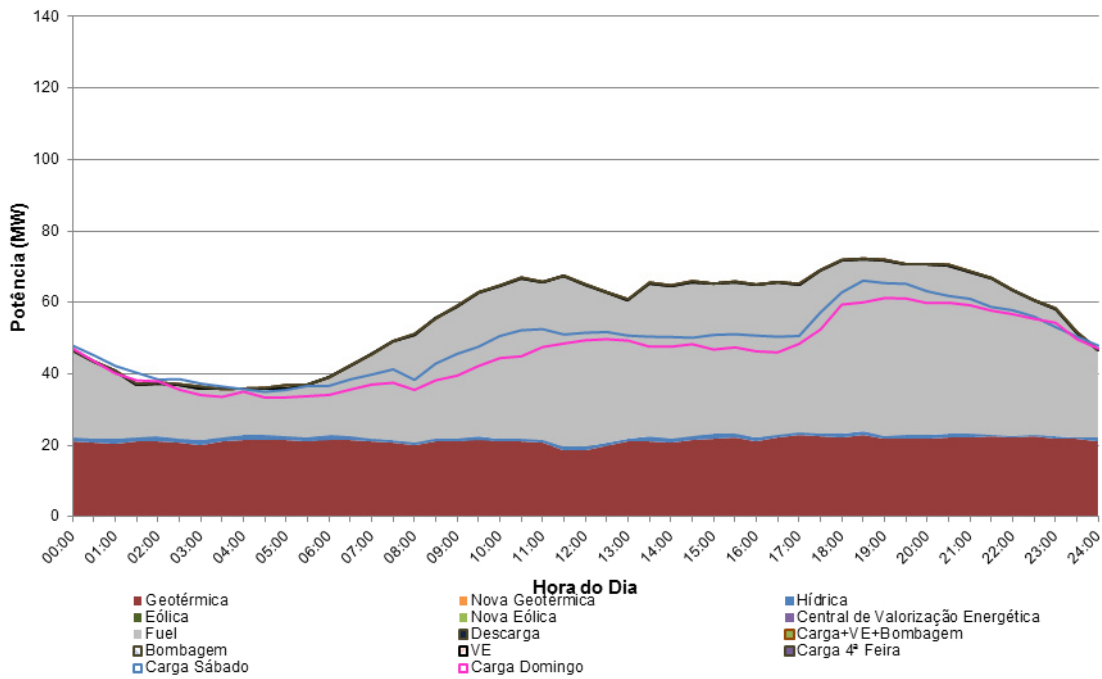


Figura 4.3 - Cenário 2, Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2010

No cenário 3 e 4, Figura 4.5 e Figura 4.6, referentes ao ano 2020, pode-se observar um aumento de potência instalada relativamente aos cenários de 2010, 14,4 MW de Eólica, 25 MW de Geotérmica e 10,5 MW da Central de Valorização Energética. A produção de energia eléctrica de origem renovável ronda os 93%, o que demonstra que com este aumento a ilha tornar-se-ia menos dependente dos combustíveis fósseis. Verifica-se que com este aumento de potência, é necessário adicionar um sistema de armazenamento sem o qual não seria possível acomodar a produção de energia das novas centrais. Para o caso de estudo considerou-se a hídrica reversível, nos cenários 3 e 4 é necessária uma potência mínima de armazenamento de 16 MW e uma capacidade mínima de armazenamento de 110 MWh que permite deslocar o consumo durante o dia, e até no dia de menor consumo armazenar 66 MWh de excesso de produção para o dia seguinte.

O preço da energia eléctrica nesta situação encontra-se em torno dos 108 €/MWh. Através da Figura 4.4 pode-se observar uma diminuição global do consumo de energia primária suportada na totalidade pelo aumento da produção eléctrica de origem renovável que por sua vez leva à diminuição do consumo de combustíveis fósseis no Sector Eléctrico, já no Sector dos Transportes o consumo de energia primária aumentou tornando-se então este o sector maior consumidor de combustíveis fósseis. Por fim as emissões de CO<sub>2</sub> seguem a mesma tendência reduzindo-se globalmente para cerca de metade das emissões de 2010 apesar do aumento do consumo de energia eléctrica e da frota de veículos. O consumo de combustíveis fósseis e emissões de CO<sub>2</sub> evitados neste cenário, face ao mesmo ano mas sem a potência instalada renovável adicional, têm o valor de 2758 TJ/ano e 149 kton/ano respectivamente.

Com o aumento da potência renovável instalada demonstra-se uma menor dependência dos combustíveis fósseis, o que resultou em menos emissões de CO<sub>2</sub> e a necessidade de se instalar um sistema de armazenamento de energia eléctrica para que a energia renovável produzida em excesso não seja desperdiçada.

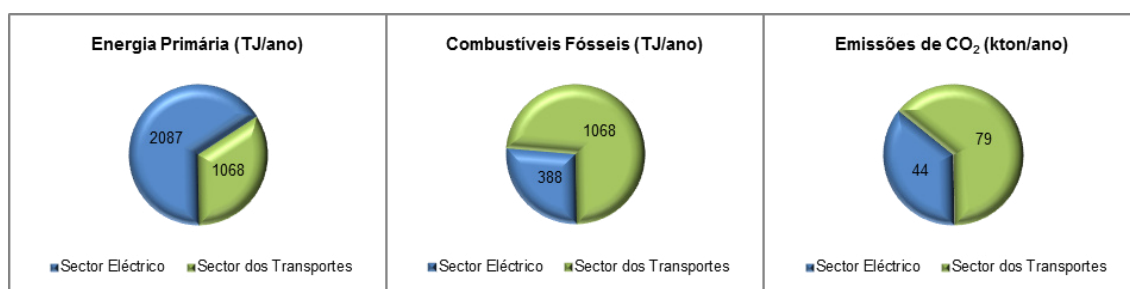


Figura 4.4 - Energia Primária, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO<sub>2</sub> no Cenário 3 e 4

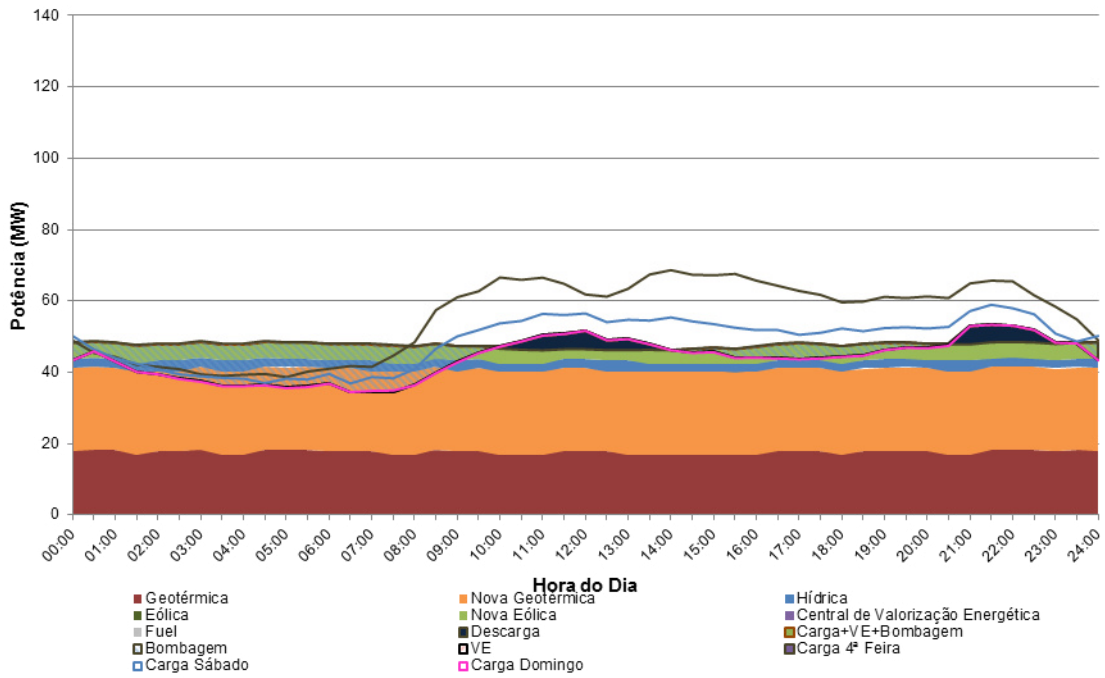


Figura 4.5 - Cenário 3, Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2020, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética

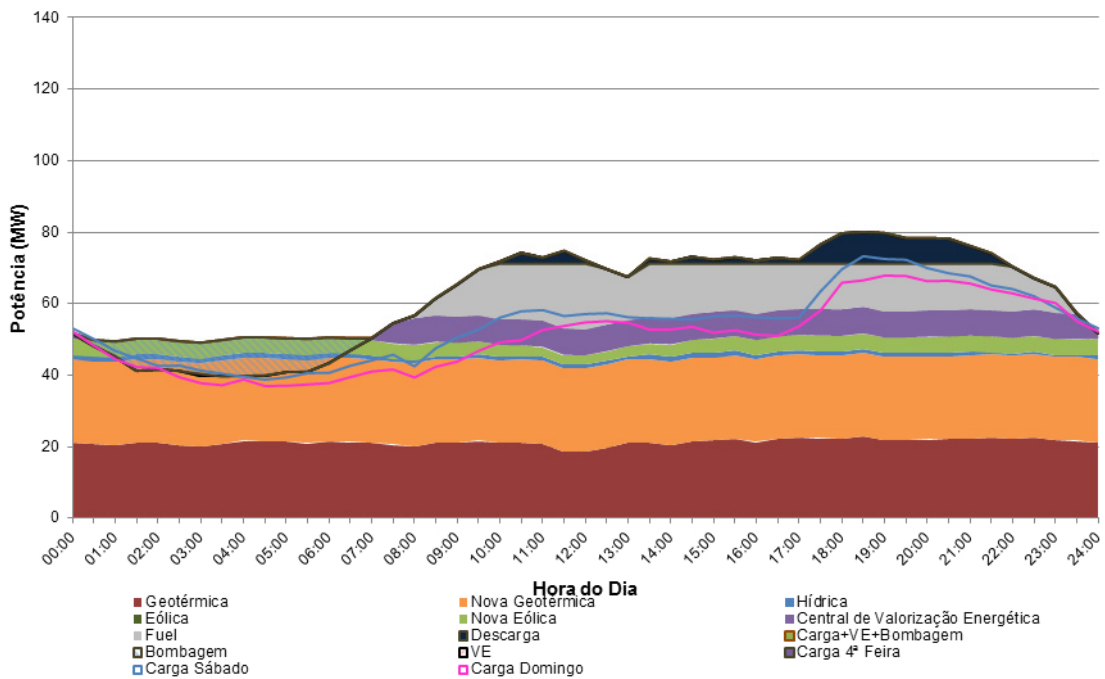


Figura 4.6 - Cenário 4, Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2020, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética

No ano 2030, cenários 17 e 18, respectivamente Figura 4.8 e Figura 4.9, mantém-se a potência instalada prevista para o ano de 2020. A produção de origem renovável atinge o valor de 89%, existindo a necessidade também de um sistema de armazenamento de energia com uma potência mínima de armazenamento de 14 MW e de capacidade mínima de armazenamento de 82 MWh. O preço da energia eléctrica situa-se nos 109 €/MWh. O consumo de energia primária, combustíveis fósseis e emissões de CO<sub>2</sub>, voltam a aumentar em ambos os sectores face à evolução do consumo de energia eléctrica e da frota automóvel, Figura 4.7. O consumo de combustíveis fósseis e as emissões de CO<sub>2</sub> evitados face ao mesmo ano sem a nova potência renovável instalada sobe pouco face a 2020, evita-se o consumo de 2837 TJ/ano e a emissão de 151 kton/ano.

Uma vez que não existe nenhum sistema de armazenamento na ilha de São Miguel que sustente a entrada de nova potência renovável, a hipótese levantada neste trabalho passa pela utilização de veículos eléctricos para consumir energia renovável suficiente para permitir a penetração de energia renovável na ilha. Os casos de estudo da utilização de veículos eléctricos seguem-se nos capítulos 4.2 e 4.3.

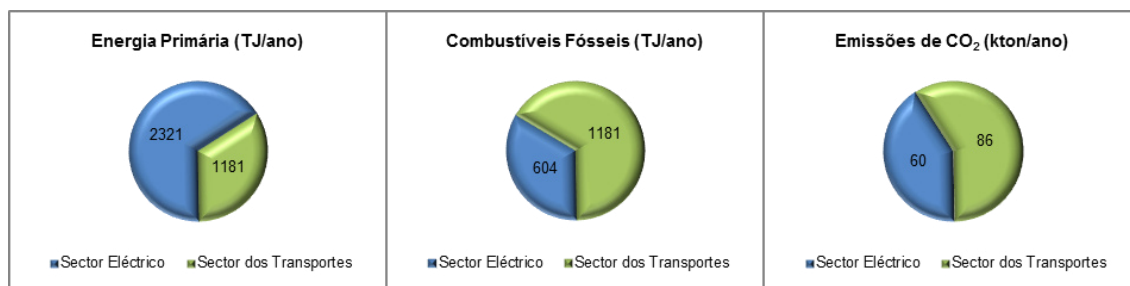


Figura 4.7 - Energia Primária, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO<sub>2</sub> no Cenário 17 e 18

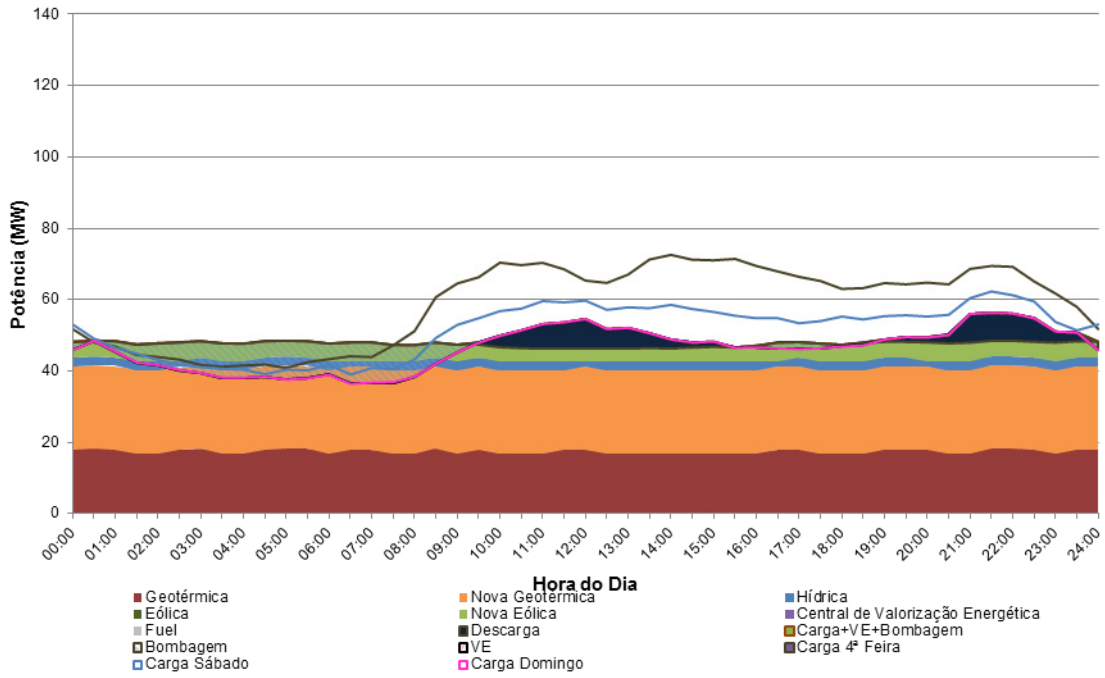


Figura 4.8 - Cenário 17, Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2030, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética

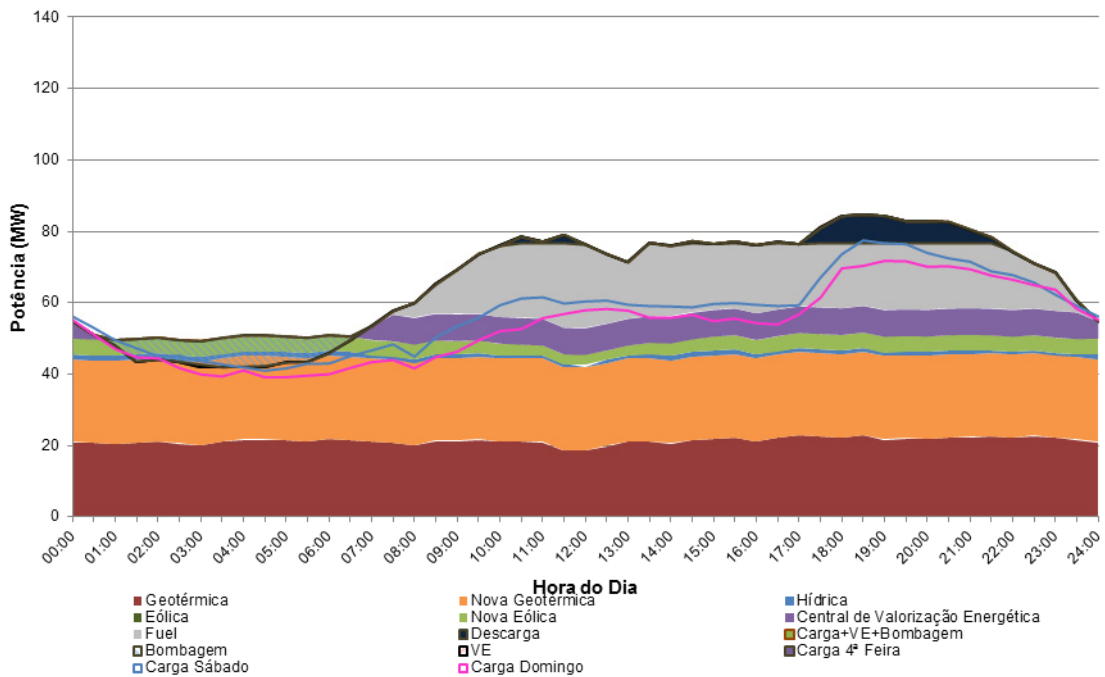


Figura 4.9 - Cenário 18, Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2030, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética

## 4.2 Cenários com Veículos Eléctricos no ano 2020

### 4.2.1 Cenário com Carregamento Não Controlado e Frota com 9% de Veículos Eléctricos

Nos cenários 5 e 6, referentes ao ano de 2020, simula-se uma frota com 9% de veículos eléctricos (5292 unidades) que no cenário de carregamento não controlado originou um aumento da ponta da noite, que no cenário 5 se pode ver entre as 20:30h e as 22h e no cenário 6 das 17:30h às 20:30h, Figura 4.11 e Figura 4.12.

O carregamento não controlado revela ser pouco adequado para ajudar a consumir a potência instalada renovável esperada em excesso. Nestes cenários existe ainda necessidade de recorrer a um sistema de armazenamento. O preço da energia eléctrica situa-se nos 109 €/MWh. O consumo de combustíveis fósseis evitados têm o valor de 2784 TJ/ano e as emissões de CO<sub>2</sub> evitadas foram de 150 kton/ano.

O consumo de energia primária encontra-se em 976 TJ/ano no Sector dos Transportes e 2160 TJ/ano no Sector Eléctrico; o consumo de combustíveis fósseis é de 976 TJ/ano no Sector dos Transportes e 452 TJ/ano no Sector Eléctrico e por fim as emissões de CO<sub>2</sub> situam-se em 72 kton no Sector dos Transportes e 50 kton no Sector Eléctrico, Figura 4.10.

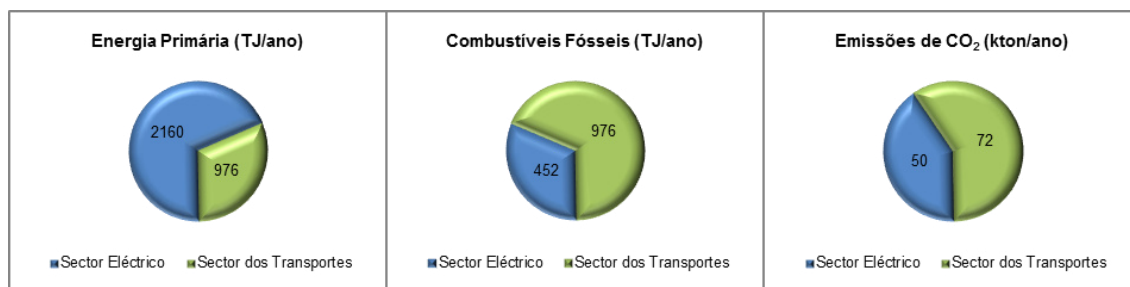


Figura 4.10 - Energia Primária, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO<sub>2</sub> no Cenário 5 e 6

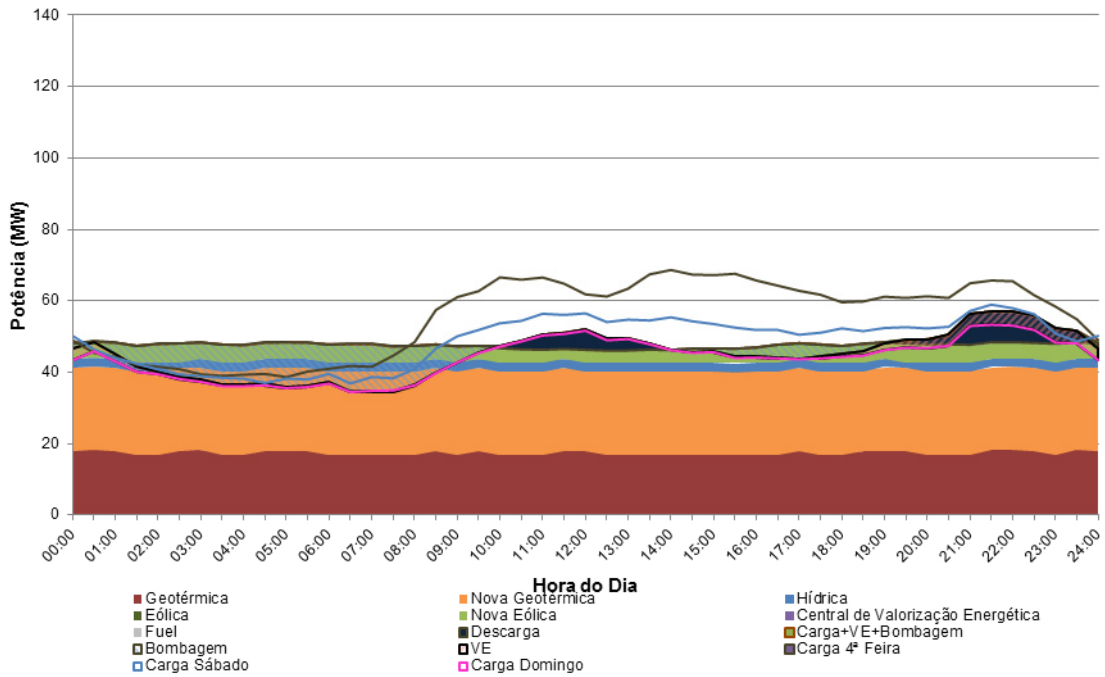


Figura 4.11 - Cenário 5, Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2020, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 9% de EV no modo de carregamento Não Controlado

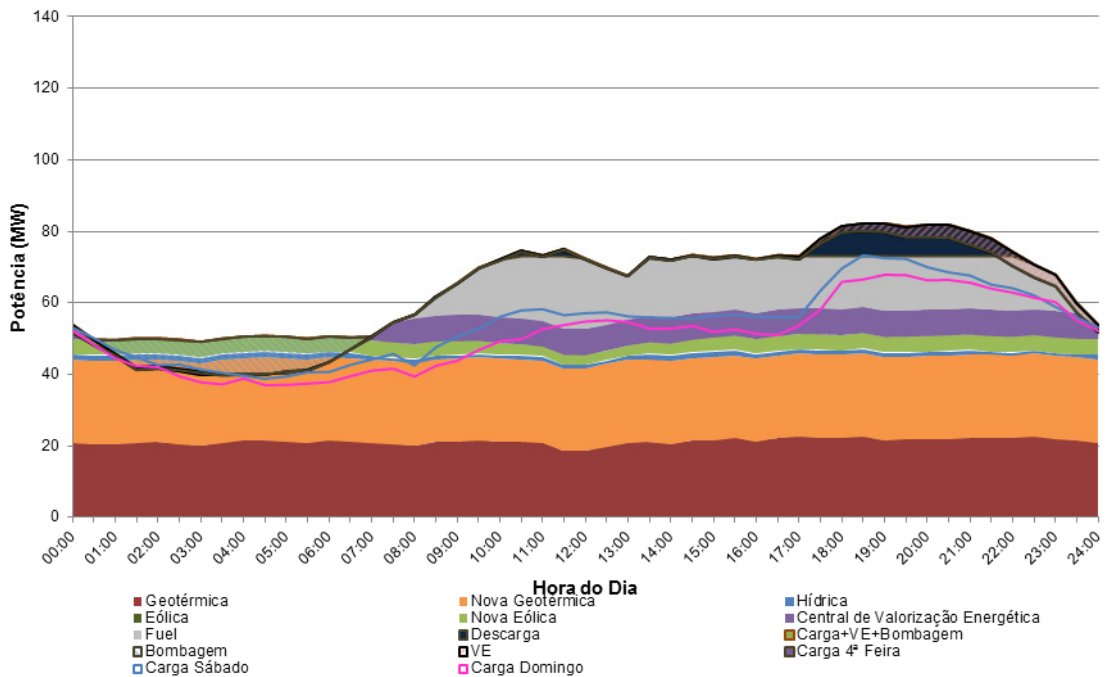


Figura 4.12 - Cenário 6, Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2020, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 9% de EV no modo de carregamento Não Controlado

## 4.2.2 Cenário com Carregamento Não Controlado e Frota com 100% Veículos Eléctricos

Nos cenários 11 e 12, referentes ao ano de 2020, inclui-se uma frota de 100% de veículos eléctricos (61 622 unidades) num cenário de carregamento não controlado que provoca um aumento da ponta da noite de tal forma elevado que o factor de vazio na pior situação do ano chega aos 35%, estas pontas observam-se no cenário 11 entre as 20:00h e as 23:30h e no cenário 12 das 19h às 21:30h, Figura 4.14 e Figura 4.15.

A frota de veículos eléctricos consome mais energia renovável mas com o perfil de carregamento não controlado este consumo dá-se à custa de um elevado consumo de *fuel* que provoca o aumento do preço da electricidade e não resolve completamente a dependência de um sistema de armazenamento. O preço da energia eléctrica subiu para os 119 €/MWh. O consumo de combustíveis fósseis evitados têm o valor de 2830 TJ/ano e as emissões de CO<sub>2</sub> evitadas foram de 160 kton/ano.

Neste cenário a frota de ligeiros de passageiros é 100% EV, o que leva a frota a não consumir directamente combustíveis fósseis nem emitir CO<sub>2</sub>, isto é resultado de uma transferência entre o Sector dos Transportes e o Sector Eléctrico, com vantagens económicas e ambientais uma vez que os veículos eléctricos são mais eficientes como se mostra na Figura 2.14, e portanto evita-se mais consumo de combustíveis fósseis e emissões de CO<sub>2</sub>.

O consumo de energia primária encontra-se em 3121 TJ/ano no Sector Eléctrico; o consumo de combustíveis fósseis é de 1383 TJ/ano no Sector Eléctrico e por fim as emissões de CO<sub>2</sub> situam-se em 112 kton no Sector Eléctrico, Figura 4.13.

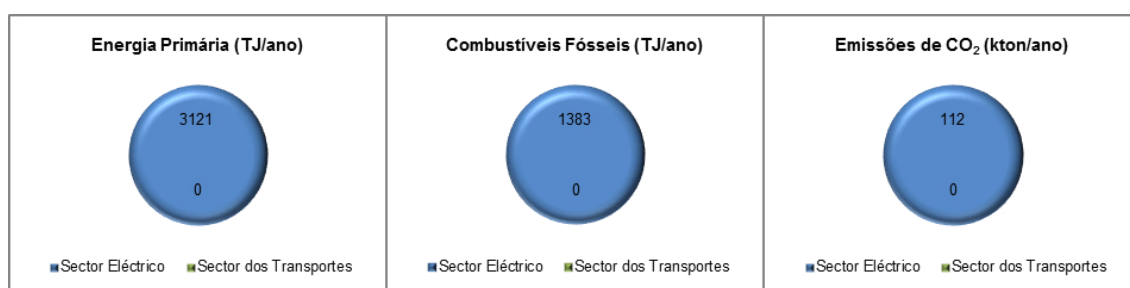


Figura 4.13 - Energia Primária, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO<sub>2</sub> no Cenário 11 e 12

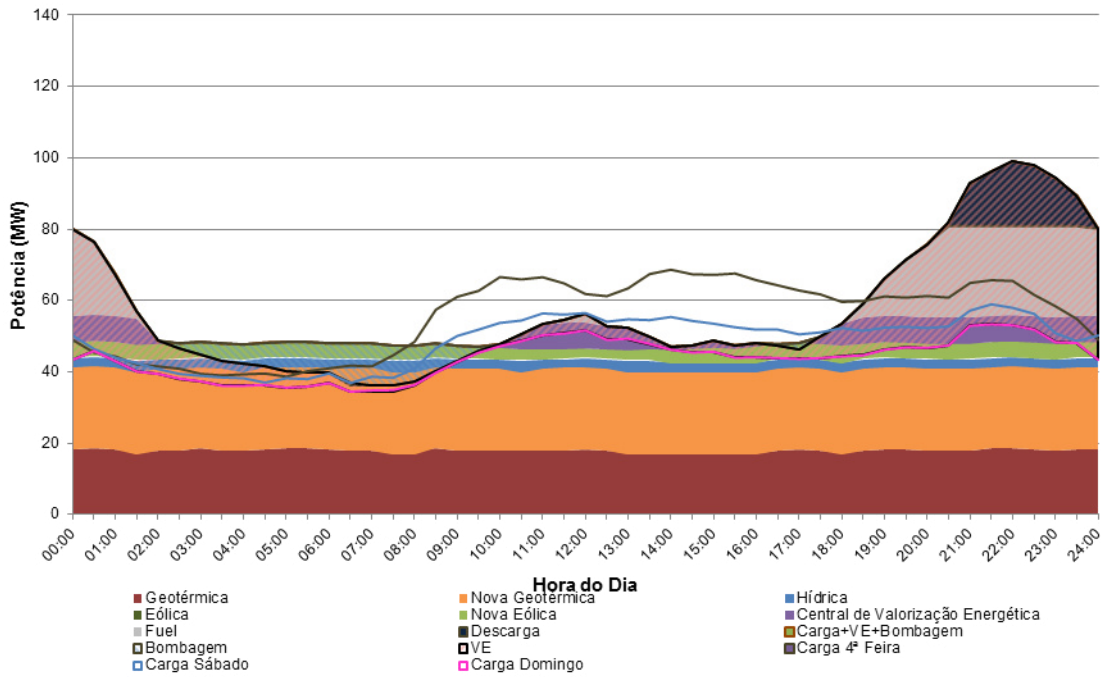


Figura 4.14 - Cenário 11, Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2020, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 100% de EV no modo de carregamento Não Controlado

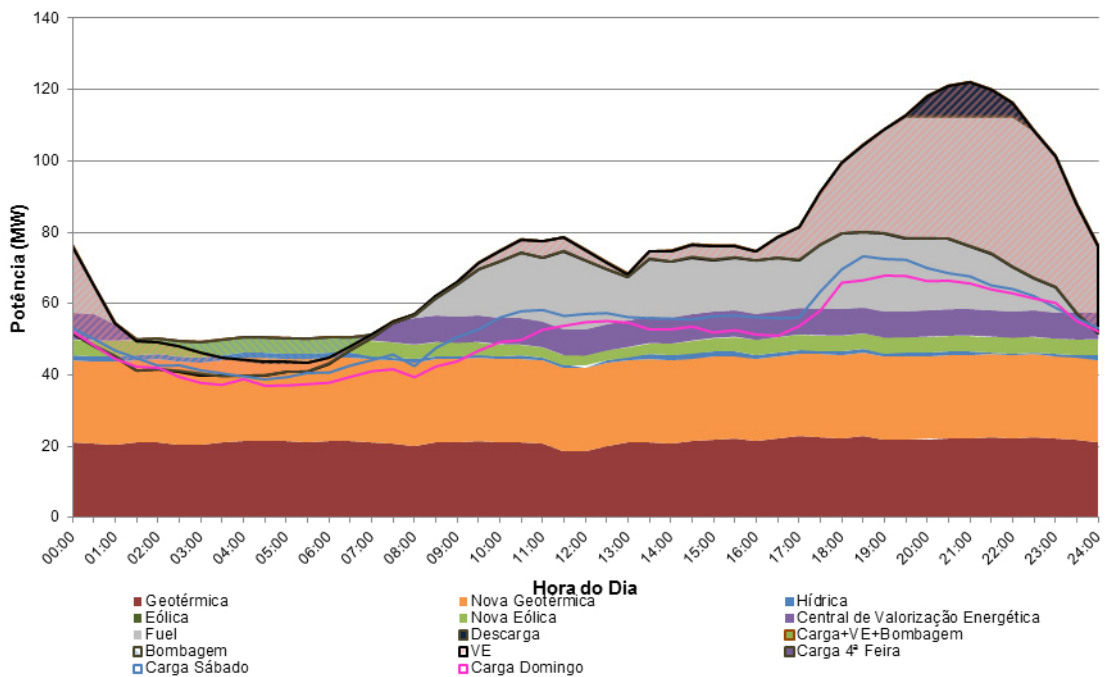


Figura 4.15 - Cenário 12, Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2020, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 100% de EV no modo de carregamento Não Controlado

### 4.2.3 Cenário com Carregamento Fora das Horas de Ponta e Frota com 9% de Veículos Eléctricos

Nos cenários 7 e 8, referentes ao ano de 2020, simula-se uma frota com 9% de veículos eléctricos (5292 unidades) com carregamento fora das horas de ponta. Neste perfil de carregamento assume-se que a maior parte do carregamento dos veículos eléctricos ocorre após a chegada a casa de noite, como tal a ponta da noite não sofreu alterações, Figura 4.17 e Figura 4.18. Observa-se uma deslocação do carregamento dos veículos eléctricos para o vazio face ao perfil de carregamento não controlado.

Em relação ao carregamento não controlado este carregamento é significativamente mais adequado para ajudar a consumir a potência instalada renovável esperada em excesso conseguindo-se com o mesmo número de veículos eléctricos reduzir ainda mais a dependência de um sistema de armazenamento. O preço da energia eléctrica situa-se nos 108 €/MWh. O consumo de combustíveis fósseis evitados têm o valor de 2795 TJ/ano e as emissões de CO<sub>2</sub> evitadas foram de 150 kton/ano.

O consumo de energia primária encontra-se em 976 TJ/ano no Sector dos Transportes e 2151 TJ/ano no Sector Eléctrico; o consumo combustíveis fósseis é de 976 TJ/ano no Sector dos Transportes e 442 TJ/ano no Sector Eléctrico e por fim as emissões de CO<sub>2</sub> situam-se em 72 kton no Sector dos Transportes e 49 kton no Sector Eléctrico, Figura 4.16.

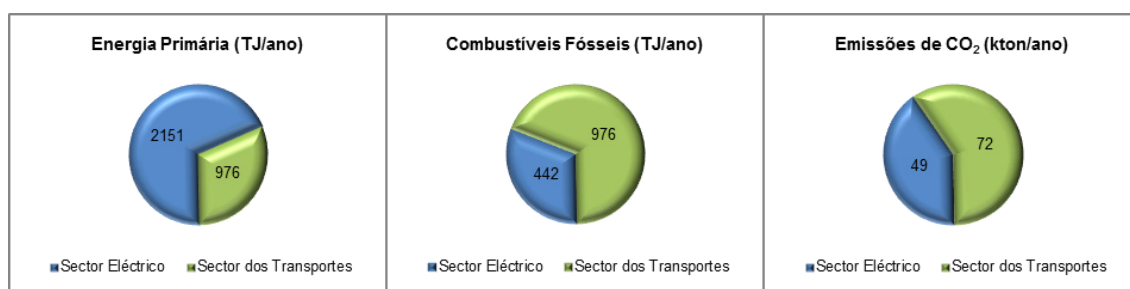


Figura 4.16 - Energia Primária, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO<sub>2</sub> no Cenário 7 e 8

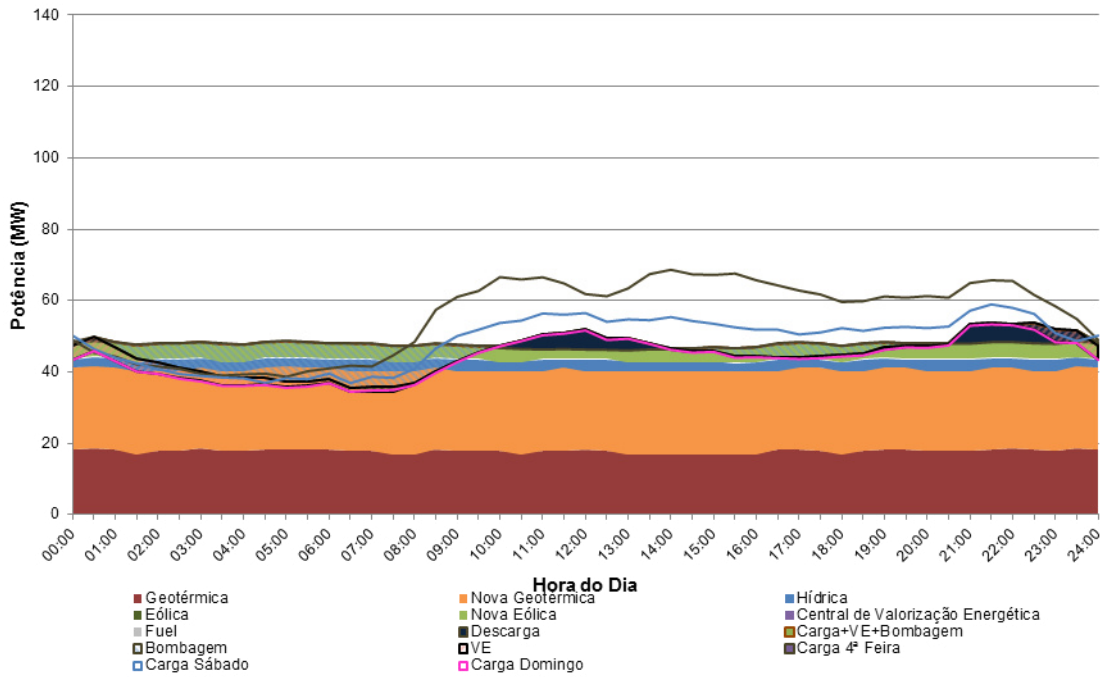


Figura 4.17 - Cenário 7, Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2020, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 9% de EV no modo de carregamento Fora das Horas de Ponta

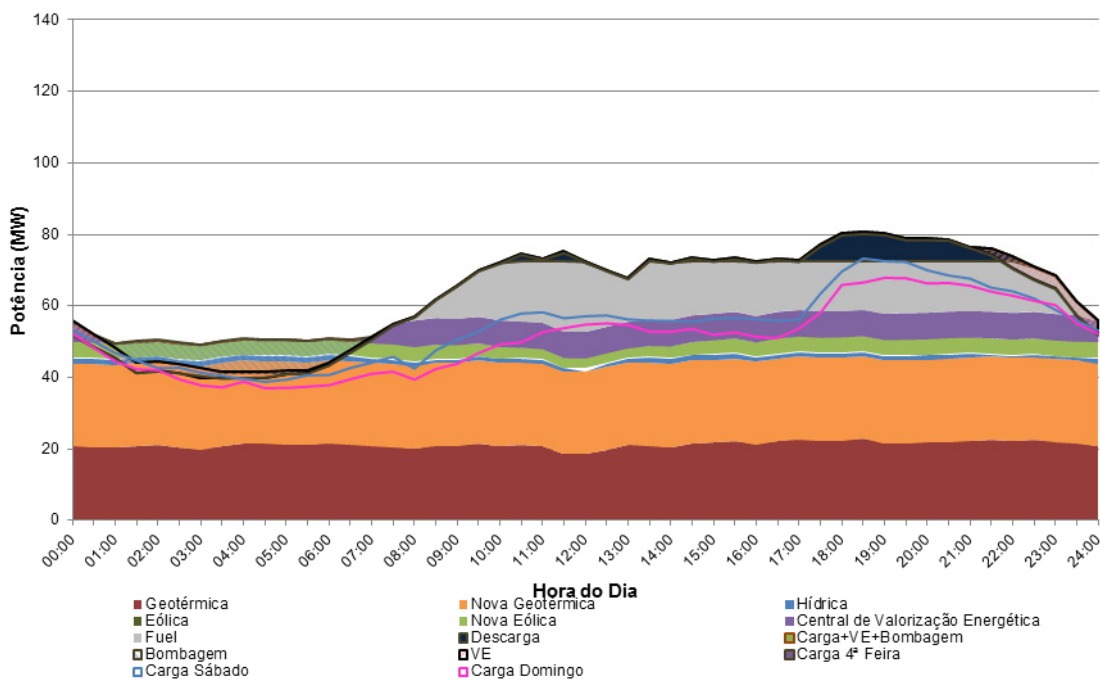


Figura 4.18 - Cenário 8, Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2020, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 9% de EV no modo de carregamento Fora das Horas de Ponta

#### 4.2.4 Cenário com Carregamento Fora das Horas de Ponta e Frota com 100% Veículos Eléctricos

Nos cenários 13 e 14, referentes ao ano de 2020, encontra-se uma frota com 100% de veículos eléctricos (61 622 unidades) num perfil de carregamento fora das horas de ponta. Sobressaem desde logo na Figura 4.20 e Figura 4.21 novas pontas da noite, mas desta vez não são tão elevadas como as dos cenários 11 e 12 uma vez que não ocorre a sobreposição da ponta do consumo eléctrico convencional com a ponta do carregamento de veículos eléctricos.

Estes cenários aproximam-se da resolução da dependência de um sistema de armazenamento de energia, mas não constituem a solução mais “inteligente” e que melhor aproveita os recursos existentes. O preço da energia eléctrica situa-se nos 118 €/MWh. O consumo de combustíveis fósseis evitados têm o valor de 2975 TJ/ano e as emissões de CO<sub>2</sub> evitadas foram de 162 kton/ano.

O consumo de energia primária encontra-se em 3021 TJ/ano no Sector Eléctrico; o consumo de combustíveis fósseis é de 1237 TJ/ano no Sector Eléctrico e por fim as emissões de CO<sub>2</sub> situam-se em 110 kton no Sector Eléctrico, Figura 4.19.

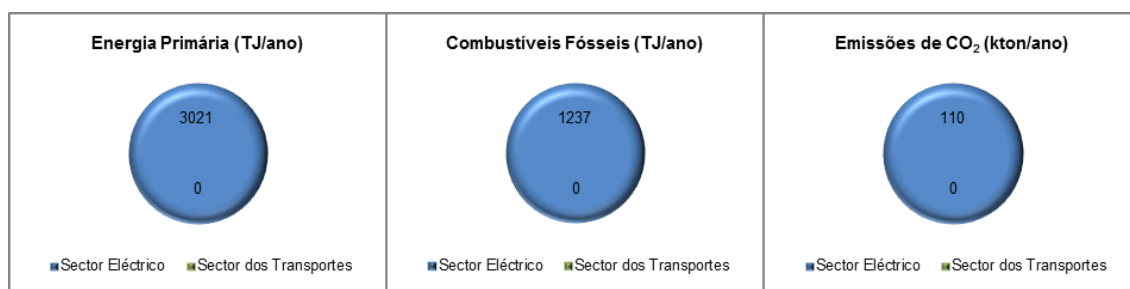


Figura 4.19 - Energia Primária, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO<sub>2</sub> no Cenário 13 e 14

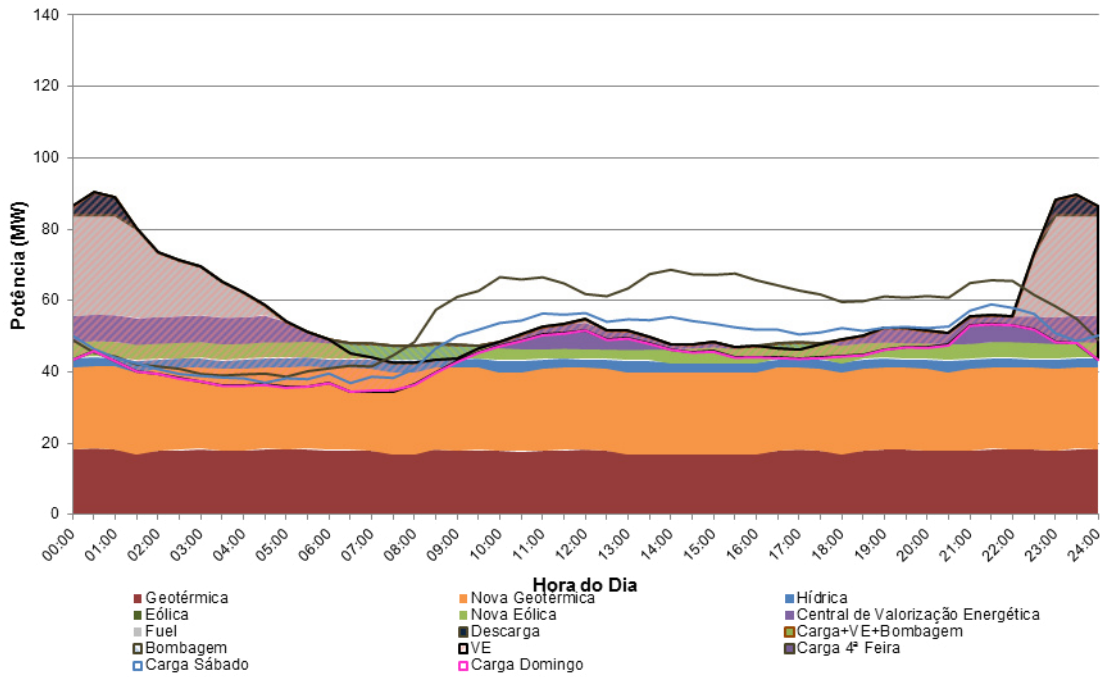


Figura 4.20 - Cenário 13, Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2020, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 100% de EV no modo de carregamento Fora das Horas de Ponta

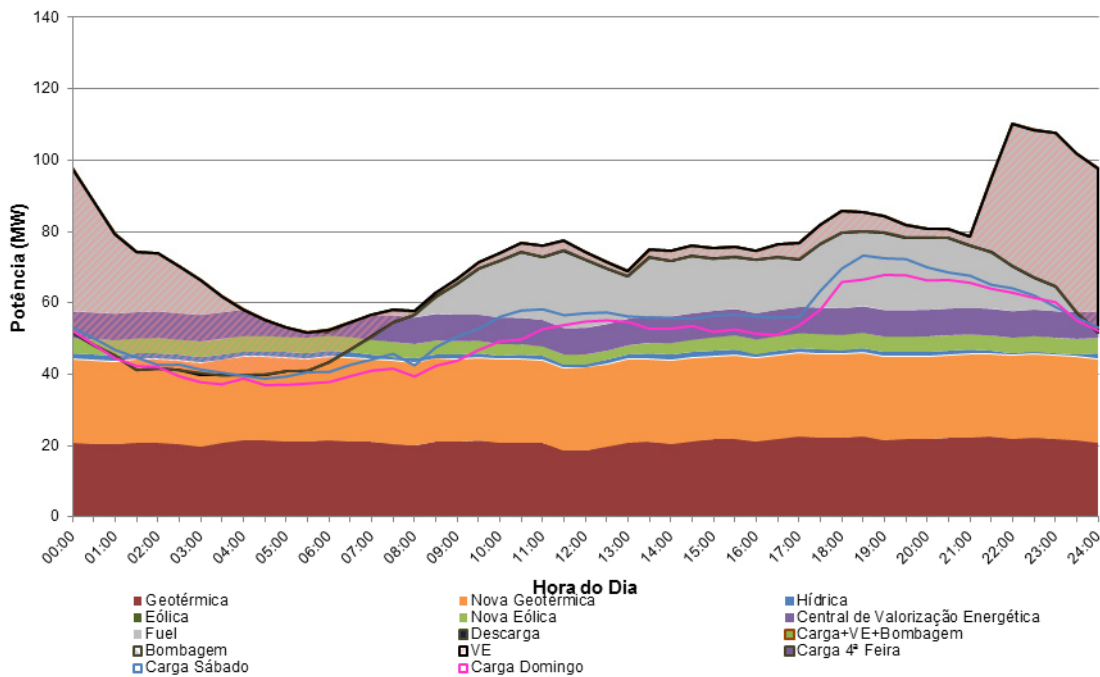


Figura 4.21 - Cenário 14, Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2020, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 100% de EV no modo de carregamento Fora das Horas de Ponta

#### 4.2.5 Cenário com Carregamento Controlado (G4V) e Frota com 9% de Veículos Eléctricos

Nos cenários 9 e 10, referentes ao ano de 2020, são introduzidos 9% de veículos eléctricos (5292 unidades) com carregamento controlado (G4V), este tipo de carregamento tende a uniformizar o diagrama de carga. Este carregamento é o mais adequado para ajudar a consumir a potência instalada renovável esperada em excesso como se pode observar na Figura 4.23 e Figura 4.24. Mas como a penetração de veículos eléctricos não é suficientemente elevada, existe ainda a necessidade de um sistema de armazenamento, com uma grande capacidade. O preço da energia eléctrica situa-se nos 109 €/MWh. O consumo de combustíveis fósseis evitados têm o valor de 2789 TJ/ano e as emissões de CO<sub>2</sub> evitadas foram de 151 kton/ano.

O consumo de energia primária encontra-se em 976 TJ/ano no Sector dos Transportes e 2151 TJ/ano no Sector Eléctrico; o consumo de combustíveis fósseis é de 976 TJ/ano no Sector dos Transportes e 447 TJ/ano no Sector Eléctrico e por fim as emissões de CO<sub>2</sub> situam-se em 72 kton no Sector dos Transportes e 49 kton no Sector Eléctrico, Figura 4.22.

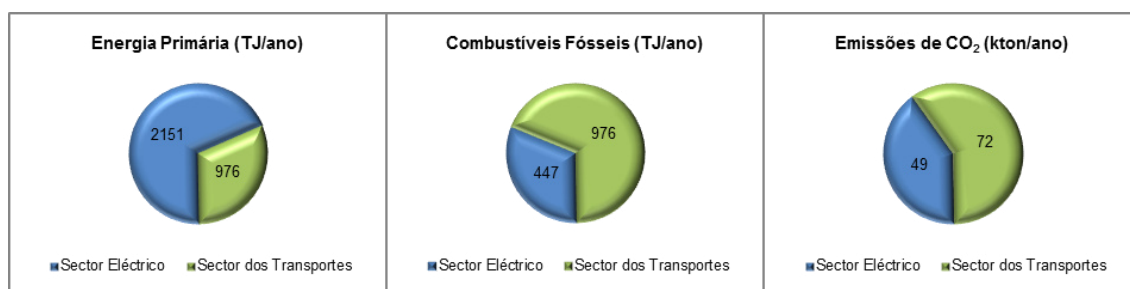


Figura 4.22 - Energia Primária, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO<sub>2</sub> no Cenário 9 e 10

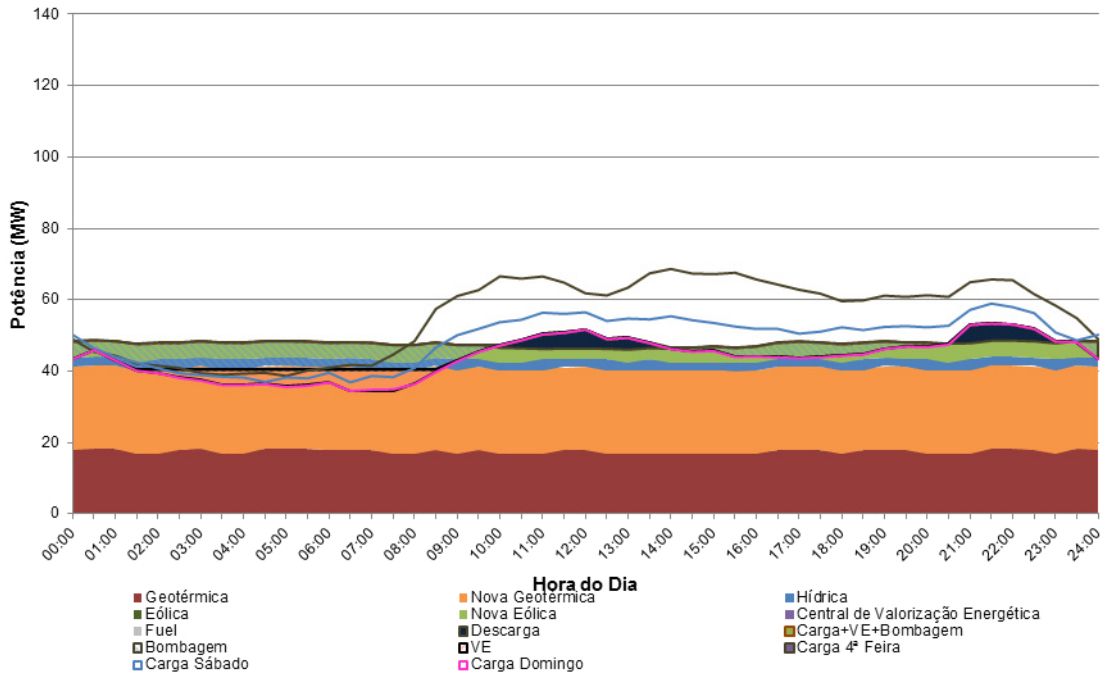


Figura 4.23 - Cenário 9, Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2020, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 9% de EV no modo de carregamento Controlado (G4V)

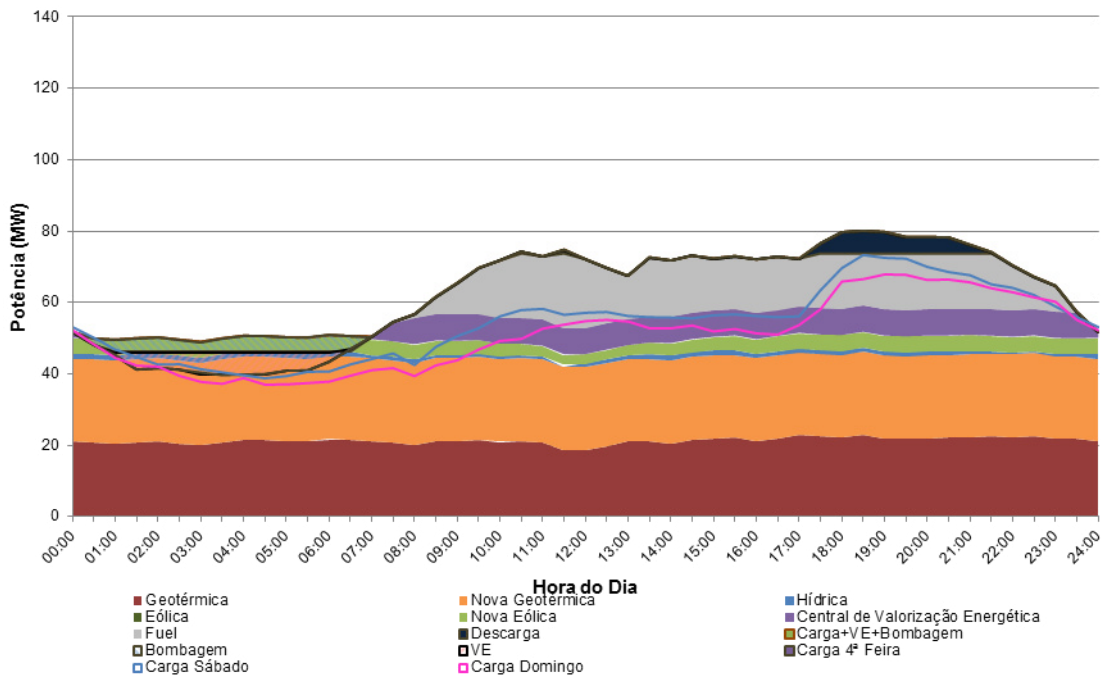


Figura 4.24 - Cenário 10, Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2020, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 9% de EV no modo de carregamento Controlado (G4V)

À medida que se vai evoluindo para cenários de carregamento mais favoráveis o factor de vazio (relação vazio/ponta) vai melhorando, uniformizando o diagrama de carga e o preço da electricidade ao longo do dia.

Com a introdução de EV verifica-se um aumento do preço e emissões no sector eléctrico em oposição ao que acontece no sector dos transportes. Essas variações diminuem à medida que se evolui para cenários de carregamento mais controlados.

#### 4.2.6 Cenário com Carregamento Controlado (G4V) e Frota com 100% Veículos Eléctricos

Nos cenários 15 e 16, referentes ao ano de 2020, usou-se uma frota com 100% de veículos eléctricos (61 622 unidades) com um perfil de carregamento controlado (G4V). Nestes cenários consegue-se atingir o objectivo inicial, verificar se a introdução de veículos eléctricos na ilha de São Miguel permite o aumento de potência instalada renovável segundo os planos de investimentos previstos, Figura 4.26 e Figura 4.27. Este carregamento é o mais adequado para ajudar a consumir a potência instalada renovável esperada em excesso. O preço da energia eléctrica situa-se nos 117 €/MWh. O consumo de combustíveis fósseis evitados têm o valor de 3041 TJ/ano e as emissões de CO<sub>2</sub> evitadas foram de 162 kton/ano.

O consumo de energia primária atinge o mínimo de 2978 TJ/ano; o consumo de combustíveis fósseis baixa para 1172 TJ/ano e por fim as emissões de CO<sub>2</sub> encontram o seu menor valor em 109 kton, Figura 4.25.

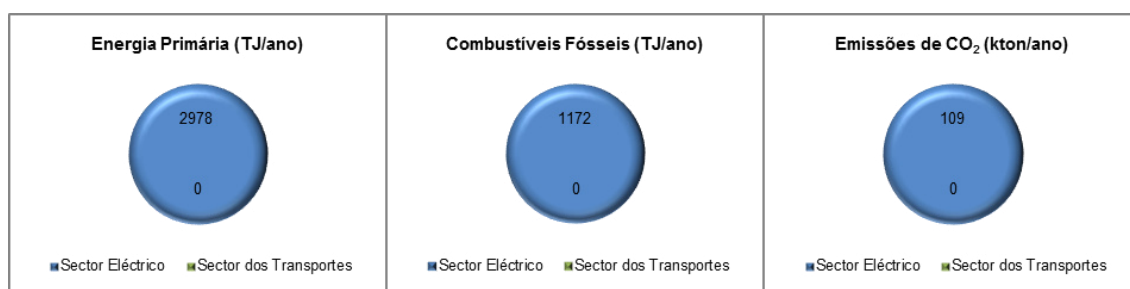


Figura 4.25 - Energia Primária, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO<sub>2</sub> no Cenário 15 e 16

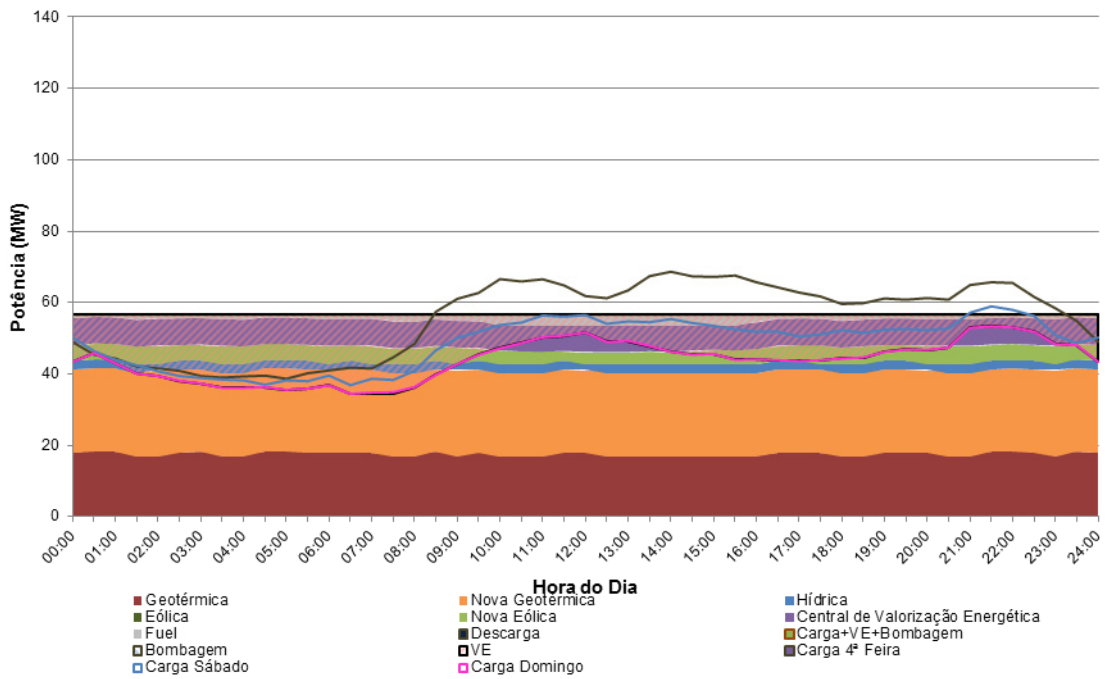


Figura 4.26 - Cenário 15, Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2020, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotermia e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 100% EV no modo de carregamento Controlado (G4V)

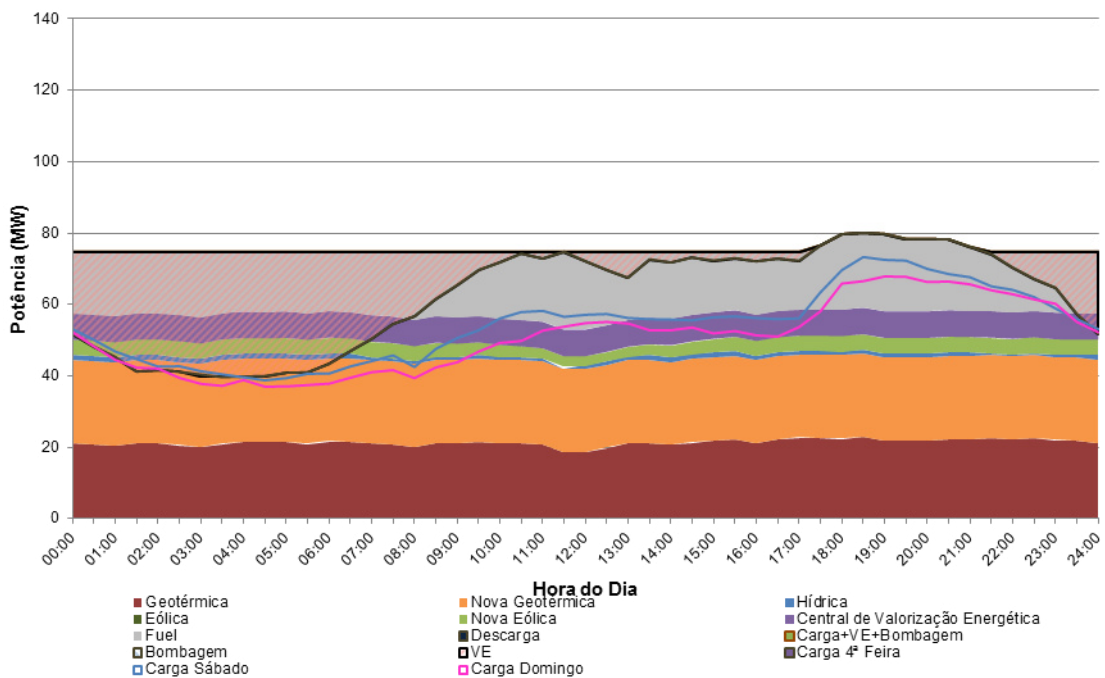


Figura 4.27 - Cenário 16, Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2020, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotermia e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 100% EV no modo de carregamento Controlado (G4V)

## 4.3 Cenários com Veículos Eléctricos no ano 2030

### 4.3.1 Cenário com Carregamento Não Controlado e Frota com 20% de Veículos Eléctricos

Nos cenários 19 e 20, referentes ao ano de 2030, simula-se uma frota com 20% de veículos eléctricos (13 803 unidades) que no cenário de carregamento não controlado, originou um aumento da ponta da noite, que no cenário 19 se observa entre as 21h e as 22:30h e no cenário 20 entre as 20h e as 21h, Figura 4.29 e Figura 4.30.

O carregamento não controlado mais uma vez revela ser desadequado para ajudar a consumir a potência instalada renovável esperada em excesso. Nestes cenários e apesar dos 10 anos de aumento do consumo de energia eléctrica e do aumento da penetração de veículos eléctricos na ilha face ao cenário base de 2020 existe ainda necessidade de recorrer a um sistema de armazenamento de energia. O preço da energia eléctrica situa-se nos 112 €/MWh. O consumo de combustíveis fósseis evitados têm o valor de 2868 TJ/ano e as emissões de CO<sub>2</sub> evitadas foram de 153 kton/ano.

O consumo de energia primária encontra-se em 943 TJ/ano no Sector dos Transportes e 2544 TJ/ano no Sector Eléctrico; o consumo de combustíveis fósseis é de 943 TJ/ano no Sector dos Transportes e 812 TJ/ano no Sector Eléctrico e por fim as emissões de CO<sub>2</sub> situam-se em 69 kton no Sector dos Transportes e 75 kton no Sector Eléctrico, Figura 4.28.

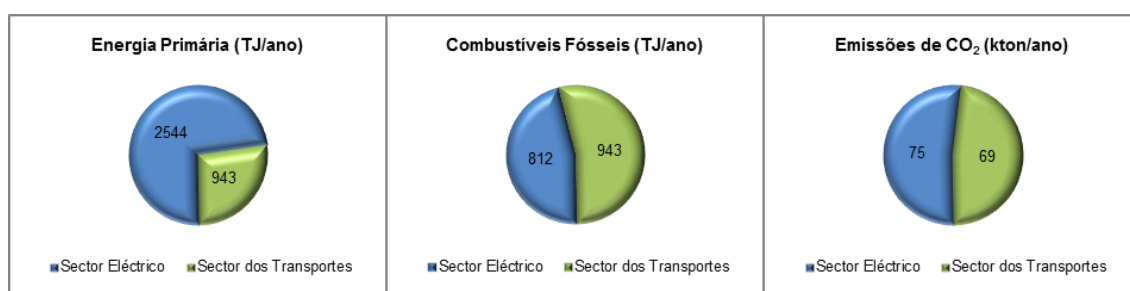


Figura 4.28 - Energia Primária, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO<sub>2</sub> no Cenário 19 e 20

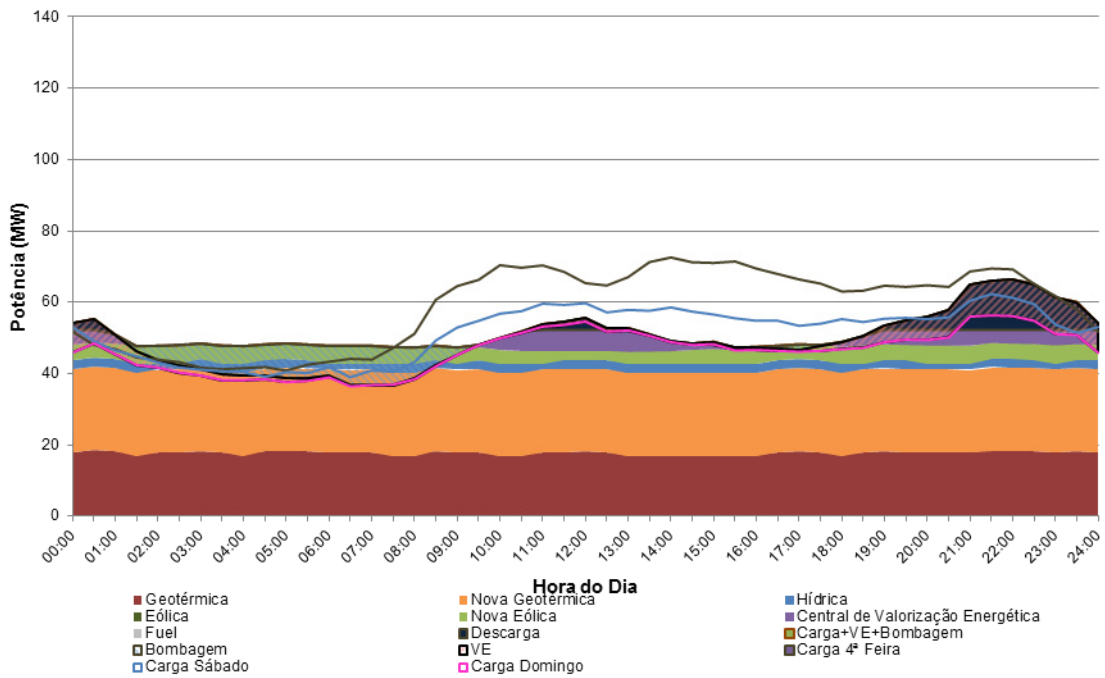


Figura 4.29 - Cenário 19, Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2030, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotermia e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 20% de EV no modo de carregamento Não Controlado

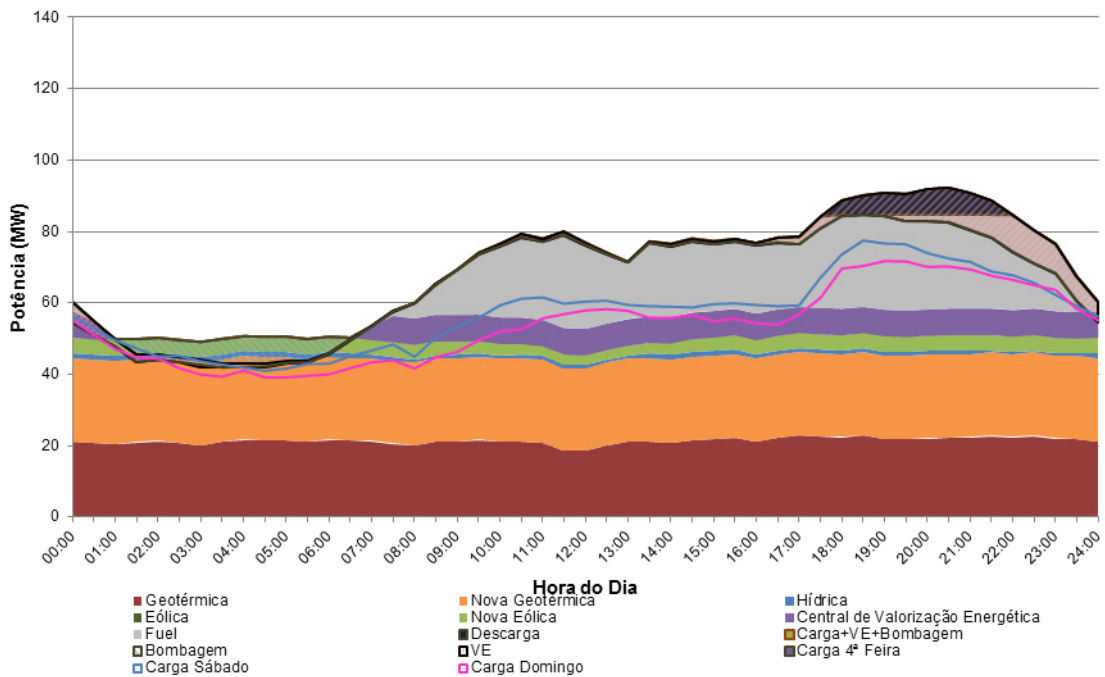


Figura 4.30 - Cenário 20, Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2030, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotermia e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 20% de EV no modo de carregamento Não Controlado

### 4.3.2 Cenário com Carregamento Não Controlado e Frota com 100% de Veículos Eléctricos

No Cenário 25 e 26, referentes ao ano de 2030, inclui-se uma frota de 100% de veículos eléctricos (68 356 unidades) num cenário de carregamento não controlado que provoca um aumento da ponta da noite de tal forma elevado que o factor de vazio na pior situação do ano volta tocar o valor de 35%, estas pontas observam-se no cenário 25 entre as 21h e as 23:30h e no cenário 26 das 20h às 21h, Figura 4.32 e Figura 4.33.

A frota de veículos eléctricos consome mais energia renovável mas com o perfil de carregamento não controlado este consumo dá-se à custa de um elevado consumo de *fuel* que provoca novamente o aumento do preço da electricidade e não resolve completamente a dependência de um sistema de armazenamento. O preço da energia eléctrica subiu para os 124 €/MWh. O consumo de combustíveis fósseis evitados têm o valor de 2863 TJ/ano e as emissões de CO<sub>2</sub> evitadas foram de 161 kton/ano.

O consumo de energia primária encontra-se em 3509 TJ/ano no Sector Eléctrico; o consumo de combustíveis fósseis é de 1758 TJ/ano no Sector Eléctrico e por fim as emissões de CO<sub>2</sub> situam-se em 137 kton no Sector Eléctrico, Figura 4.31.

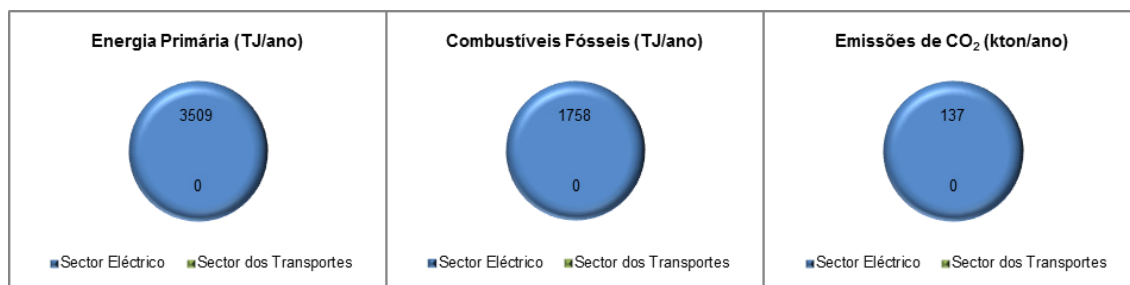


Figura 4.31 - Energia Primária, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO<sub>2</sub> no Cenário 25 e 26

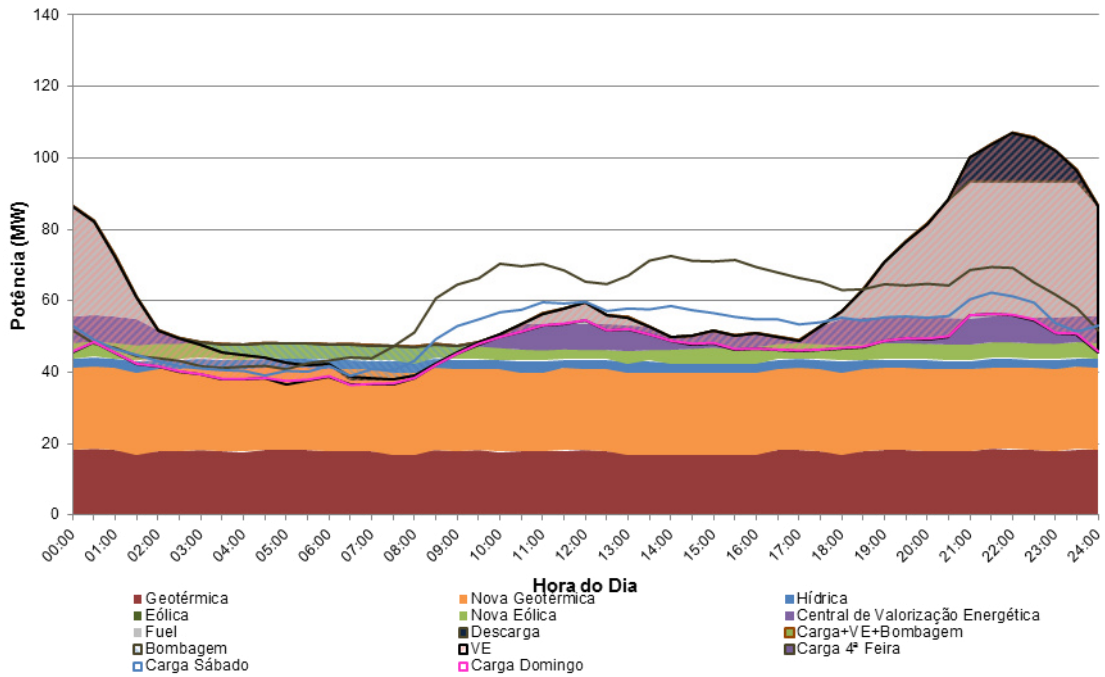


Figura 4.32 - Cenário 25, Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2030, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 100% de EV no modo de carregamento Não Controlado

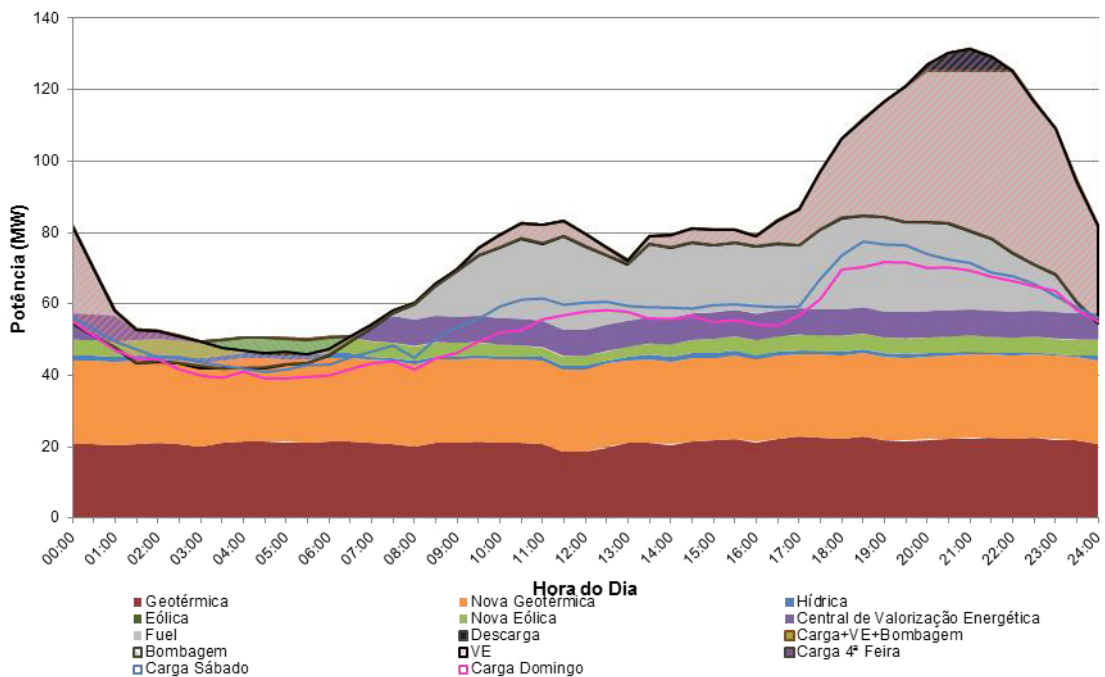


Figura 4.33 - Cenário 26, Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2030, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 100% de EV no modo de carregamento Não Controlado

### 4.3.3 Cenário com Carregamento Fora das Horas de Ponta e Frota com 20% de Veículos Eléctricos

No Cenário 21 e 22, referentes ao ano de 2030, simula-se uma frota com 20% de veículos eléctricos (13 803 unidades) com carregamento fora das horas de ponta, observa-se uma deslocação da ponta no cenário 21 devido à elevada penetração de EV, no cenário 22 a ponta da noite mantém-se, Figura 4.35 e Figura 4.36. Este carregamento mostra-se mais uma vez mais adequado que o carregamento não controlado para ajudar a consumir a potência instalada renovável esperada em excesso conseguindo-se com o mesmo número de veículos eléctricos reduzir ainda mais a dependência de um sistema de armazenamento. O preço da energia eléctrica situa-se nos 111 €/MWh. O consumo de combustíveis fósseis evitados têm o valor de 2909 TJ/ano e as emissões de CO<sub>2</sub> evitadas foram de 154 kton/ano.

O consumo de energia primária encontra-se em 943 TJ/ano no Sector dos Transportes e 2512 TJ/ano no Sector Eléctrico; o consumo de combustíveis fósseis é de 943 TJ/ano no Sector dos Transportes e 770 TJ/ano no Sector Eléctrico e por fim as emissões de CO<sub>2</sub> situam-se em 69 kton no Sector dos Transportes e 75 kton no Sector Eléctrico, Figura 4.34.

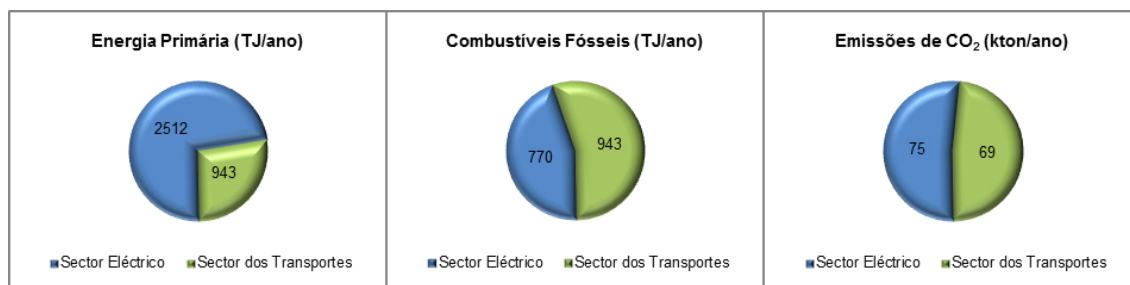


Figura 4.34 Energia Primária, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO<sub>2</sub> no Cenário 21 e 22

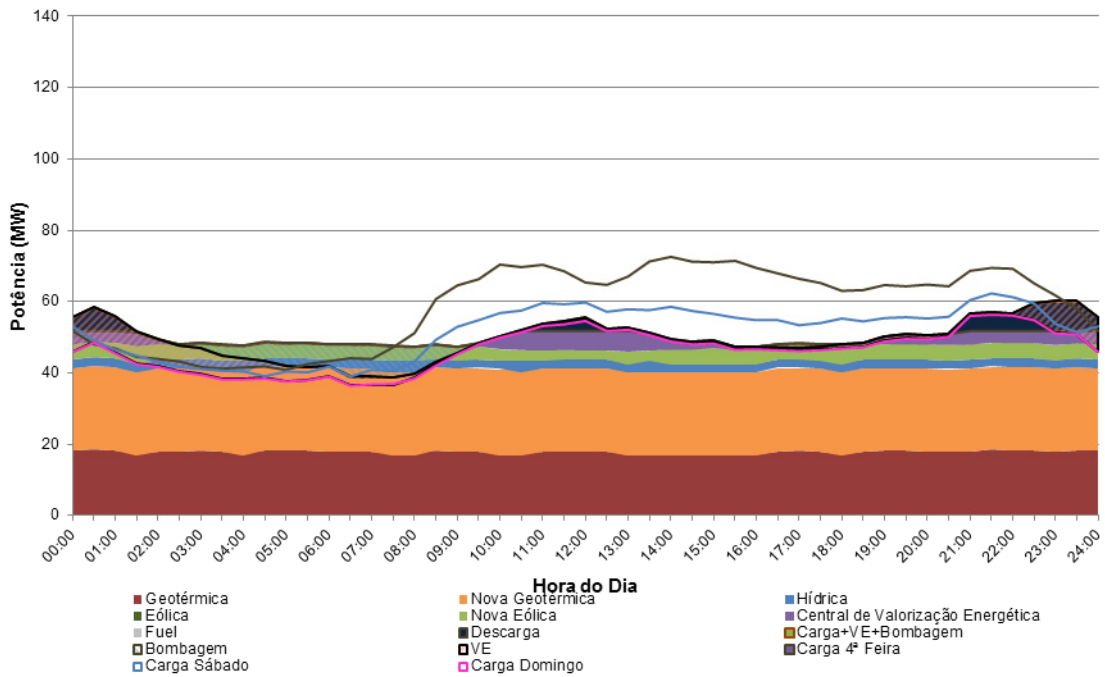


Figura 4.35 - Cenário 21, Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2030, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 20% de EV no modo de carregamento Fora das Horas de Ponta

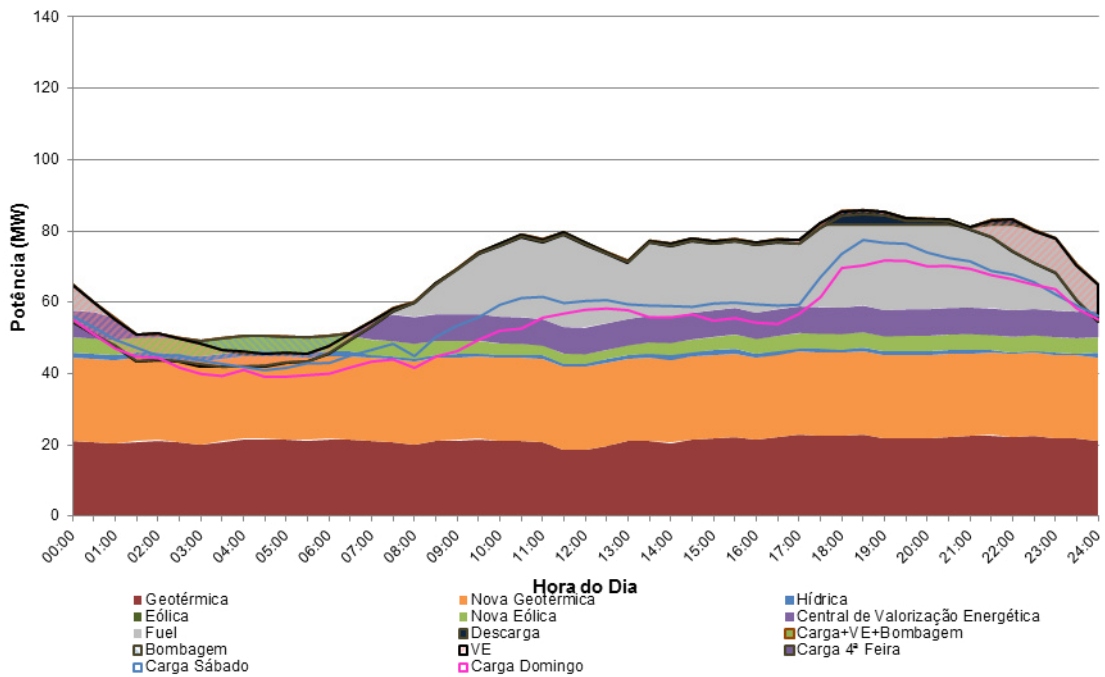


Figura 4.36 - Cenário 22, Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2030, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 20% de EV no modo de carregamento Fora das Horas de Ponta

#### 4.3.4 Cenário com Carregamento Fora das Horas de Ponta e Frota com 100% de Veículos Eléctricos

No Cenário 27 e 28, referentes ao ano de 2030, encontra-se uma frota com 100% de veículos eléctricos (68 356 unidades) num perfil de carregamento fora das horas de ponta. Mais uma vez sobressaem na Figura 4.38 e Figura 4.39 novas pontas da noite. Estes cenários voltam a aproximar-se da resolução da dependência de um sistema de armazenamento de energia. O preço da energia eléctrica situa-se nos 123 €/MWh. O consumo de combustíveis fósseis evitados têm o valor de 3001 TJ/ano e as emissões de CO<sub>2</sub> evitadas foram de 162 kton/ano.

O consumo de energia primária encontra-se em 3419 TJ/ano no Sector Eléctrico; o consumo de combustíveis fósseis é de 1622 TJ/ano no Sector Eléctrico e por fim as emissões de CO<sub>2</sub> situam-se em 136 kton no Sector Eléctrico, Figura 4.37.

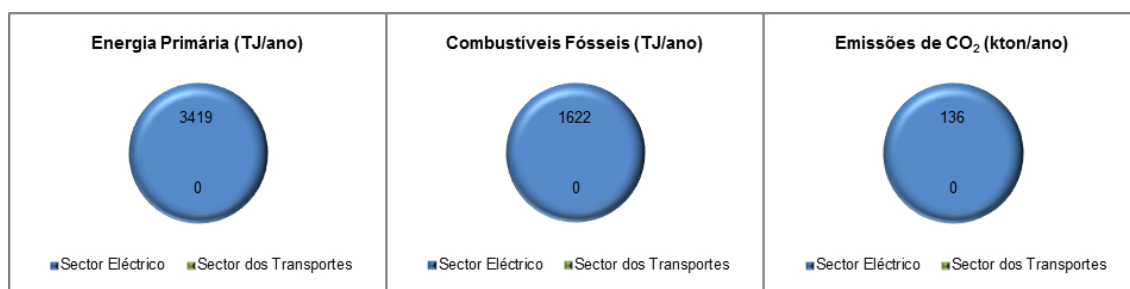


Figura 4.37 - Energia Primária, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO<sub>2</sub> no Cenário 27 e 28

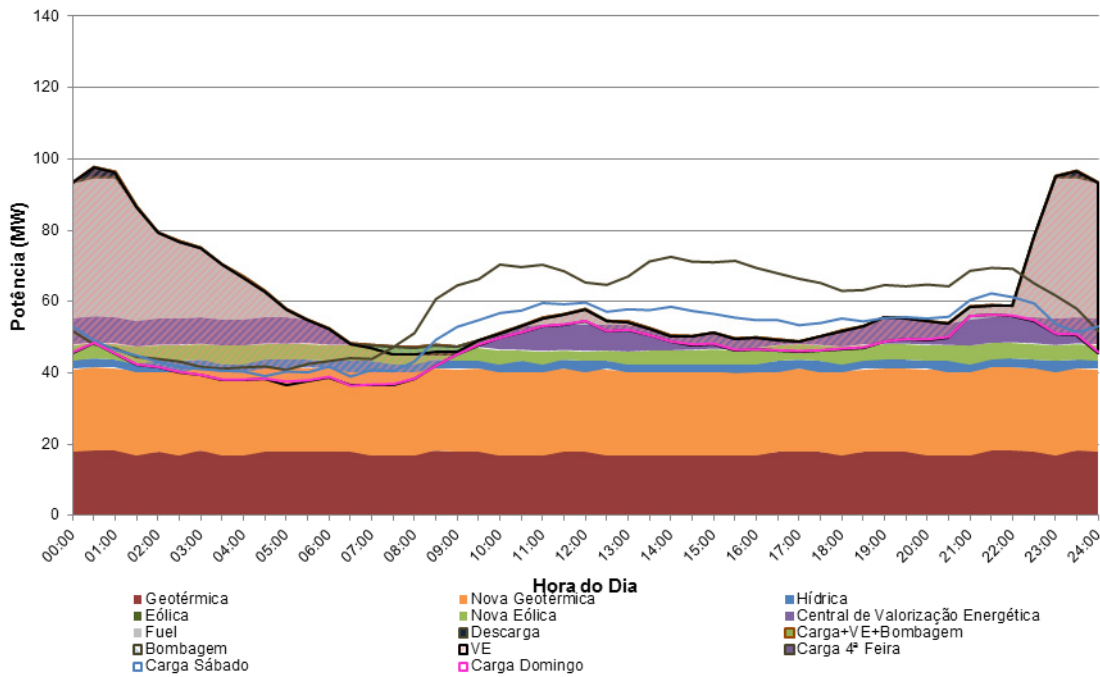


Figura 4.38 - Cenário 27, Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2030, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 100% de EV no modo de carregamento Fora das Horas de Ponta

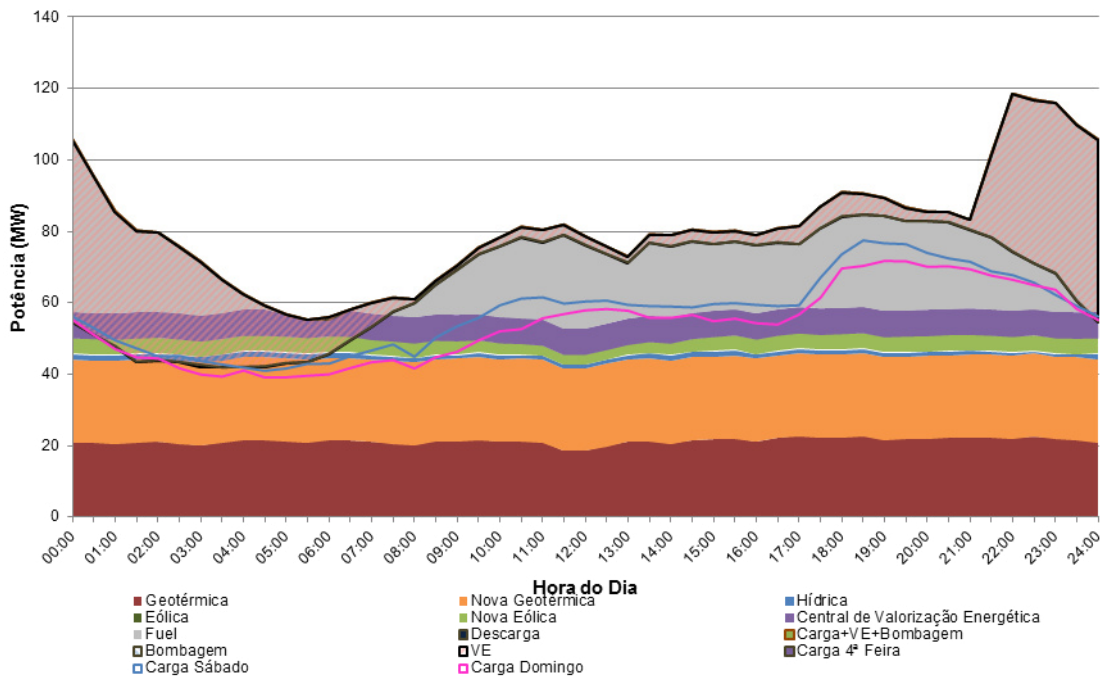


Figura 4.39 - Cenário 28, Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2030, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 100% de EV no modo de carregamento Fora das Horas de Ponta

### 4.3.5 Cenário com Carregamento Controlado (G4V) e Frota com 20% de Veículos Eléctricos

No Cenário 23 e 24, referentes ao ano de 2030, são introduzidos 20% de veículos eléctricos (13 803 unidades) com carregamento controlado (G4V), Figura 4.41 e Figura 4.42. Nestes cenários base de penetração de veículos eléctricos já com uma frota de veículos eléctricos maior que em 2020, continua a ser necessário um sistema de armazenamento. O preço da energia eléctrica situa-se nos 110 €/MWh. O consumo de combustíveis fósseis evitados têm o valor de 2980 TJ/ano e as emissões de CO<sub>2</sub> evitadas foram de 155 kton/ano.

O consumo de energia primária encontra-se em 943 TJ/ano no Sector dos Transportes e 2463 TJ/ano no Sector Eléctrico; o consumo de combustíveis fósseis é de 943 TJ/ano no Sector dos Transportes e 699 TJ/ano no Sector Eléctrico e por fim as emissões de CO<sub>2</sub> situam-se em 69 kton no Sector dos Transportes e 74 kton no Sector Eléctrico, Figura 4.40.

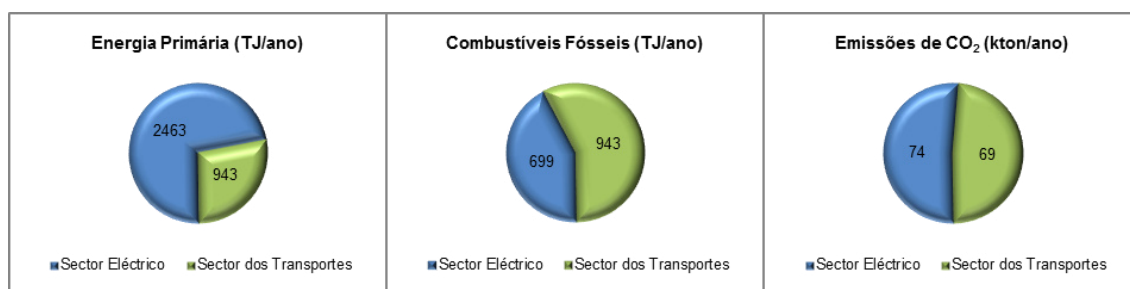


Figura 4.40 - Energia Primária, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO<sub>2</sub> no Cenário 23 e 24

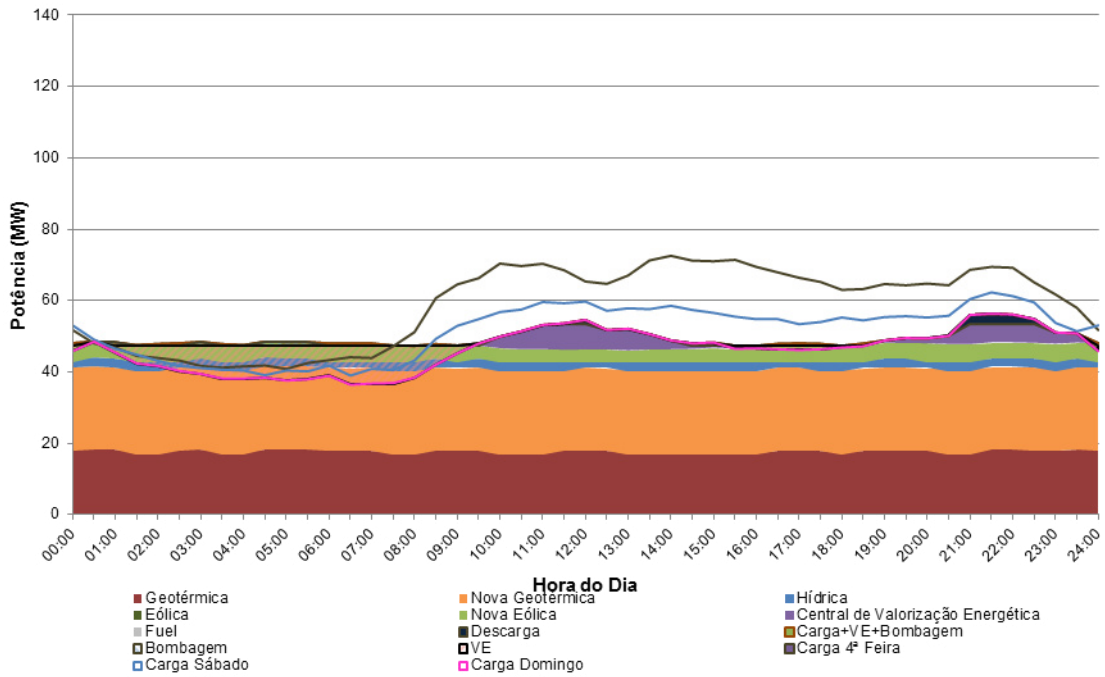


Figura 4.41 - Cenário 23, Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2030, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 20% de EV no modo de carregamento Controlado (G4V)

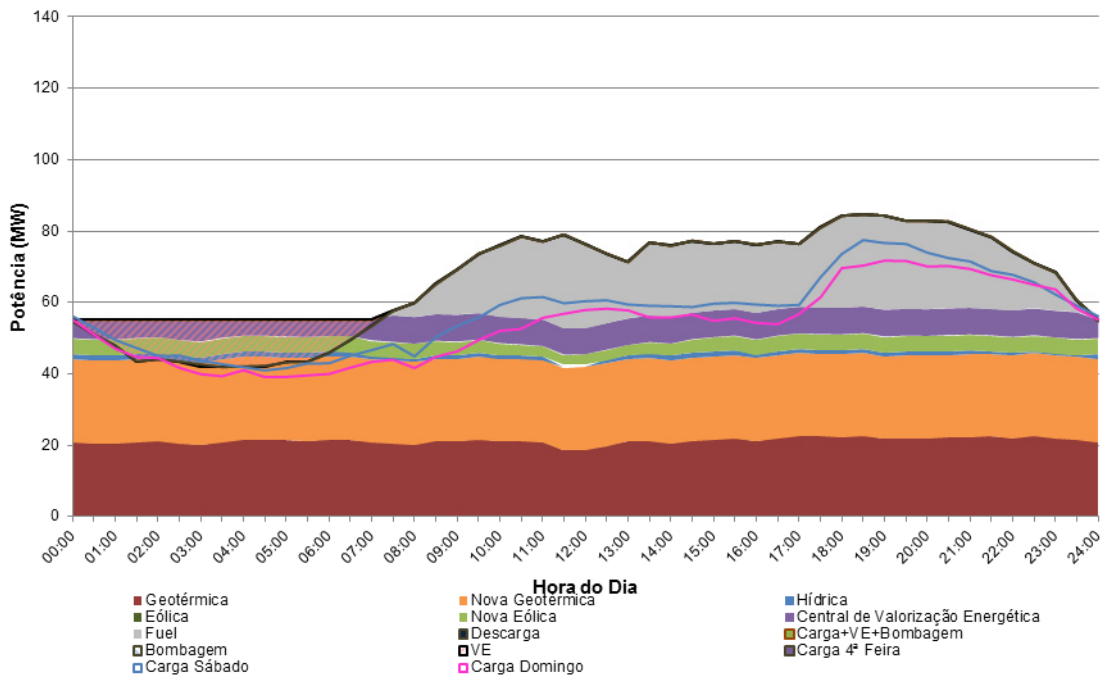


Figura 4.42 - Cenário 24, Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2030, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 20% de EV no modo de carregamento Controlado (G4V)

### 4.3.6 Cenário com Carregamento Controlado (G4V) e Frota com 100% de Veículos Eléctricos

No Cenário 29 e 30, referentes ao ano de 2030, usou-se uma frota com 100% de veículos eléctricos (68 356 unidades) com um perfil de carregamento controlado (G4V). Nestes cenários consegue-se atingir novamente o objectivo inicial, havendo uma completa rectangularização do diagrama de carga nos dias de menor consumo, Figura 4.44 e Figura 4.45. O preço da energia eléctrica situa-se nos 122 €/MWh. O consumo de combustíveis fósseis evitados têm o valor de 3029 TJ/ano e as emissões de CO<sub>2</sub> evitadas foram de 162 kton/ano.

O consumo de energia primária atinge o mínimo de 3399 TJ/ano; o consumo de combustíveis fósseis baixa para 1593 TJ/ano e por fim as emissões de CO<sub>2</sub> situam-se em 135 kton, Figura 4.43.

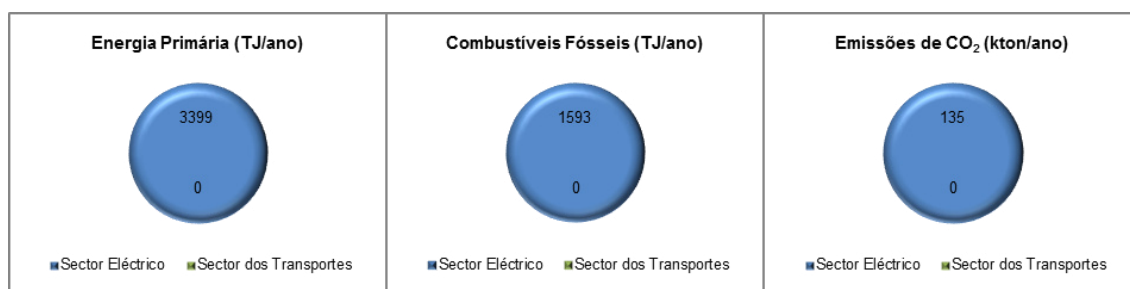


Figura 4.43 - Energia Primária, Combustíveis Fósseis e Emissões de CO<sub>2</sub> no Cenário 29 e 30

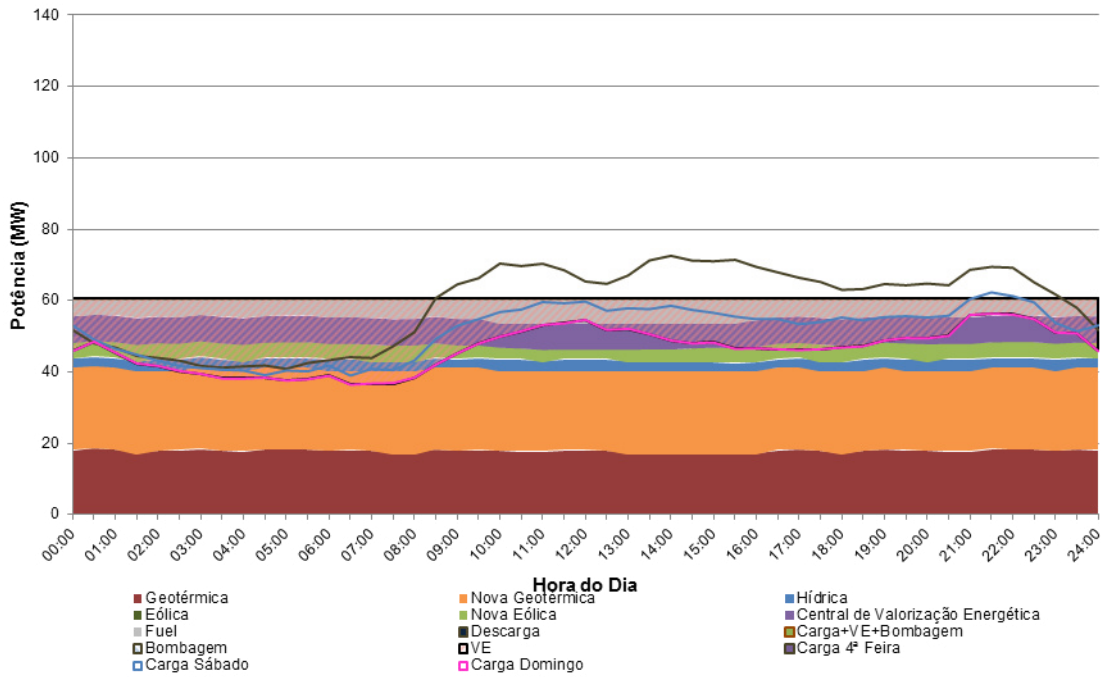


Figura 4.44 - Cenário 29, Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2030, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 100% de EV no modo de carregamento Controlado (G4V)

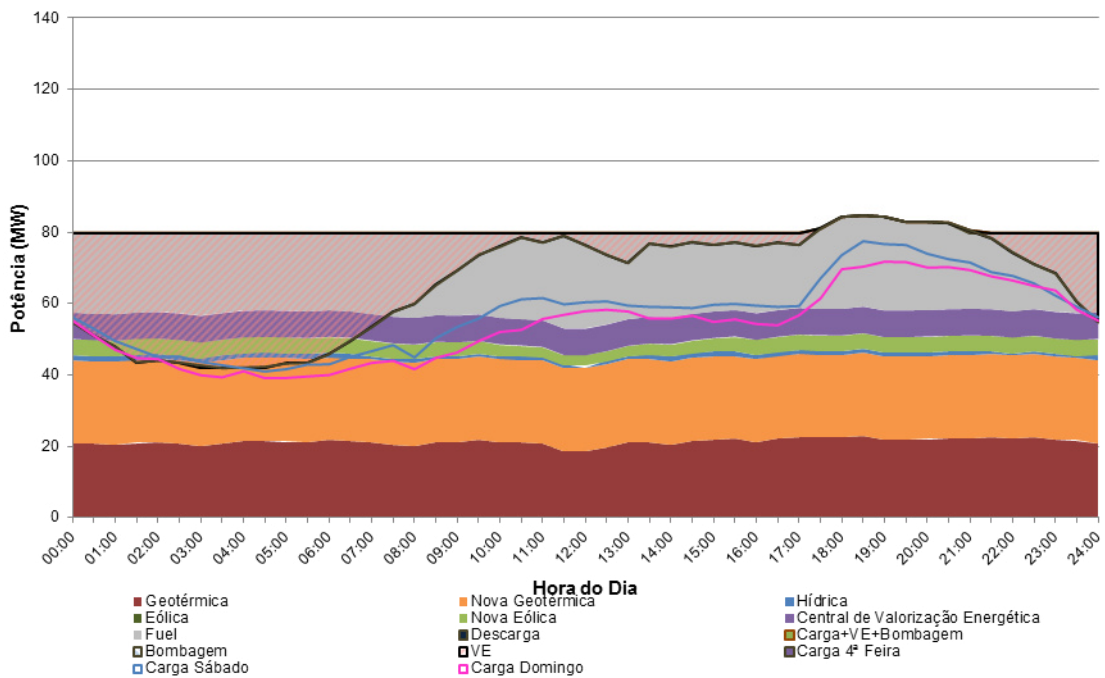


Figura 4.45 - Cenário 30, Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2030, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 100% de EV no modo de carregamento Controlado (G4V)



# Capítulo 5: Conclusões e Desenvolvidmentos Futuros

*São apresentadas as principais conclusões e propostas para desenvolvimento futuro.*



## 5 Conclusões e Desenvolvimentos Futuros

### 5.1 Conclusões

Neste trabalho caracterizaram-se e realizaram-se projecções para o sector eléctrico e dos transportes na Ilha de São Miguel de 2006 a 2030.

Foram elaborados cenários de acordo com a caracterização e projecções previstas para a ilha de forma a poder quantificar os impactos energéticos, económicos e ambientais da penetração de veículos eléctricos na ilha.

Da análise realizada, demonstra-se que no ano de 2010 a energia renovável produzida ainda representa uma parcela minoritária do total de energia eléctrica produzida (44%). Com a potência renovável instalada prevê-se que a ilha se torne mais sustentável (em média 91% de produção de electricidade de origem renovável), como foi possível observar nos anos de 2020 e 2030 (no cenário BAU). Mas demonstra-se a necessidade de deslocar o consumo das horas de ponta para as horas de vazio de forma a fazer face às diferenças entre o perfil de geração das fontes de energia renovável e o diagrama de carga.

A hipótese de base levantada foi a introdução de EV, tendo sido simulados diferentes perfis de carregamento no ano de 2020 e 2030. Observou-se que para o sector eléctrico o perfil de carregamento não controlado é o menos adequado para resolver o problema de penetração de nova geração renovável, uma vez que promove o aumento da ponta da noite do diagrama de carga que seria alimentada por centrais a *fuel*, ou seja, é um perfil de carregamento que faz coincidir as horas de maior e de menor consumo com as mesmas horas do diagrama de carga. O perfil de carregamento fora das horas de ponta, que pode ser conseguido através de incentivos económicos como tarifas bi-, tri- ou tetra-horárias, constitui uma melhoria face ao não controlado, uma vez que desloca efectivamente o consumo dos veículos eléctricos em direcção ao vazio do diagrama de carga. O perfil de carregamento que apresenta melhores resultados no preenchimento do consumo no vazio é o modo de carregamento controlado. Este perfil pressupõe incentivos económicos adicionais, pois os veículos eléctricos passam a prestar um serviço à rede, partindo do princípio que este perfil de carregamento teria uma elevada adesão por parte dos condutores então este perfil tem potencial para uniformizar o diagrama de carga. Outra conclusão foi o número de EV considerado no cenário base de penetração de EV não ser suficiente para

augmentar o consumo de energia no vazio de forma a consumir toda a energia renovável injectada pelas novas centrais, o que leva a considerar outros tipos de fonte de armazenamento como as hídricas reversíveis, capazes de desempenhar um melhor papel na coordenação hidro-térmica do sector eléctrico.

O número de EV mínimo para um perfil de carregamento controlado que consome a nova potência renovável injectada sem a utilização de um meio de armazenamento é de 28000 EV em 2020 e 19000 EV em 2030, 45% e 28% da frota respectivamente. Face a estes valores, no mínimo, demasiado optimistas, e não existindo uma solução de armazenamento de energia, não é possível acomodar toda a nova potência instalada, pelo que se recomenda que um dos investimentos de energia geotérmica de 10 ou de 12 MW seja adiado para depois de 2020 e o outro para depois de 2030.

Considerando a existência de um sistema de armazenamento e devido à nova potência instalada renovável, revela-se uma grande diminuição do consumo de energia primária, dos combustíveis fósseis e emissões de CO<sub>2</sub> ao longo dos anos até 2030. O preço da energia eléctrica em 2010 tem o valor de 136 €/MWh, em 2020 rondaria os 108 €/MWh e em 2030 os 109 €/MWh, esta redução do preço ao longo dos anos deve-se ao aumento da potência instalada renovável e à substituição da produção da central a *fuel* pela energia armazenada durante o vazio, diminuindo a necessidade de utilização de combustíveis fósseis. O custo de utilização dos EV representa nestas condições 33,3%, 16,5% e 11,3% do custo dos ICEV respectivamente em 2010, 2020 e 2030.

Em termos energéticos, económicos e ambientais conclui-se que os EV são vantajosos na ilha de São Miguel, sendo o melhor perfil de penetração de EV no modo Controlado (G4V).

## 5.2 Desenvolvimentos Futuros

Como futuros desenvolvimentos:

- Estudar os incentivos necessários para a adopção por parte dos condutores dos perfis de carregamentos mencionados na dissertação;
- Analisar o perfil de carregamento V2G (*Vehicle-to-Grid*) de modo a determinar a necessidade ou não de um sistema de armazenamento para regular os balanços energéticos do sector eléctrico;
- Aplicar a metodologia utilizada nesta dissertação a outras ilhas, como por exemplo à ilha Terceira que igualmente possui potencial em termos geotérmicos.

# **Bibliografia**



## Bibliografia

- [1] “Plano Regional Anual 2010,” 26 11 2009. [Online]. Available: <http://www.azores.gov.pt/NR/ronlyres/B17C3D46-7303-4899-902A-6BDE5C7B2D09/375469/PRA2014.pdf>. [Acedido em 13 04 2012].
- [2] A. -. A. D. M. D. I. D. S. MIGUEL, “ESTUDO PRÉVIO ECOPARQUE DA ILHA DE SÃO MIGUEL,” 06 2011. [Online]. Available: <http://servicos.sram.azores.gov.pt/grastore/DSMALL/AIA%20Ecoparque%20S.%20Miguel.rar>. [Acedido em 28 05 2012].
- [3] L. ECOSERVIÇOS – Gestão de Sistemas Ecológicos, “PARQUE EÓLICO DOS GRAMINHAIS ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL,” 05 09 2005. [Online]. Available: <http://www.azores.gov.pt/NR/ronlyres/BE3F60E2-8752-4932-BF03-AE26BB74676F/0/ParkEolicoGraminhaisRNT30.pdf>. [Acedido em 18 05 2012].
- [4] D. A. J. Rand, “A journey on the electrochemical road to sustainability,” *Journal of Solid State Electrochemistry*, vol. 15, pp. 1579-1622, 2011.
- [5] K. G. Høyer, “The history of alternative fuels in transportation: The case of electric and hybrid cars,” *Elsevier*, 25 11 2007.
- [6] B. Scrosati, “History of lithium batteries,” *Springer*, 04 05 2011.
- [7] M. Bellis, “History of Electric Vehicles,” 2013. [Online]. Available: <http://inventors.about.com/od/estartinventions/a/History-Of-Electric-Vehicles.htm>. [Acedido em 13 01 2013].
- [8] “The 1st Electric Car,” [Online]. Available: [http://www.evscroll.com/1st\\_Electric\\_Car.html](http://www.evscroll.com/1st_Electric_Car.html). [Acedido em 20 01 2013].
- [9] D. Rand, “The lead/acid battery - a key technology for global energy management,” *Elsevier- Journal of Power Sources*, vol. 64, pp. 157-174, 1997.
- [10] M. Guarnieri, “When Cars Went Electric, Part 1,” *Industrial Electronics Magazine, IEEE*, vol. 5, pp. 61- 62, 2011.
- [11] M. Guarnieri, “When Cars Went Electric, Part 2,” *Industrial Electronics Magazine, IEEE*, vol. 5, pp. 46-53, 2011.
- [12] “Electric Vehicles History Part III,” [Online]. Available: <http://www.electricvehiclesnews.com/History/historyearlyIII.htm>. [Acedido em 15 01 2013].
- [13] J. L. James Larminie, *Electric Vehicle Technology*, Capítulo 1, John Wiley & Sons Ltd, 2003.

- [14] L. Situ, "Electric Vehicle Development: The Past, Present & Future," em *International Conference on Power Electronics Systems and Applications*, 2009.
- [15] J. E. BRITAIN, "Electrical Engineering Hall of Fame CHARLES F. KETTERING," *Proceedings of the IEEE*, vol. 97, 2009.
- [16] P. N. M. e. e. al, "Electric Vehicle. A cyclical story of death and resurrection.," em *International Conference on Renewable Energies and Power Quality*, Granada (Spain), 2010.
- [17] "Timeline: History of the Electric Car," [Online]. Available: <http://www.pbs.org/now/shows/223/electric-car-timeline.html>.
- [18] "The History of Electric Cars," [Online]. Available: <http://avt.inel.gov/pdf/fsev/history.pdf>.
- [19] H. F. M. Fernandes, "Veículos Eléctricos," 2007.
- [20] P. Valdes-Dapena, "Porsche goes green... 100 years ago," [Online]. Available: [http://money.cnn.com/galleries/2007/autos/0711/gallery.porsche\\_first\\_hybrid/4.html](http://money.cnn.com/galleries/2007/autos/0711/gallery.porsche_first_hybrid/4.html). [Acedido em 25 01 2013].
- [21] J. Grahame, "1901: Porsche Builds The World's First Hybrid," 30 10 2009. [Online]. Available: <http://www.retrothing.com/2009/10/1901-porsche-builds-the-worlds-first-hybrid.html>. [Acedido em 24 01 2013].
- [22] "Jacob Lohner & Co. produces first Lohner Porsche," [Online]. Available: <http://www.xtimeline.com/evt/view.aspx?id=196137>.
- [23] C. C. CHAN, "The State of the Art of Electric and Hybrid," *IEEE*, 02 2002.
- [24] "Lista completa de carros elétricos 2013," [Online]. Available: <http://www.engenhariae.com.br/meio-ambiente/lista-completa-de-carros-eletricos-2013/>.
- [25] M. E. V. Team, "A Guide to Understanding Battery Specifications," 12 2008. [Online]. Available: [http://mit.edu/evt/summary\\_battery\\_specifications.pdf](http://mit.edu/evt/summary_battery_specifications.pdf). [Acedido em 19 03 2013].
- [26] J. I. S. M. e. e. al, "Energy Storage Technologies for Electric Applications," 2011. [Online]. Available: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/energias-renovables/temas/almacenamiento/almacenamiento.html>. [Acedido em 19 03 2013].
- [27] G. D. a. B. François, "A Review of Some Technical and Economic Features of Energy," *International Conference on Electrical Machines and Power Systems (ELMA'08)*, 10 2008.

- [28] D. Connolly, "A Review of Energy Storage Technologies," 11 10 2010. [Online]. Available: <http://dconnolly.net/files/A%20Review%20of%20Energy%20Storage%20Technologies.pdf>. [Acedido em 18 03 2013].
- [29] K. Bradbury, "Energy Storage Technology Review," 22 08 2010. [Online]. Available: [http://people.duke.edu/~kjb17/tutorials/Energy\\_Storage\\_Technologies.pdf](http://people.duke.edu/~kjb17/tutorials/Energy_Storage_Technologies.pdf). [Acedido em 12 03 2013].
- [30] H. C. e. e. al, "Progress in electrical energy storage system: A critical review," *Elsevier*, 02 07 2008.
- [31] "XE Currency Charts (USD/EUR)," [Online]. Available: <http://www.xe.com/currencycharts/?from=USD&to=EUR&view=5Y>.
- [32] P. M. Eckard Helmers, "Electric cars: technical characteristics and environmental impacts," *Environmental Sciences Europe*, 2012.
- [33] "Elektromobilität – Emissionen adieu?," 2007. [Online]. Available: <http://nachhaltigkeit.daimler.com/reports/daimler/annual/2010/nb/German/30201060/elektrische-antriebe.html>.
- [34] "NiMH Battery Charging Basics," [Online]. Available: <http://www.powerstream.com/NiMH.htm>. [Acedido em 14 01 2013].
- [35] Z. N. Zlatomir Živanović, *New Generation of Electric Vehicles*, Chapter 6, InTech, 2012.
- [36] A. S. Lino Guzzella, *Vehicle Propulsion Systems, Introduction to Modeling and Optimization*, Second Edition, Capítulo 4, Springer, 2007.
- [37] S. E. d. Lucena, "A Survey on Electric and Hybrid Electric Vehicle Technology," *Electric Vehicles The Benefits and Barriers*, 06 09 2011.
- [38] U.S. Department of Energy - Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, "Freedom Car & Vehicle Technologies Program," 08 2003. [Online]. Available: [http://www1.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/pdfs/basics/jtb\\_electric\\_vehicle.pdf](http://www1.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/pdfs/basics/jtb_electric_vehicle.pdf). [Acedido em 15 02 2013].
- [39] C. C. C. e. e. al, "Electric, Hybrid, and Fuel-Cell Vehicles:," *IEEE*, 19 02 2010.
- [40] A. Amrita, 26 04 2010. [Online]. Available: <http://www.slideshare.net/michelepo/vantagens-dos-veculos-elctricos>. [Acedido em 19 03 2013].
- [41] "Fuel Cell Electric," [Online]. Available:

- [http://www.electricdrive.org/index.php?ht=d/Releases/cat\\_id/27080/pid/9675](http://www.electricdrive.org/index.php?ht=d/Releases/cat_id/27080/pid/9675).  
[Acedido em 28 01 2013].
- [42] S. F. e. e. al, "Energy Consumption and CO2 Emissions Evaluation for Electric and Internal," *Icrepq'11*, 2011.
- [43] B. K. e. e. al, "Green Power for Electric Cars," 01 2010. [Online]. Available: <http://www.transportenvironment.org/sites/te/files/media/green-power-for-electric-cars-report-08-02-10.pdf>. [Acedido em 12 01 2013].
- [44] D. Lauber, "Electric Vehicles 101," 13 11 2009. [Online]. Available: [http://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=EVs+101+-+11-13-09+mit&source=web&cd=1&ved=0CF8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fweb.mit.edu%2Fevt%2FEVs%2520101%2520-%252011-13-09\(web\).ppt&ei=GjQAUNyvAYW2hAfa\\_7z\\_Bw&usg=AFQjCNGX7Ta43UJw6Gm v95bW-C8iRJVUYw](http://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=EVs+101+-+11-13-09+mit&source=web&cd=1&ved=0CF8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fweb.mit.edu%2Fevt%2FEVs%2520101%2520-%252011-13-09(web).ppt&ei=GjQAUNyvAYW2hAfa_7z_Bw&usg=AFQjCNGX7Ta43UJw6Gm v95bW-C8iRJVUYw). [Acedido em 16 02 2013].
- [45] R. F. Marques, "Desafios e Oportunidades na Mobilidade Eléctrica," [Online]. Available: <http://www.asesga.org/noticias/Rui%20Filipe%20EDP.pdf>. [Acedido em 15 02 2013].
- [46] M. G. e. e. al, "Impacts of Electric Vehicles - 1," 04 2011. [Online]. Available: [http://www.cedelft.eu/?go=home.downloadPub&id=1153&file=4058\\_D1defreport HvE\\_1314726034.pdf&PHPSESSID=1e84f184a1371d9f7416bdfbda1d4fb0](http://www.cedelft.eu/?go=home.downloadPub&id=1153&file=4058_D1defreport HvE_1314726034.pdf&PHPSESSID=1e84f184a1371d9f7416bdfbda1d4fb0). [Acedido em 15 01 2013].
- [47] M. K.-M. e. e. al, "IMPACTS ASSESSMENT OF PLUG-IN HYBRID VEHICLES ON ELECTRIC UTILITIES AND REGIONAL U.S. POWER GRIDS, Part 1: technical analysis," [Online]. Available: <http://www.ferc.gov/about/com-mem/wellinghoff/5-24-07-technical-analy-wellinghoff.pdf>. [Acedido em 12 02 2013].
- [48] M. J. S. e. e. al, "IMPACTS ASSESSMENT OF PLUG-IN HYBRID VEHICLES ON ELECTRIC UTILITIES AND REGIONAL U.S. POWER GRIDS: PART 2: ECONOMIC ASSESSMENT," 11 2007. [Online]. Available: [http://www.roguevalleycleancities.org/images/news.html/PNNL%20Articles/PHE V\\_Economic\\_Analysis\\_Part2\\_Final.pdf](http://www.roguevalleycleancities.org/images/news.html/PNNL%20Articles/PHE V_Economic_Analysis_Part2_Final.pdf). [Acedido em 13 02 2013].
- [49] S. W. Hadley, "Impact of Plug-in Hybrid Vehicles on the Electric Grid," 10 2006. [Online]. Available: [http://www.ornl.gov/sci/ees/etsd/pes/pubs/ldoc3198\\_plug\\_in\\_paper\\_final.pdf](http://www.ornl.gov/sci/ees/etsd/pes/pubs/ldoc3198_plug_in_paper_final.pdf). [Acedido em 14 02 2013].
- [50] W. S. P. Denholm, "An Evaluation of Utility System Impacts and Benefits of

- Optimally Dispatched Plug-In Hybrid Electric Vehicles,” 10 2006. [Online]. Available:  
[http://www.lifepo4.info/Battery\\_study/Reports/An\\_Evaluation\\_of\\_UTILITY\\_System\\_Impacts\\_and\\_Benefits\\_of\\_Optimally\\_Dispatched\\_Plug-In\\_Hybrid\\_Electric\\_Vehicles.pdf](http://www.lifepo4.info/Battery_study/Reports/An_Evaluation_of_UTILITY_System_Impacts_and_Benefits_of_Optimally_Dispatched_Plug-In_Hybrid_Electric_Vehicles.pdf). [Acedido em 15 02 2013].
- [51] J. F.-A. e. e. al, “Analysis of the impact of charging of Plug-in Hybrid and Electric Vehicles in Spain,” em *International Conference on Renewable Energies and Power Quality*, Santiago de Compostela (Spain), 2012.
- [52] M. McCarville, “The Emergence of Electric Vehicles on Prince Edward Island and Potential Scenarios to 2030,” 08 2009. [Online]. Available:  
[http://www.ecopei.ca/The\\_Emergence\\_of\\_Electric\\_Vehicles\\_on\\_Prince\\_Edward\\_Island\\_v1.1.pdf](http://www.ecopei.ca/The_Emergence_of_Electric_Vehicles_on_Prince_Edward_Island_v1.1.pdf). [Acedido em 20 02 2013].
- [53] P.-L. Blyth, “Electric cars on the 100% renewable energy island of Samsø,” [Online]. Available:  
[http://projekter.aau.dk/projekter/files/52872570/SEPM4\\_2011\\_8.pdf](http://projekter.aau.dk/projekter/files/52872570/SEPM4_2011_8.pdf). [Acedido em 22 02 2013].
- [54] “Potential Penetration of Electric Vehicles in Irelands Road Vehicle Fleet,” 02 2011. [Online]. Available:  
<http://www.nra.ie/Publications/TransportResearchandInformationNotes/RepositoryforTRIMPublications/file,17990,en.pdf>. [Acedido em 23 02 2013].
- [55] C. T. F. N. Adolfo Perujo, “Electric Vehicles in an Urban Context: Environmental Benefits and Techno-Economic Barriers,” *Electric Vehicles The Benefits and Barriers*, 06 09 2011.
- [56] J. P. L. e. e. al, “Quantification of Technical Impacts and Environmental Benefits of Electric Vehicles Integration on Electricity Grids,” *Ieee*, 1-3 07 2009.
- [57] O. I. Toyota, “Consulta Toyota para a Mobilidade,” 08 03 2012. [Online]. Available: [http://www.hibridoelctrico.pt/images/consulta\\_toyota.pdf](http://www.hibridoelctrico.pt/images/consulta_toyota.pdf). [Acedido em 24 02 2013].
- [58] C. C. e. e. al, “Potential impacts assessment of plug-in electric vehicles on the Portuguese energy market,” *Elsevier*, 19 06 2011.
- [59] P. d. G. d. Açores, “SÃO MIGUEL,” Governo dos Açores, 2012. [Online]. Available:  
<http://www.azores.gov.pt/PortalAzoresGov/Templates/TextImageDetail.aspx?NRMODE=Published&NRNODEGUID=%7b6CB20830-32AA-42B2-A17E-296BF1F898FA%7d&NRORIGINALURL=%2fPortal%2fpt%2fentidades%2fsre->

drt%2ftextoImagem%2f2SM%2ehtm&NRCACHEHINT=Guest#HISTÓRIA.

[Acedido em 20 06 2012].

- [60] [Online]. Available: <http://sig.ine.pt/>.
- [61] D. G. d. E. e. G. e. e. al, "Vendas de Produtos do Petróleo no Mercado Interno por Sector de Actividade Económica e Município em 2010," [Online]. Available: <http://www.dgeg.pt/?cr=12819>. [Acedido em 12 08 2012].
- [62] "Em Harmonia Com A Natureza," 11 2008. [Online]. Available: [http://www.eda.pt/upload2/eda\\_informa\\_124\\_nov\\_2009\\_02\\_19.pdf](http://www.eda.pt/upload2/eda_informa_124_nov_2009_02_19.pdf). [Acedido em 24 08 2012].
- [63] "EDA Informa nº120/121," 07-08 2008. [Online]. Available: [http://www.eda.pt/upload2/eda\\_informa\\_120\\_121\\_jul&ago\\_2008\\_07\\_23.pdf](http://www.eda.pt/upload2/eda_informa_120_121_jul&ago_2008_07_23.pdf). [Acedido em 24 08 2012].
- [64] "Produção de energia eléctrica (kWh), nos Açores, por Ilha e por ano," [Online]. Available: <http://estatistica.azores.gov.pt/upl/%7B0af55ce6-71e7-4ade-a0e0-0f92bb1a7bee%7D.pdf>. [Acedido em 09 02 2011].
- [65] "Consumo e Produção na EDA por ilha," 2010. [Online]. Available: [http://www.eda.pt/upload2/dezembro\\_2010\\_2011\\_02\\_04.xlsx](http://www.eda.pt/upload2/dezembro_2010_2011_02_04.xlsx). [Acedido em 13 02 2011].
- [66] "CARACTERIZAÇÃO DAS REDES DE TRANSPORTE E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA DA REGIÃO AUTÓNOMA DOS AÇORES," 31 12 2010. [Online]. Available: [http://www.eda.pt/upload2/care\\_eda\\_2010\\_2011\\_04\\_04.pdf](http://www.eda.pt/upload2/care_eda_2010_2011_04_04.pdf). [Acedido em 12 05 2011].
- [67] C. Bicubo, "Energia Geotérmica," 09 2010. [Online]. Available: <http://siaram.azores.gov.pt/energia-recursos-hidricos/geotermia/energia-geotermica.pdf>. [Acedido em 25 03 2011].
- [68] E. EDA, "Energia Hídrica nos Açores," 03 2011. [Online]. Available: <http://siaram.azores.gov.pt/energia-recursos-hidricos/energia-hidrica/energia-hidrica.pdf>. [Acedido em 01 05 2011].
- [69] G. EDA, "Relatório Técnico," 2007. [Online]. Available: [http://www.eda.pt/upload2/rc\\_eda\\_tecnico\\_2007\\_2008\\_12\\_29.pdf](http://www.eda.pt/upload2/rc_eda_tecnico_2007_2008_12_29.pdf). [Acedido em 16 06 2011].
- [70] P. A. e. e. al, "Estudo sobre o Sector Eléctrico e Ambiente," 2000. [Online]. Available: <http://www.erse.pt/pt/desempenhoambiental/rotulagemenergetica/documentacao/Documents/SectorEI%C3%A9ctricoeAmbiente1Relat%C3%B3rio.pdf>. [Acedido

em 16 05 2011].

- [71] “Produção de energia eléctrica ( kWh), nos Açores, por Ilha e por ano,” [Online]. Available: <http://estatistica.azores.gov.pt/upl/%7B6b3a4d1b-d43f-487a-b147-4bc937f6085b%7D.pdf>. [Acedido em 09 02 2011].
- [72] “Produção de energia eléctrica ( kWh), nos Açores, por Ilha e por ano,” [Online]. Available: <http://estatistica.azores.gov.pt/upl/%7B9b42cd63-9da6-47f4-8da1-215d6687361e%7D.pdf>. [Acedido em 09 02 2011].
- [73] “EDA Informa nº142,” 09-10 2011. [Online]. Available: [http://www.eda.pt/upload2/eda\\_informa\\_142\\_set\\_out\\_2011\\_2011\\_11\\_09.pdf](http://www.eda.pt/upload2/eda_informa_142_set_out_2011_2011_11_09.pdf). [Acedido em 26 08 2012].
- [74] “EDA Informa nº145,” 04-05-06 2012. [Online]. Available: [http://www.eda.pt/upload2/eda\\_informa\\_145\\_abr\\_mai\\_jun\\_2012\\_2012\\_07\\_12.pdf](http://www.eda.pt/upload2/eda_informa_145_abr_mai_jun_2012_2012_07_12.pdf). [Acedido em 26 08 2012].
- [75] “Geotermia explode em São Miguel,” 24 06 2010. [Online]. Available: <http://www.correiodosacores.net/view.php?id=28297>. [Acedido em 12 09 2012].
- [76] “Estudo de Impacte Ambiental do Ecoparque da Ilha de S. Miguel Região Autónoma dos Açores,” 06 2011. [Online]. Available: <http://servicos.sram.azores.gov.pt/grastore/DSMALL/AIA%20Ecoparque%20S.%20Miguel.rar>. [Acedido em 28 05 2012].
- [77] EDA, “Electricidade dos Açores,” [Online]. Available: [www.eda.pt](http://www.eda.pt).
- [78] EDP, “Instalações 2007,” 2007. [Online]. Available: <http://www.edp.pt/pt/sustentabilidade/PublicacoesRelatorios/relatorios/Relatorios%20Sustentabilidade/Instalacoes07.pdf>. [Acedido em 09 08 2011].
- [79] “Diário da República, 2.ª série — N.º 122 — 26 de Junho de 2008,” 2008. [Online]. Available: <http://dre.pt/pdf2sdip/2008/06/122000000/2791227913.pdf>. [Acedido em 10 08 2011].
- [80] P. L. e. e. al, “Hydropower,” 05 2010. [Online]. Available: <http://www.iea-etsap.org/web/e-techds/pdf/e07-hydropower-gs-gct.pdf>. [Acedido em 16 10 2012].
- [81] I. M. HDR Engineering, “PUMPED HYDRO (PH),” 02 2012. [Online]. Available: [http://www.electricitystorage.org/technology/storage\\_technologies/pumped\\_hydro/](http://www.electricitystorage.org/technology/storage_technologies/pumped_hydro/). [Acedido em 13 10 2012].
- [82] “A ENERGIA EÓLICA EM PORTUGAL 2010,” 2010. [Online]. Available: <http://www.centrodeinformacao.ren.pt/PT/publicacoes/EnergiaEolica/A%20Energ>

- ia%20E%C3%B3lica%20em%20Portugal%20-%202010.pdf. [Acedido em 21 11 2011].
- [83] A. V. e. e. al, “Proposição de Estimativa do Potencial Eólico de uma Região,” [Online]. Available: <http://www.cbmet.com/cbm-files/13-f3b450ae43ab14b4d74e8c4136e6419c.pdf>. [Acedido em 12 12 2011].
- [84] “A distribuição Normal,” [Online]. Available: <http://leg.ufpr.br/~shimakur/CE701/node36.html>.
- [85] EDA, “ROTULAGEM DE ENERGIA ELÉCTRICA,” 2009/2010. [Online]. Available: [http://www.eda.pt/upload2/maio\\_2010\\_2010\\_07\\_08.pdf](http://www.eda.pt/upload2/maio_2010_2010_07_08.pdf). [Acedido em 10 02 2012].
- [86] J. A. M. d. Sousa, “Introdução aos conceitos técnicos e económicos associados à produção de energia eléctrica,” [Online]. Available: [http://pwp.net.ipl.pt/deea.isel/jsousa/Doc/MEN/0\\_Introducao\\_MEN.ppt](http://pwp.net.ipl.pt/deea.isel/jsousa/Doc/MEN/0_Introducao_MEN.ppt).
- [87] ERSE, “PROVEITOS PERMITIDOS DAS EMPRESAS REGULADAS DO SECTOR ELÉCTRICO EM 2011,” 12 2010. [Online]. Available: [http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/tarifasreguladasdeanosanteriores/tarifareguladas2011/Documents/Proveitos%20permitidos\\_Final.pdf](http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/tarifasreguladasdeanosanteriores/tarifareguladas2011/Documents/Proveitos%20permitidos_Final.pdf). [Acedido em 26 09 2012].
- [88] ERSE, “TARIFAS E PREÇOS PARA A ENERGIA ELÉCTRICA E OUTROS SERVIÇOS EM 2008,” 12 2007. [Online]. Available: [http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/Documents/Tarifas2008/Tarifas ePrecospara2008\\_1.pdf](http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/Documents/Tarifas2008/Tarifas ePrecospara2008_1.pdf). [Acedido em 26 09 2012].
- [89] ERSE, “PROVEITOS PERMITIDOS DAS EMPRESAS REGULADAS DO SECTOR ELÉCTRICO,” 12 2008. [Online]. Available: [http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/tarifasreguladasdeanosanteriores/treg2009/Documents/Proveitospermitidosdasempresasreguladas\\_final.pdf](http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/tarifasreguladasdeanosanteriores/treg2009/Documents/Proveitospermitidosdasempresasreguladas_final.pdf).
- [90] U. E. I. Administration, “Annual Energy Outlook 2010 with Projections to 2035,” 11 04 2011. [Online]. Available: <http://www.eia.gov/oiaf/archive/aeo10/woprices.html>. [Acedido em 20 10 2012].
- [91] E. A. E. CRISTINA INÊS CAMUS, “VOLUME 1 - AVALIAÇÃO DE PROJECTOS,” 09 2004. [Online]. [Acedido em 23 10 2012].
- [92] J. A. M. d. Sousa, “Avaliação económica de projectos de energias renováveis,” [Online]. Available: [http://pwp.net.ipl.pt/deea.isel/jsousa/Doc/EER/T6\\_Investimentos\\_EER.pdf](http://pwp.net.ipl.pt/deea.isel/jsousa/Doc/EER/T6_Investimentos_EER.pdf). [Acedido em 26 10 2012].

- [93] P. Lako, "Technical and economic features of renewable electricity technologies," 05 2010. [Online]. Available: <http://www.ecn.nl/docs/library/report/2010/e10034.pdf>. [Acedido em 27 10 2012].
- [94] C. Camus e E. Eusébio, "GESTÃO DE ENERGIA, AVALIAÇÃO ECONÓMICA DE PROJECTOS," 2007.
- [95] R. M. Castro, "INTRODUÇÃO À AVALIAÇÃO ECONÓMICA DE INVESTIMENTOS," 02 2008. [Online]. Available: [https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/162031/1/AvaliacaoEconomica\\_ed4\\_1.pdf](https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/162031/1/AvaliacaoEconomica_ed4_1.pdf). [Acedido em 20 10 2012].
- [96] E. E. Cristina Camus, "Micro-generation Evaluation of the Zero Emissions Technologies in the Portuguese Market," em *5th International Conference on European Electricity Market*, 2008.
- [97] VALORISM, "PROJECTO DE TRATAMENTO, VALORIZAÇÃO E DESTINO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DA ILHA DE S. MIGUEL, BASEADO NA INCINERAÇÃO," 05 2010. [Online]. Available: <http://servicos.sram.azores.gov.pt/grastore/DSMALL/AIA%20Ecoparque%20S.%20Miguel.rar>. [Acedido em 28 10 2012].
- [98] ERSE, "PROVEITOS PERMITIDOS DAS EMPRESAS REGULADAS DO SECTOR ELÉTRICO EM 2013," 12 2012. [Online]. Available: <http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/2013/Documents/Proveitos%20permitidos.pdf>. [Acedido em 12 04 2013].
- [99] "NOTA EXPLICATIVA DA INFORMAÇÃO SOBRE PRODUÇÃO EM REGIME ESPECIAL," 08 2009. [Online]. Available: <http://www.erse.pt/pt/electricidade/factosenumeros/Documents/Nota%20Explicativa%20da%20informa%C3%A7%C3%A3o%20sobre%20PRE.pdf>.
- [100] I. d. S. d. Portugal, "PARQUE AUTOMÓVEL SEGURO," 2006-2010. [Online]. Available: <http://www.isp.pt/NR/exeres/7D383D46-9431-416E-98C7-395B0A9E7080.htm>. [Acedido em 12 09 2011].
- [101] Z. S. e. e. a. THEODOROS ZACHARIADIS, "Dynamic Modeling of Vehicle Populations: An Engineering Approach for Emissions Calculations," *Technological Forecasting and Social Change - ELSEVIER*, vol. 50, n.º 2, p. 135–149, 1995.
- [102] "Correlation Coefficient," [Online]. Available: <http://mathbits.com/MathBits/TISection/Statistics2/correlation.htm>.
- [103] ACAP, "Associação Automóvel de Portugal," [Online]. Available:

<http://www.acap.pt/>.

- [104] A. I. ACAP, “Estatísticas do Sector Automóvel,” 2010. [Online]. Available: [http://www.autoinforma.pt/prog/documento.php?documento\\_id=1945&fazer=abrir](http://www.autoinforma.pt/prog/documento.php?documento_id=1945&fazer=abrir).
- [105] G. d. Açores, “Preços máximos de venda ao público dos combustíveis a partir de 13-08-2012,” 13 08 2012. [Online]. Available: [http://www.azores.gov.pt/PortalAzoresGov/external/portal/comparativo\\_combustiveis/comparativo\\_combustiveis\\_13\\_08\\_2012.pdf](http://www.azores.gov.pt/PortalAzoresGov/external/portal/comparativo_combustiveis/comparativo_combustiveis_13_08_2012.pdf). [Acedido em 13 11 2012].
- [106] G. d. Açores, “Comparação entre os Preços dos Combustíveis nos Açores e no Continente,” 01 11 2012. [Online]. Available: <http://www.azores.gov.pt/Portal/pt/entidades/pgra/livres/Compara%C3%A7%C3%A3o+entre+os+Pre%C3%A7os+dos+Combust%C3%ADveis+nos+A%C3%A7ores+e+no+Continente.htm>. [Acedido em 18 11 2012].
- [107] D. G. d. E. e. Geologia, “Evolução dos Preços Médios Anuais de Venda ao Público dos Combustíveis Líquidos e Gasosos em Portugal,” 18 01 2013. [Online]. Available: <http://www.dgeg.pt/?cr=7809>. [Acedido em 10 02 2013].
- [108] GREENSAVERS, “Análise GS: Apenas 138 carros eléctricos vendidos em Portugal até Outubro,” 19 12 2011. [Online]. Available: <http://greensavers.sapo.pt/2011/12/19/analise-gs-apenas-138-carros-electricos-vendidos-em-portugal-ate-outubro/>. [Acedido em 10 11 2012].
- [109] Nissan, “Bateria de iões de Lítio do Nissan Leaf,” [Online]. Available: <http://www.nissan.pt/PT/pt/vehicles/electric-vehicles/leaf/charging-and-autonomy/lithium-ion-battery.html#vehicles/electric-vehicles/electric-leaf/leaf/pricing-and-specifications/specifications>. [Acedido em 27 11 2012].
- [110] “Smart fortwo electric drive coupé,” [Online]. Available: <http://www.smart.pt/produtos-smart-fortwo-electric-drive-coup%C3%A9-tra%C3%A7%C3%A3o/d9271b4b-ec03-59d6-8917-f917bd6755aa>. [Acedido em 27 11 2012].
- [111] “Smart fortwo electric drive cabrio,” [Online]. Available: <http://www.smart.pt/produtos-smart-fortwo-electric-drive-cabrio-tra%C3%A7%C3%A3o/3beee6db-95ba-52f4-8e27-79270234d04c;sid=Y1AGjKO8NH4GjPObTbTKgLMQ1ZNyrEdHONeasIswh6tdC6jnWvXTn-KmWeMltNDYKf6aSlsw1ZNyrPrfdVI=>. [Acedido em 27 11 2012].
- [112] “C-ZERO,” [Online]. Available: <http://www.rede.citroen.pt/AMatosCarBeiras-Castelo-Branco/veiculos-novos/passageiros/c-zero/>. [Acedido em 27 11 2012].

- [113] Citroën, “FULL ELECTRIC,” [Online]. Available: <http://www.citroen.ie/home/#/new-cars/car-range/citroen-c-zero/full-electric/>. [Acedido em 27 11 2012].
- [114] “Peugeot i-on,” [Online]. Available: <http://www.veiculoselectricospt.com/peugeot-ion-electrico/>. [Acedido em 27 11 2012].
- [115] “Mitsubishi i-MieV,” [Online]. Available: <http://www.mitsubishi-motors.pt/TechnicalSpecification.aspx?PMID=98&BTID=2640&VID1=4786&VID2=0&LangType=2070>. [Acedido em 27 11 2012].
- [116] M. António, “Renault Fluence ZE,” 10 11 2011. [Online]. Available: <http://turbo.sapo.pt/ambiente/artigo/ao-volante-do-renault-fluence--8172.html>. [Acedido em 27 11 2012].
- [117] F. H. e. e. al, “Environmental impacts and impact on the electricity market of a large scale introduction of electric cars in Europe,” 07 2009. [Online]. Available: [http://acm.eionet.europa.eu/docs/ETCACC\\_TP\\_2009\\_4\\_electromobility.pdf](http://acm.eionet.europa.eu/docs/ETCACC_TP_2009_4_electromobility.pdf). [Acedido em 03 09 2012].
- [118] ERSE, “Ciclo diário para todos os fornecimentos na Região Autónoma dos Açores,” [Online]. Available: <http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/periodoshorarios/Paginas/Ciclo-diariotodosfornecRAA.aspx>.
- [119] “Estudo do Impacte Ambiental do Projecto de Execução do Poço Geotérmico CL8 - Relatório,” 30 06 2011. [Online]. Available: <http://www.azores.gov.pt/Portal/pt/entidades/srrn/docDiscussao/consulta+publica+-+po%C3%A7o+geotermico+CL8.htm?lang=pt&area=ct>. [Acedido em 28 05 2012].
- [120] L. Mesquita, “<http://www.ipb.pt/~lmesquita/nova/04-05/redesdegas/Cap2-%20Gases%20combustiveis.pdf>,” 2005. [Online]. Available: <http://www.ipb.pt/~lmesquita/nova/04-05/redesdegas/Cap2-%20Gases%20combustiveis.pdf>. [Acedido em 14 11 2012].
- [121] “O que é a Energia?,” [Online]. Available: [http://www.gdse.gov.mo/por/GDSE\\_Pages/info.asp](http://www.gdse.gov.mo/por/GDSE_Pages/info.asp).
- [122] Wikipedia, “Gompertz function,” [Online]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Gompertz\\_function](http://en.wikipedia.org/wiki/Gompertz_function).
- [123] P. M. e. e. al, “Waste-to-Energy Plants,” 06 2010. [Online]. Available: [http://www.wtert.com.br/home2010/arquivo/noticias\\_eventos/waste-to-energy.pdf](http://www.wtert.com.br/home2010/arquivo/noticias_eventos/waste-to-energy.pdf). [Acedido em 14 08 2012].



# Anexos

A1 Pressupostos

A2 Cenários Pré-Definidos

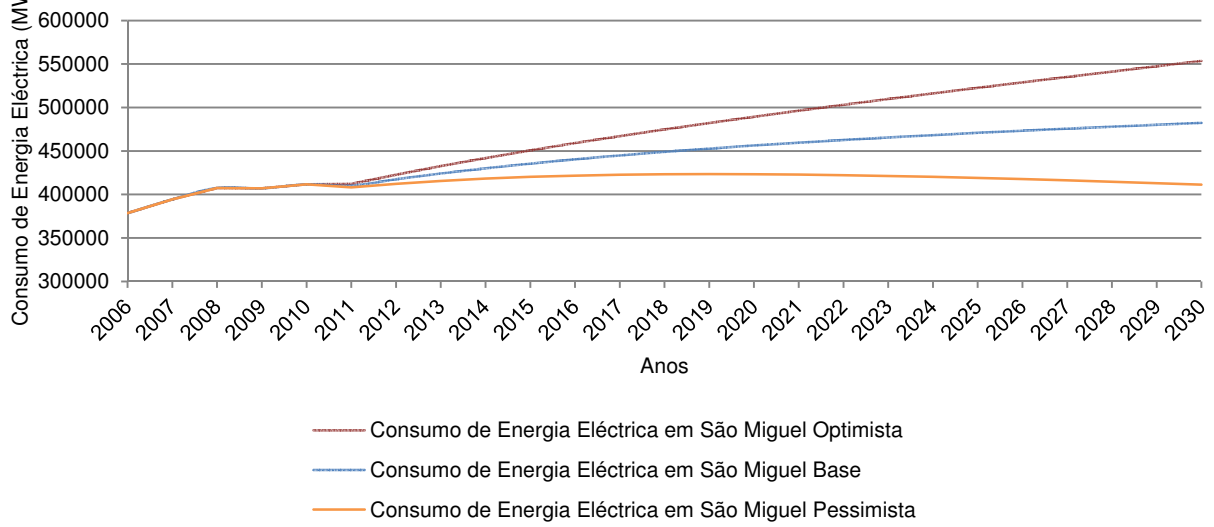


## **A1. Pressupostos**

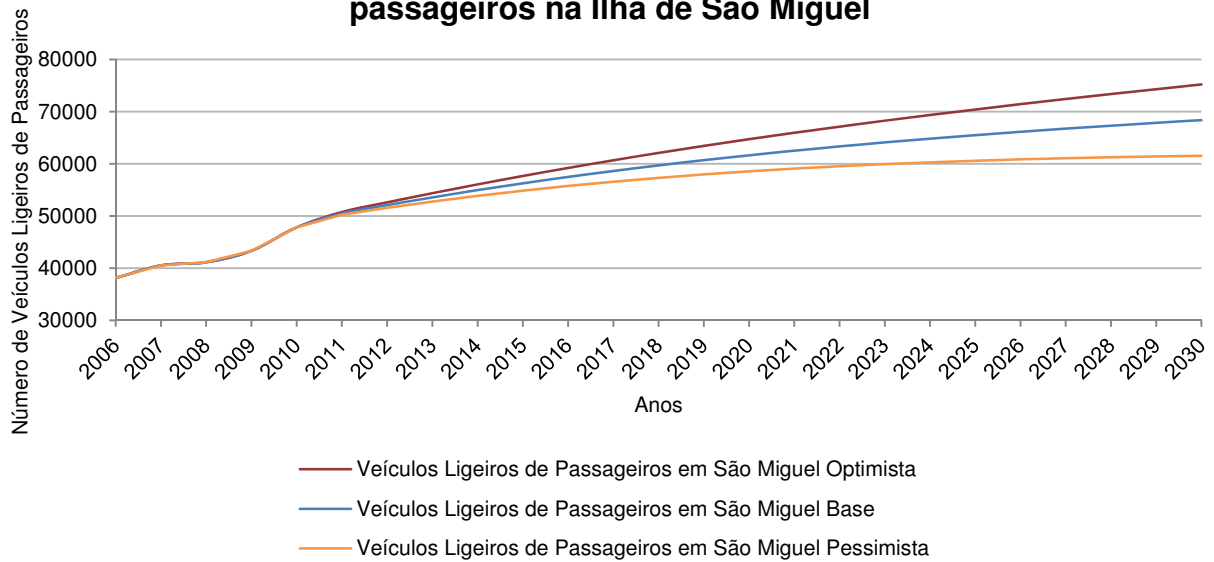


# Pressupostos

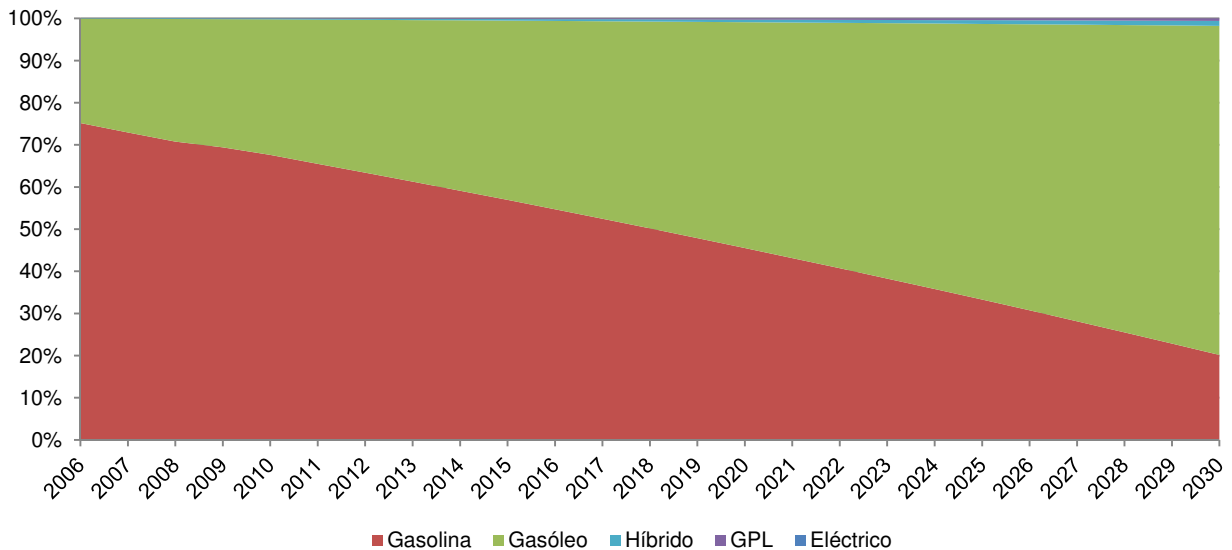
## Cenário Optimista, Base e Pessimista do Consumo de Energia Eléctrica na Ilha de São Miguel



## Cenário Optimista, Base e Pessimista dos Veículos ligeiros de passageiros na Ilha de São Miguel



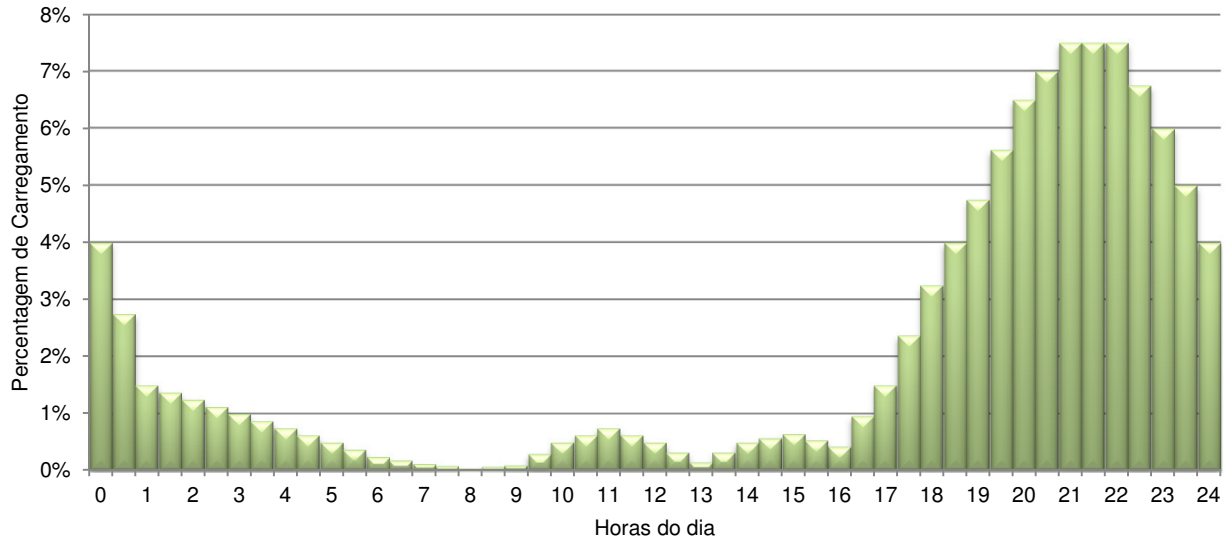
## Distribuição da Frota por Tecnologia (BAU)



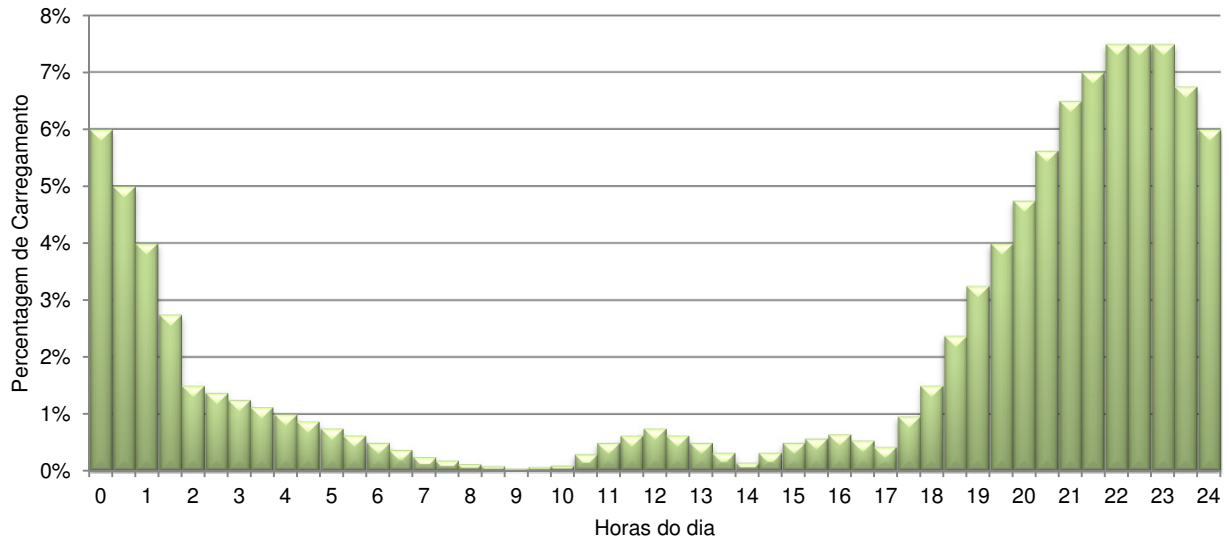


# Pressupostos

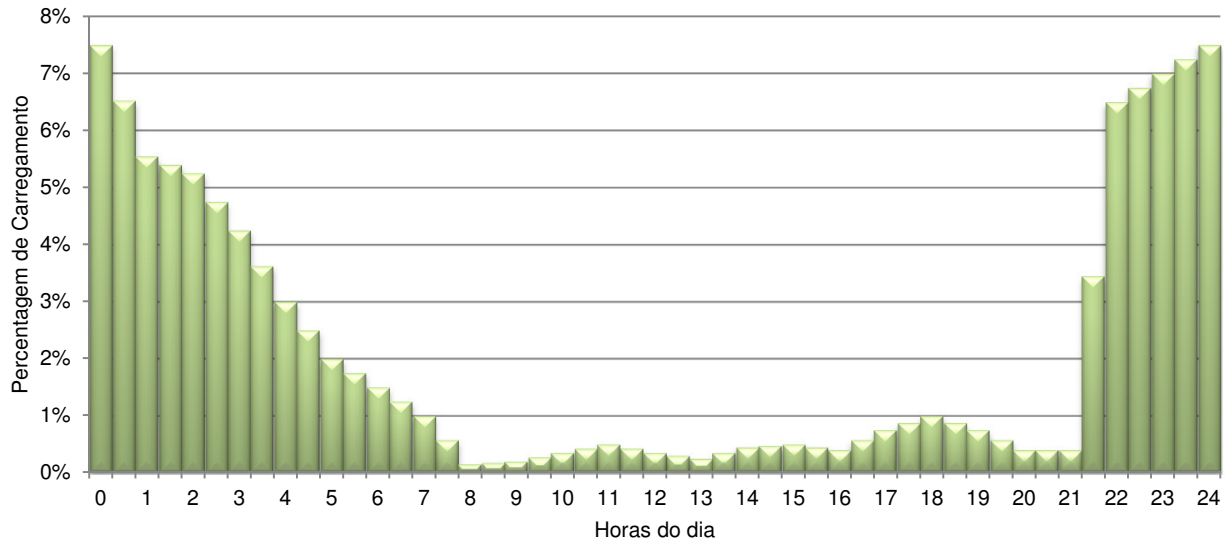
## Cenário de Carregamento Não Controlado Inverno



## Cenário de Carregamento Não Controlado Verão



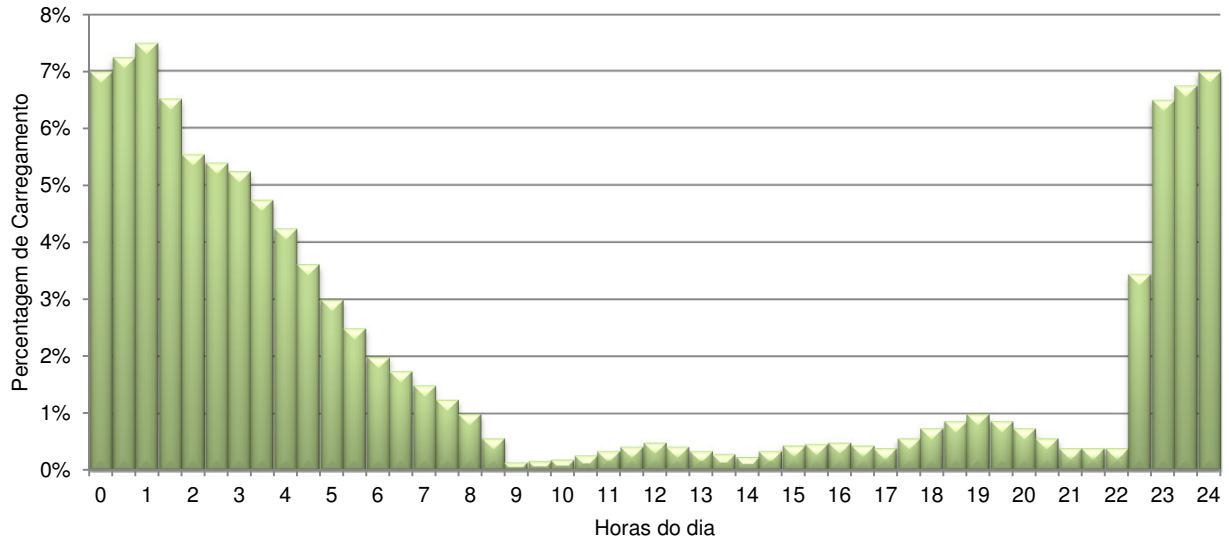
## Cenário de Carregamento Fora das Horas de Ponta Inverno



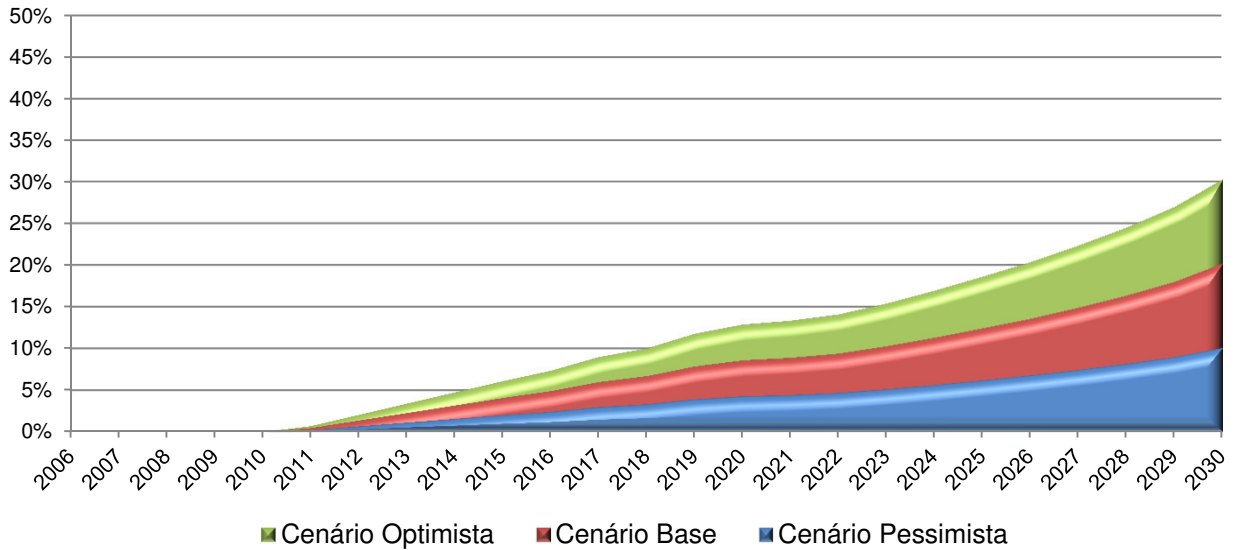


# Pressupostos

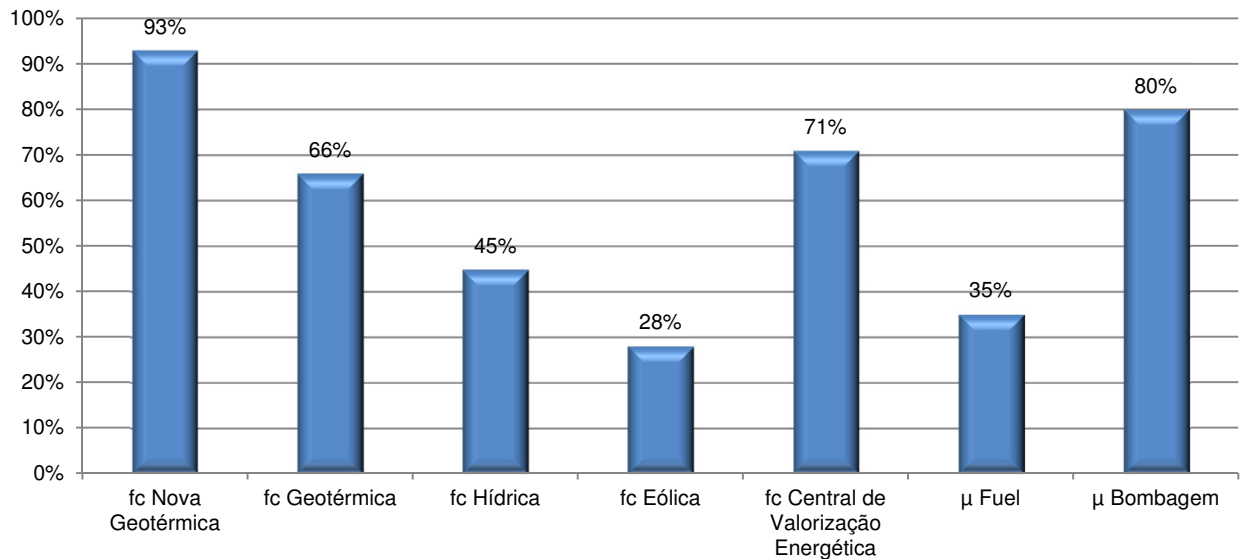
## Cenário de Carregamento Fora das Horas de Ponta Verão



## Cenário Optimista, Base e Pessimista da Penetração dos EV



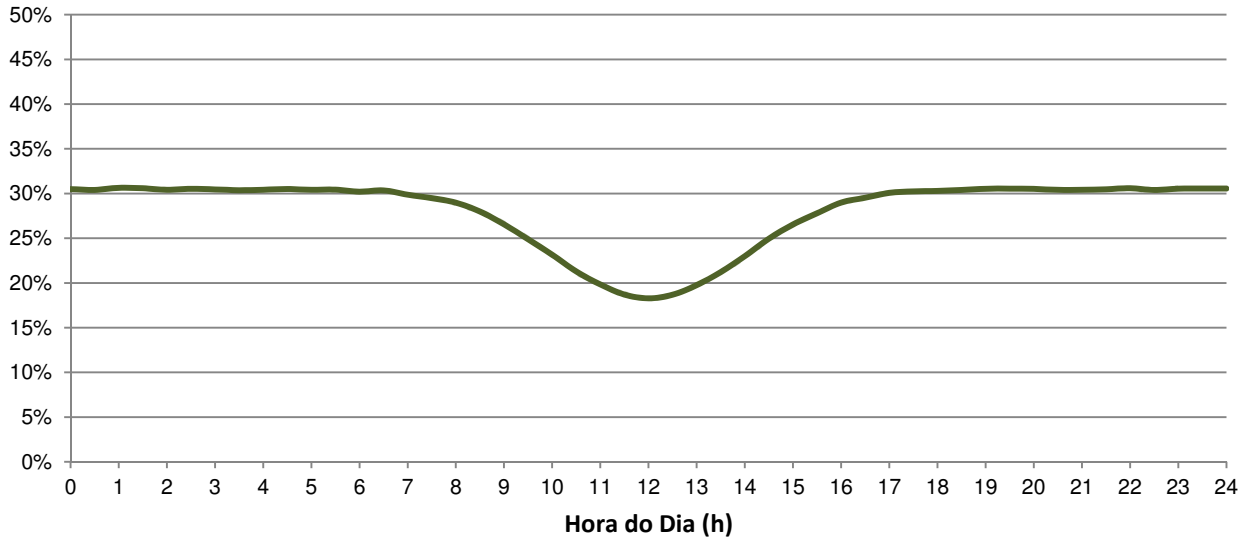
## Factores Característicos das Centrais



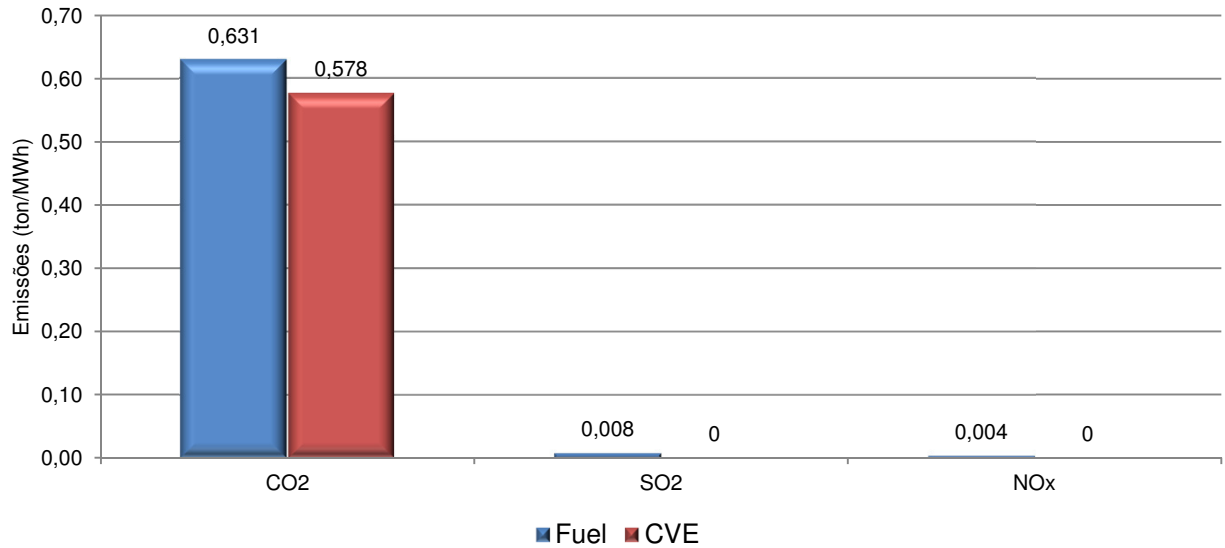


# Pressupostos

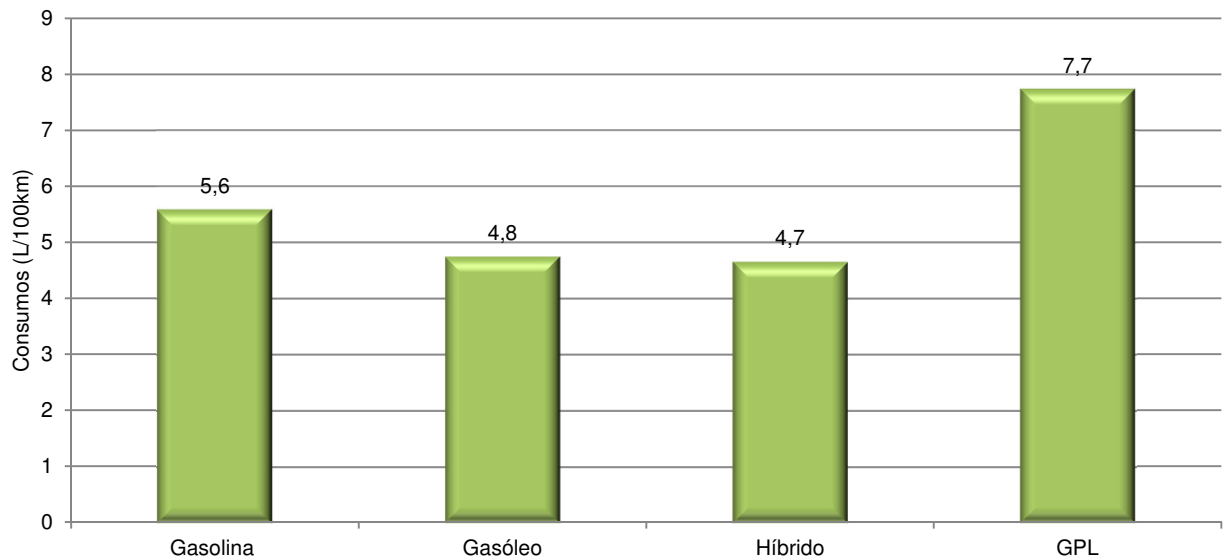
## Perfil de Produção da Energia Eólica



## Emissões Específicas das Centrais Térmicas



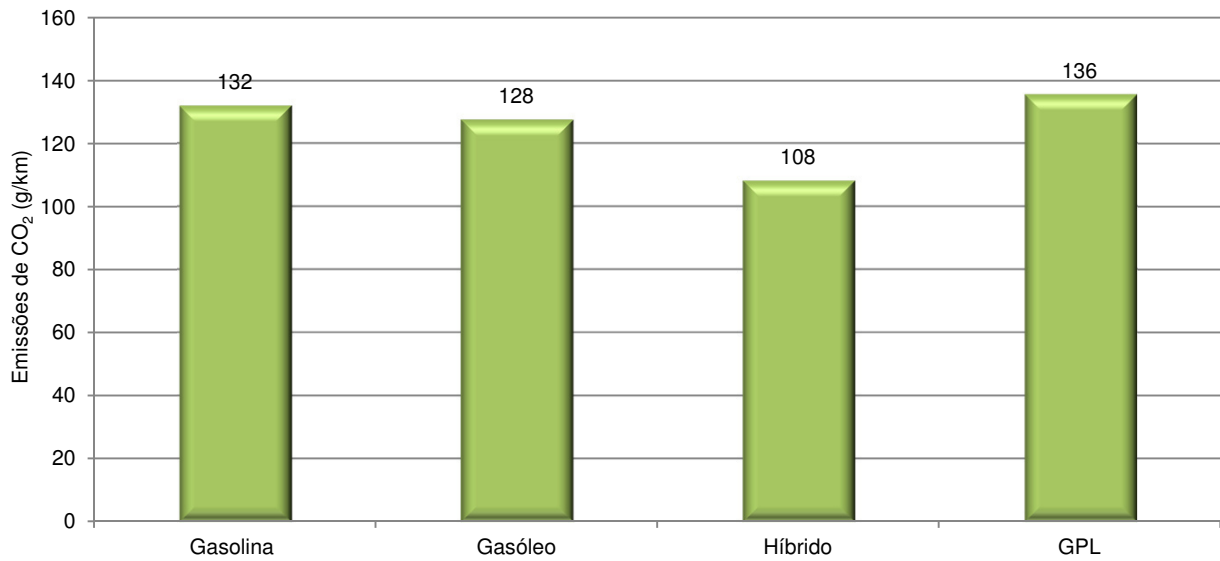
## Consumos de Combustível dos Veículos



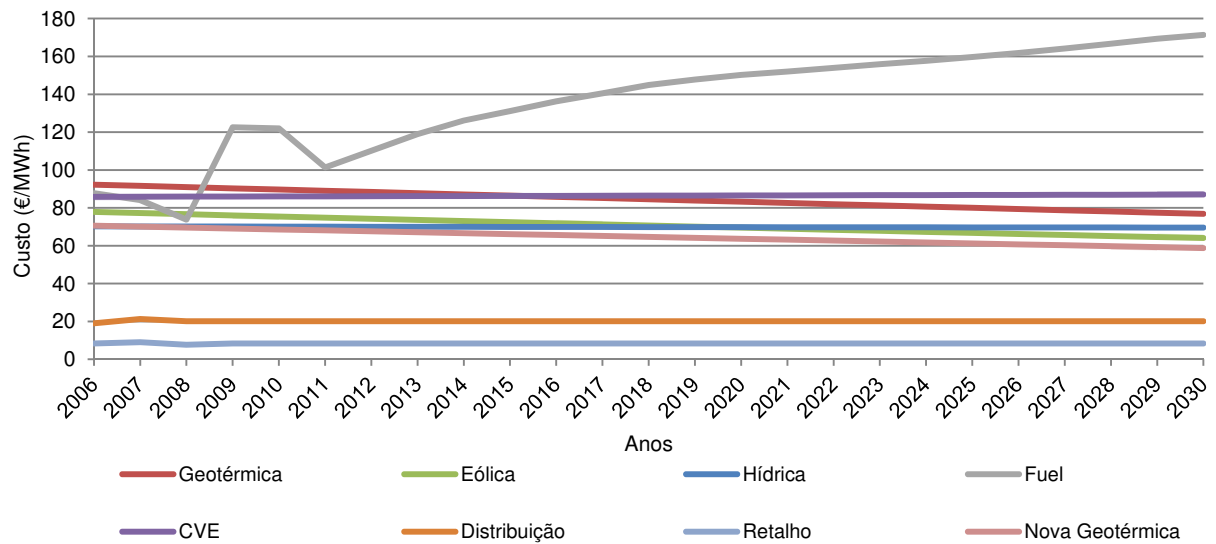


# Pressupostos

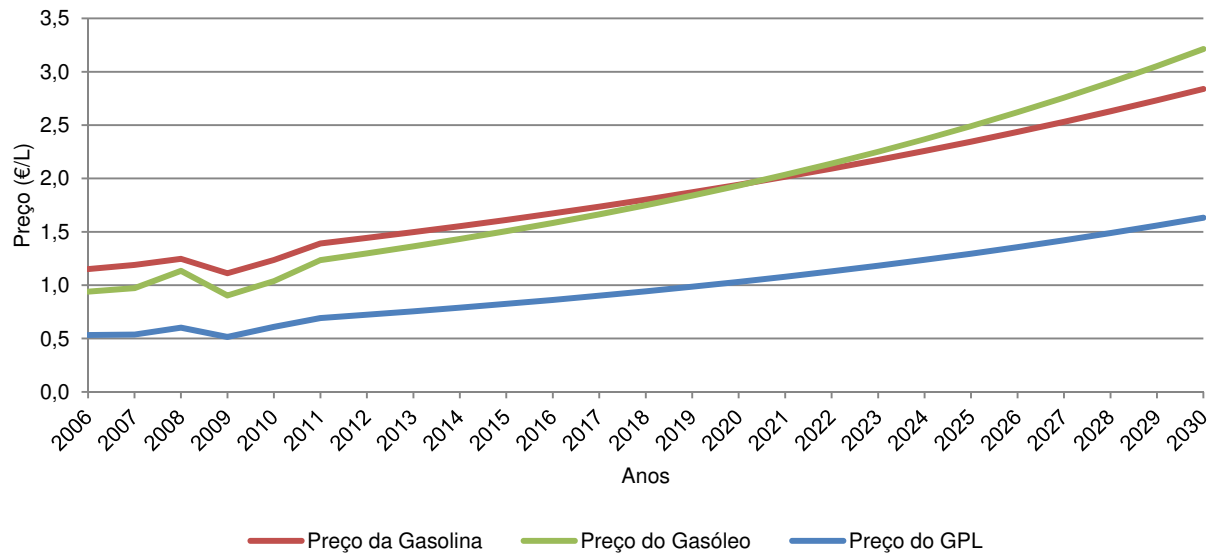
## Emissões Específicas dos Veículos



## Custos da Energia Eléctrica na Ilha de São Miguel



## Preços dos Combustíveis na Ilha de São Miguel





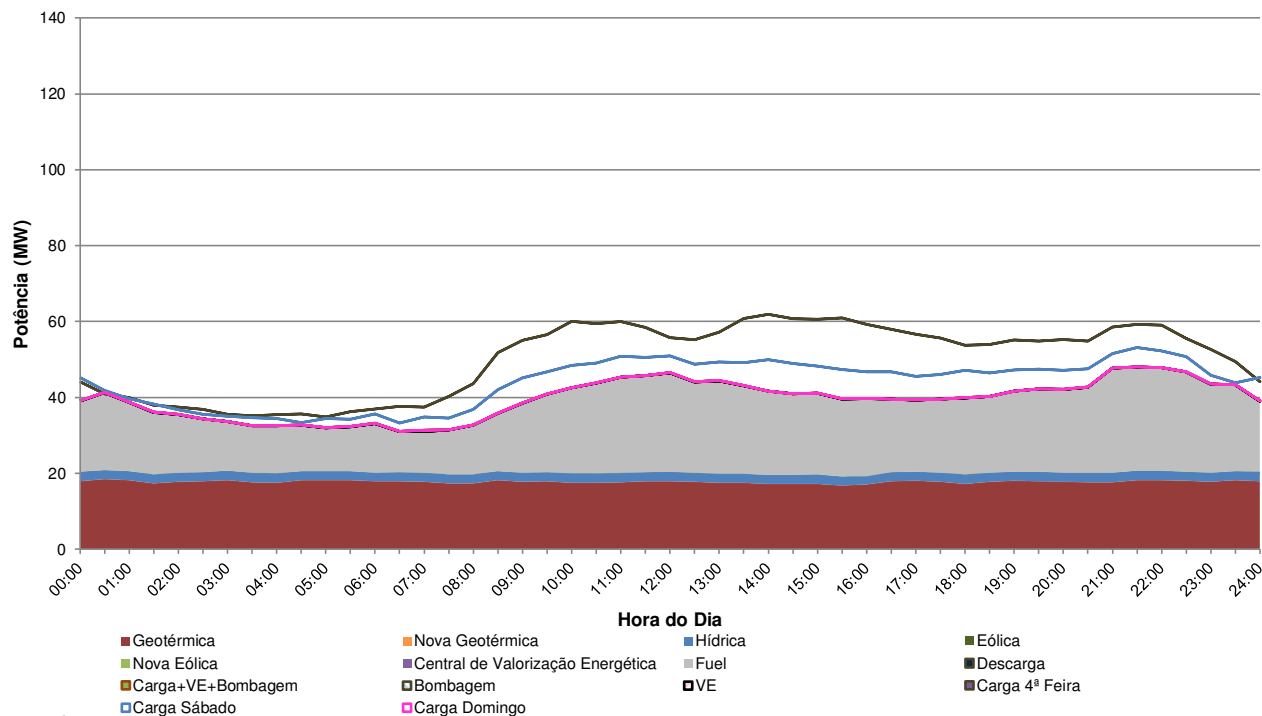
## **A2. Cenários Pré-Definidos**



# Cenário

1 ▼

## Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2010



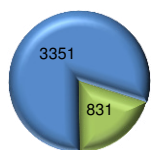
### Sector Eléctrico

Produção de Origem Renovável:	44%	
Excesso de produção:	0	MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	0	MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	0	MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	49%	
Preço Final da Energia Eléctrica:	135,58	€/MWh
Emissões de CO2 globais:	355,64	g/kWh

### Sector dos Transportes

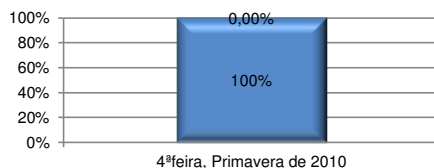
Consumo de Origem Renovável:	0%	
Número total de Veículos Ligeiros:	47807	unidades
Custo de utilização global:	6,27	€/100 km
Emissões de CO2 globais:	130,62	g/km
<b>Ilha de São Miguel</b>		
Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	0	TJ/ano
Emissões de CO2 Evitadas:	0	kton/ano

#### Energia Primária (TJ/ano)



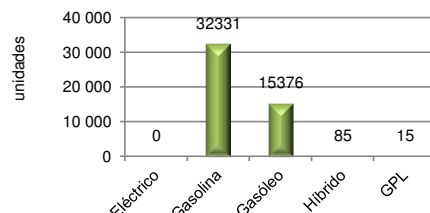
■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

#### Peso dos VE no Diagrama de Carga

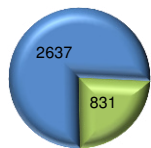


■ Diagrama de Carga ■ Carregamento de VE

#### Número de Veículos Ligeiros

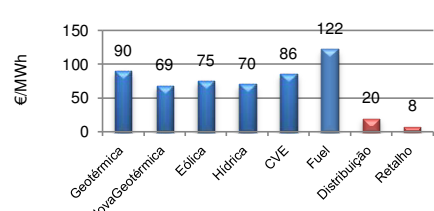


#### Combustíveis Fósseis (TJ/ano)

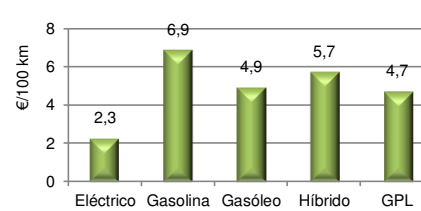


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

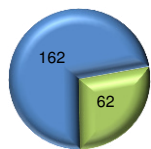
#### Custo Unitário da Energia Eléctrica



#### Custo de Utilização dos Veículos Ligeiros

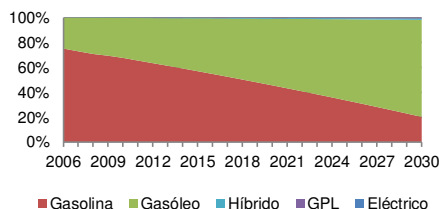


#### Emissões de CO2 (kton/ano)



■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

#### Distribuição da Frota



#### Emissões de CO2 dos Veículos Ligeiros

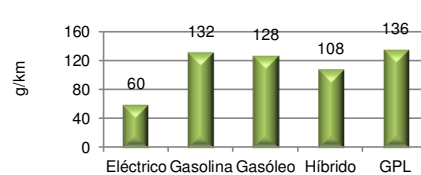
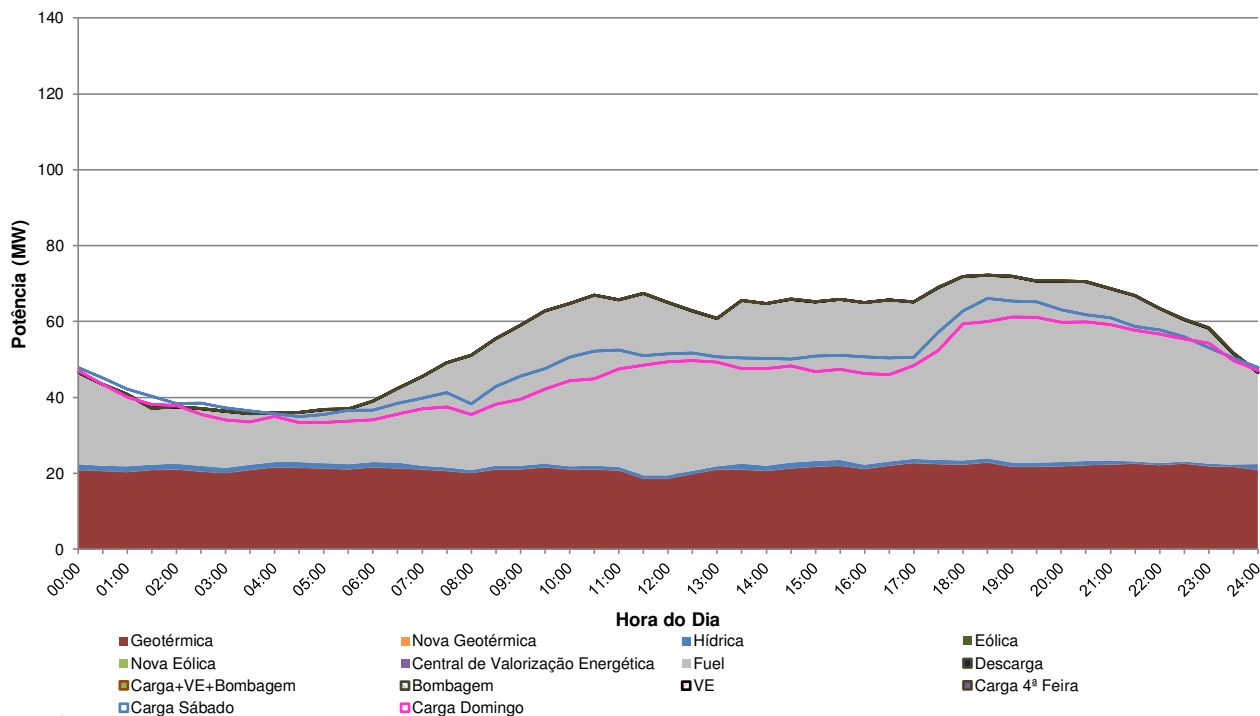




Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2010



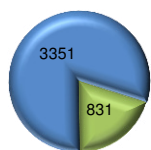
Sector Eléctrico

Produção de Origem Renovável:	44%
Excesso de produção:	0 MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	0 MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	0 MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	49%
Preço Final da Energia Eléctrica:	135,58 €/MWh
Emissões de CO2 globais:	355,64 g/kWh

Sector dos Transportes

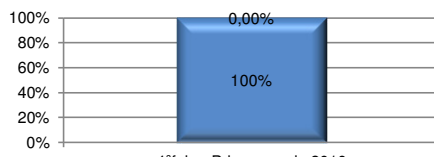
Consumo de Origem Renovável:	0%
Número total de Veículos Ligeiros:	47807 unidades
Custo de utilização global:	6,27 €/100 km
Emissões de CO2 globais:	130,62 g/km
<b>Ilha de São Miguel</b>	
Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	0 TJ/ano
Emissões de CO2 Evitadas:	0 kton/ano

Energia Primária (TJ/ano)



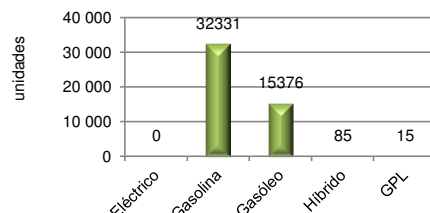
■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

Peso dos VE no Diagrama de Carga

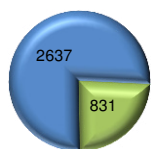


■ Diagrama de Carga ■ Carregamento de VE

Número de Veículos Ligeiros

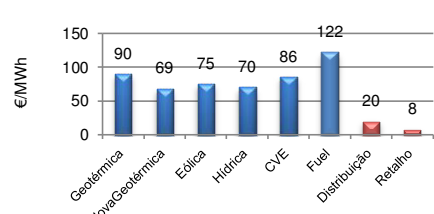


Combustíveis Fósseis (TJ/ano)

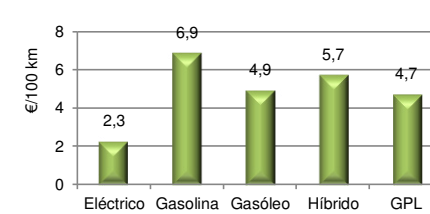


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

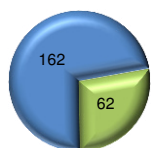
Custo Unitário da Energia Eléctrica



Custo de Utilização dos Veículos Ligeiros

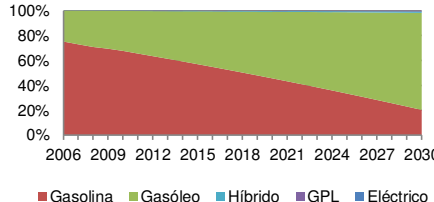


Emissões de CO2 (kton/ano)

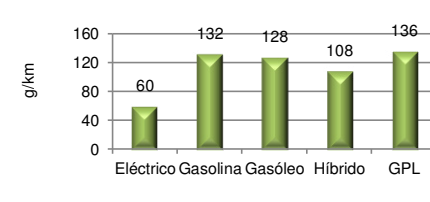


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

Distribuição da Frota



Emissões de CO2 dos Veículos Ligeiros

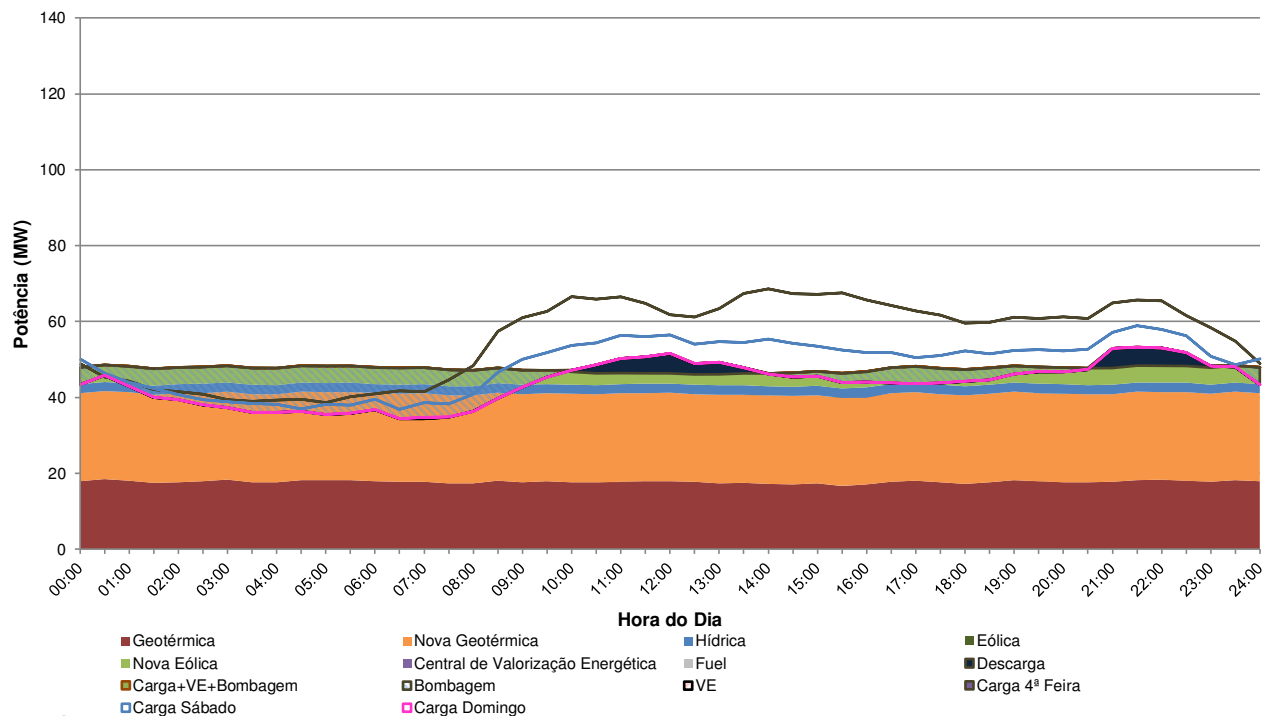




# Cenário

3

**Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2020, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, sem Veículos Eléctricos**



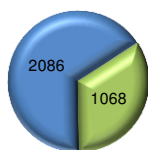
## Sector Eléctrico

Produção de Origem Renovável:	93%	
Excesso de produção:	66	MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	16	MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	110	MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	49%	
Preço Final da Energia Eléctrica:	107,68	€/MWh
Emissões de CO2 globais:	86,69	g/kWh

## Sector dos Transportes

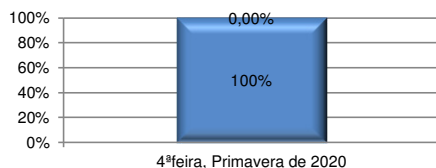
Consumo de Origem Renovável:	0%	
Número total de Veículos Ligeiros:	61622	unidades
Custo de utilização global:	9,95	€/100 km
Emissões de CO2 globais:	129,55	g/km
<b>Ilha de São Miguel</b>		
Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	2758	TJ/ano
Emissões de CO2 Evitadas:	149	kton/ano

### Energia Primária (TJ/ano)



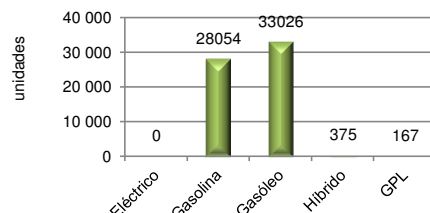
■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Peso dos VE no Diagrama de Carga

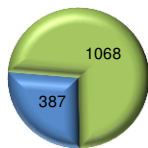


■ Diagrama de Carga ■ Carregamento de VE

### Número de Veículos Ligeiros

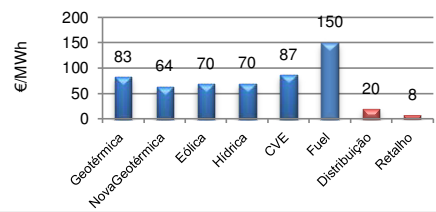


### Combustíveis Fósseis (TJ/ano)

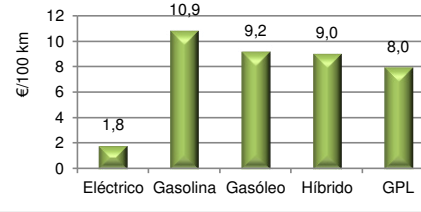


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

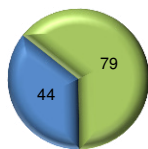
### Custo Unitário da Energia Eléctrica



### Custo de Utilização dos Veículos Ligeiros

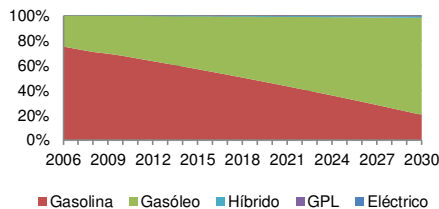


### Emissões de CO2 (kton/ano)

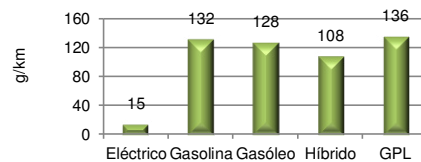


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Distribuição da Frota



### Emissões de CO2 dos Veículos Ligeiros

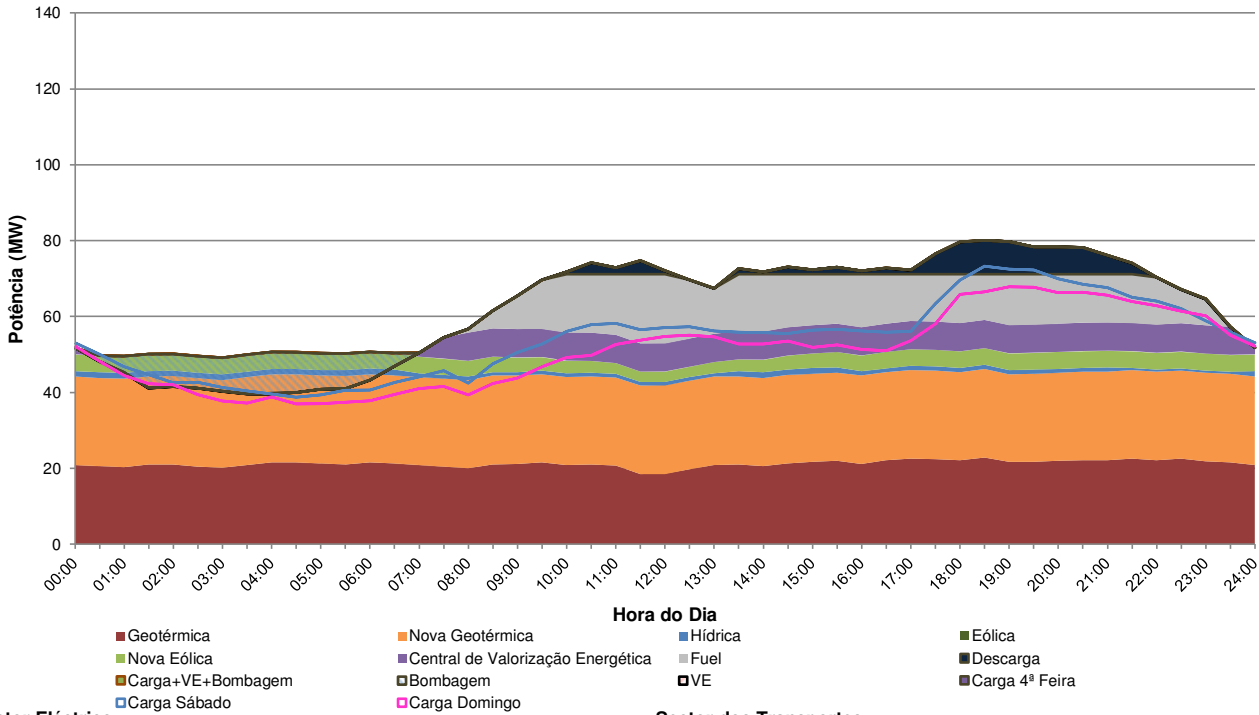




# Cenário

4

Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2020, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, sem Veículos Eléctricos



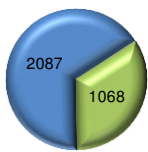
## Sector Eléctrico

Produção de Origem Renovável:	93%	
Excesso de produção:	66	MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	16	MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	110	MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	49%	
Preço Final da Energia Eléctrica:	107,69	€/MWh
Emissões de CO2 globais:	86,82	g/kWh

## Sector dos Transportes

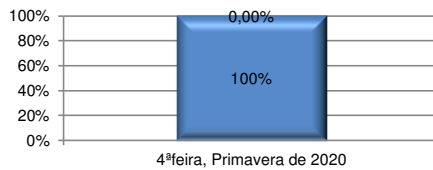
Consumo de Origem Renovável:	0%	
Número total de Veículos Ligeiros:	61622	unidades
Custo de utilização global:	9,95	€/100 km
Emissões de CO2 globais:	129,55	g/km
<b>Ilha de São Miguel</b>		
Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	2757	TJ/ano
Emissões de CO2 Evitadas:	149	kton/ano

### Energia Primária (TJ/ano)



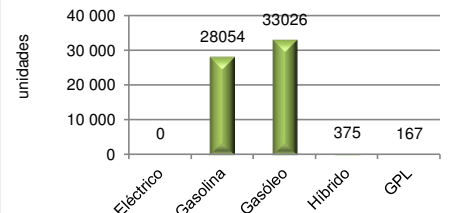
■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Peso dos VE no Diagrama de Carga

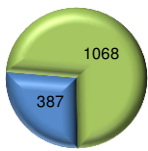


■ Diagrama de Carga ■ Carregamento de VE

### Número de Veículos Ligeiros

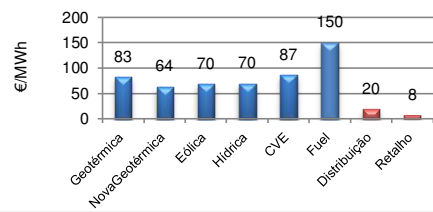


### Combustíveis Fósseis (TJ/ano)

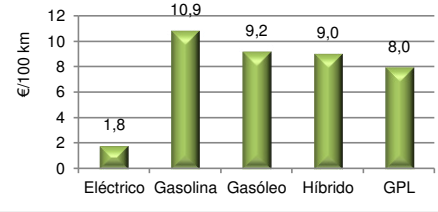


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

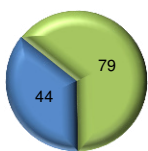
### Custo Unitário da Energia Eléctrica



### Custo de Utilização dos Veículos Ligeiros

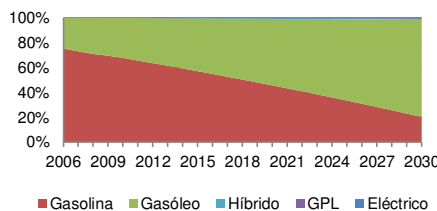


### Emissões de CO2 (kton/ano)

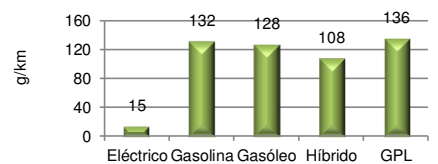


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Distribuição da Frota



### Emissões de CO2 dos Veículos Ligeiros

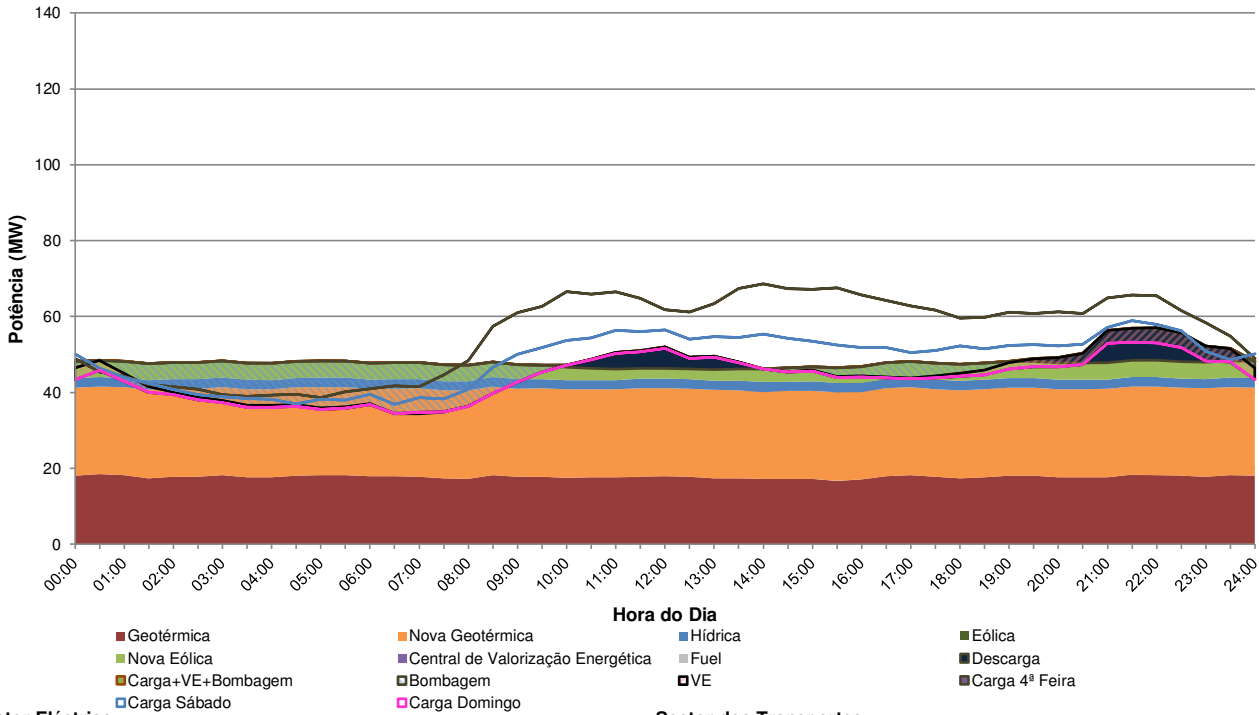




# Cenário

5

**Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2020, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de VE Base (9%) no modo de carregamento Não Controlado**



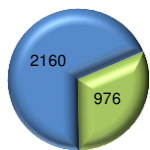
## Sector Eléctrico

Produção de Origem Renovável:	92%	
Excesso de produção:	41	MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	16	MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	101	MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	49%	
Preço Final da Energia Eléctrica:	108,59	€/MWh
Emissões de CO <sub>2</sub> globais:	95,55	g/kWh

## Sector dos Transportes

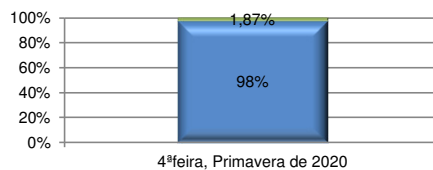
Consumo de Origem Renovável:	8%	
Número total de Veículos Ligeiros:	61622	unidades
Custo de utilização global:	9,25	€/100 km
Emissões de CO <sub>2</sub> globais:	119,80	g/km
<b>Ilha de São Miguel</b>		
Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	2784	TJ/ano
Emissões de CO <sub>2</sub> Evitadas:	150	kton/ano

### Energia Primária (TJ/ano)



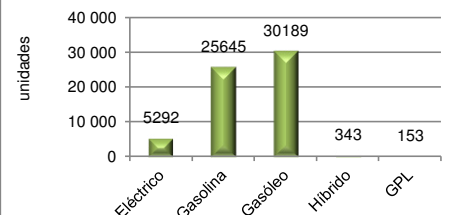
■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Peso dos VE no Diagrama de Carga

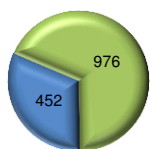


■ Diagrama de Carga ■ Carregamento de VE

### Número de Veículos Ligeiros

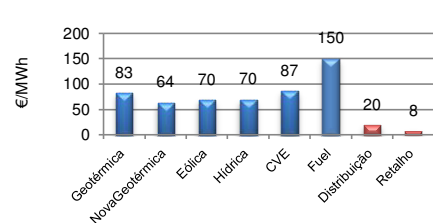


### Combustíveis Fósseis (TJ/ano)

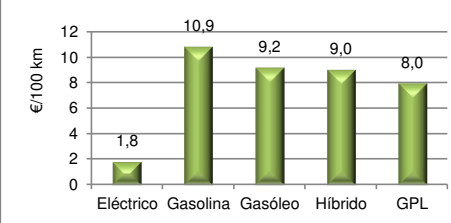


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

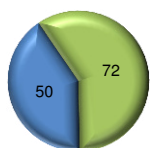
### Custo Unitário da Energia Eléctrica



### Custo de Utilização dos Veículos Ligeiros

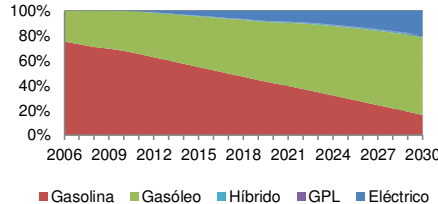


### Emissões de CO<sub>2</sub> (kton/ano)

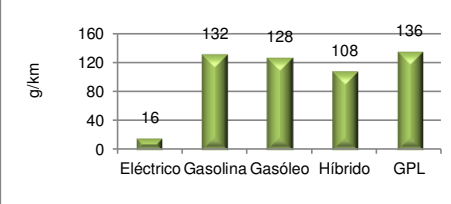


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Distribuição da Frota



### Emissões de CO<sub>2</sub> dos Veículos Ligeiros

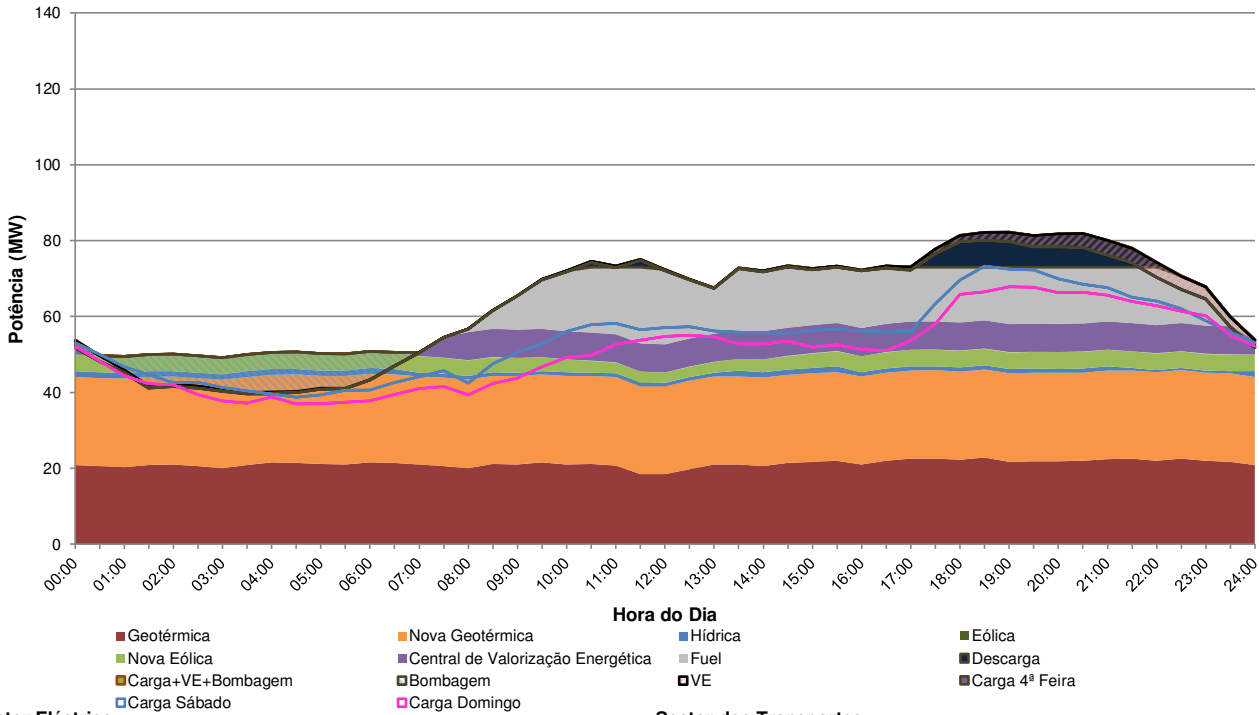




# Cenário

6

Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2020, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de VE Base (9%) no modo de carregamento Não Controlado



## Sector Eléctrico

Produção de Origem Renovável:	92%	
Excesso de produção:	42	MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	16	MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	102	MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	49%	
Preço Final da Energia Eléctrica:	108,58	€/MWh
Emissões de CO2 globais:	95,51	g/kWh

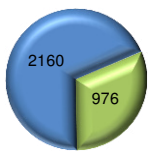
## Sector dos Transportes

Consumo de Origem Renovável:	8%	
Número total de Veículos Ligeiros:	61622	unidades
Custo de utilização global:	9,25	€/100 km
Emissões de CO2 globais:	119,80	g/km

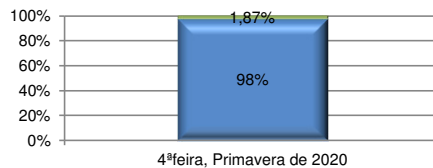
<b>Ilha de São Miguel</b>		
Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	2784	TJ/ano
Emissões de CO2 Evitadas:	150	kton/ano

### Energia Primária (TJ/ano)



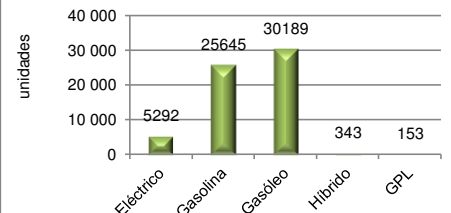
■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Peso dos VE no Diagrama de Carga

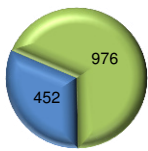


■ Diagrama de Carga ■ Carregamento de VE

### Número de Veículos Ligeiros

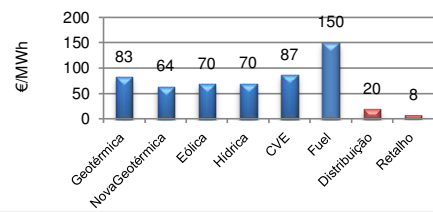


### Combustíveis Fósseis (TJ/ano)

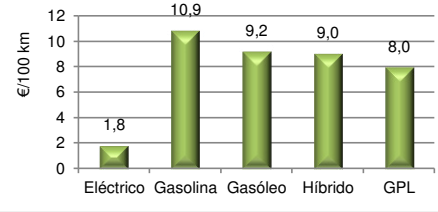


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

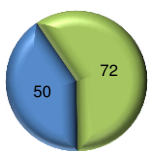
### Custo Unitário da Energia Eléctrica



### Custo de Utilização dos Veículos Ligeiros

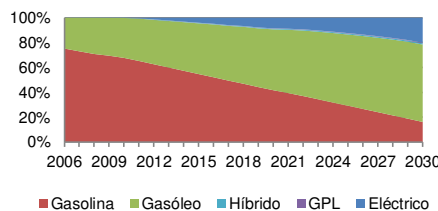


### Emissões de CO2 (kton/ano)

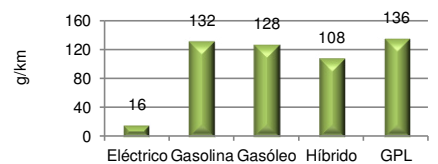


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Distribuição da Frota



### Emissões de CO2 dos Veículos Ligeiros

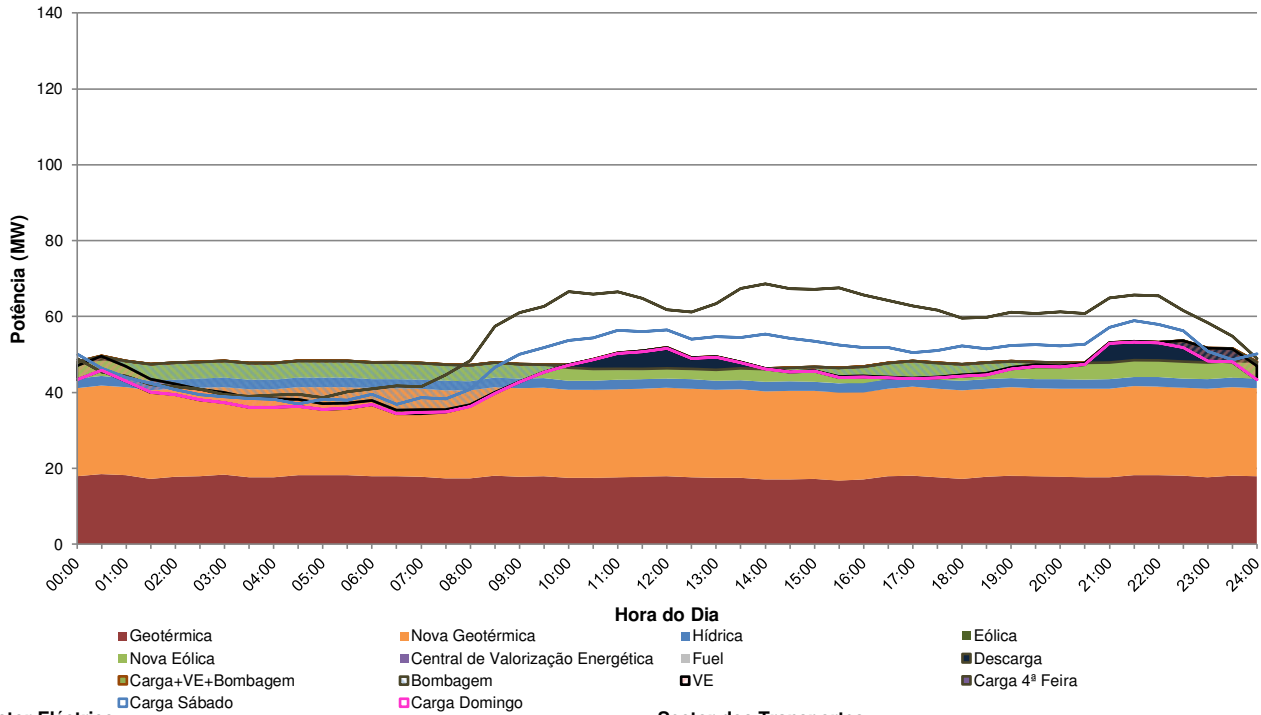




# Cenário

7 ▼

**Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2020, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de VE Base (9%) no modo de carregamento Fora das Horas de Ponta**



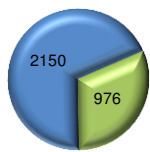
## Sector Eléctrico

Produção de Origem Renovável:	92%	
Excesso de produção:	43	MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	14	MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	92	MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	51%	
Preço Final da Energia Eléctrica:	108,44	€/MWh
Emissões de CO2 globais:	94,79	g/kWh

## Sector dos Transportes

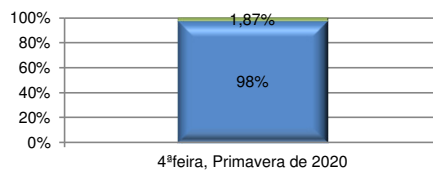
Consumo de Origem Renovável:	8%	
Número total de Veículos Ligeiros:	61622	unidades
Custo de utilização global:	9,25	€/100 km
Emissões de CO2 globais:	119,79	g/km
<b>Ilha de São Miguel</b>		
Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	2795	TJ/ano
Emissões de CO2 Evitadas:	151	kton/ano

### Energia Primária (TJ/ano)



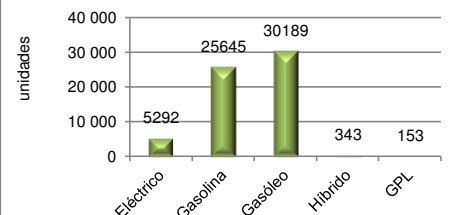
■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Peso dos VE no Diagrama de Carga

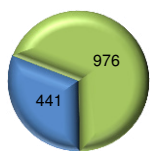


■ Diagrama de Carga ■ Carregamento de VE

### Número de Veículos Ligeiros

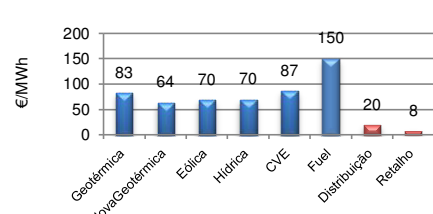


### Combustíveis Fósseis (TJ/ano)

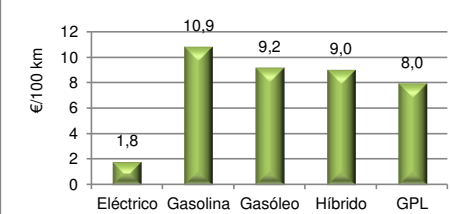


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

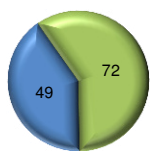
### Custo Unitário da Energia Eléctrica



### Custo de Utilização dos Veículos Ligeiros

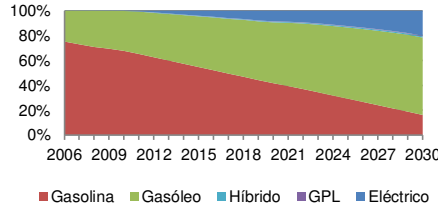


### Emissões de CO2 (kton/ano)

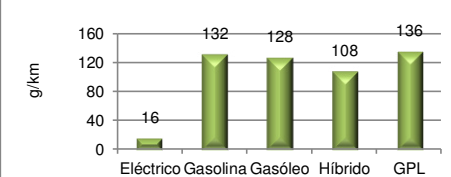


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Distribuição da Frota



### Emissões de CO2 dos Veículos Ligeiros

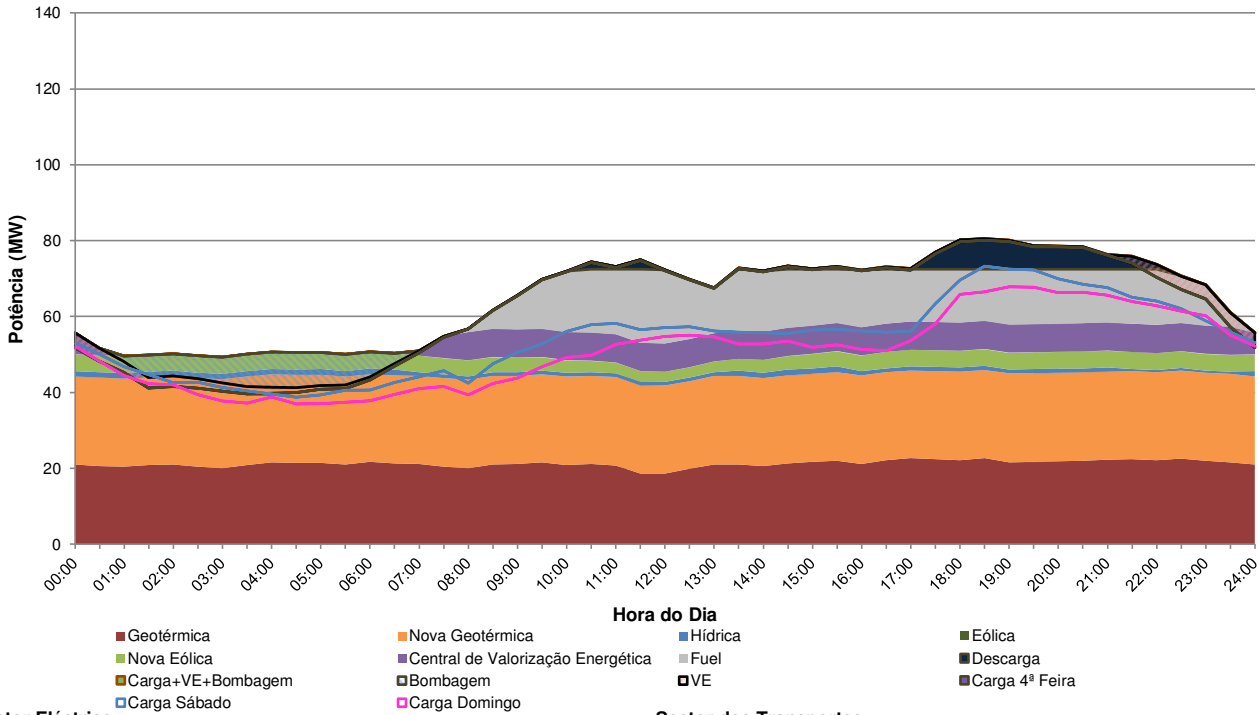




# Cenário

8 ▼

Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2020, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de VE Base (9%) no modo de carregamento Fora das Horas de Ponta



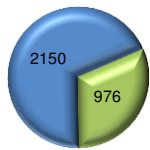
## Sector Eléctrico

Produção de Origem Renovável:	92%	
Excesso de produção:	43	MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	14	MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	92	MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	51%	
Preço Final da Energia Eléctrica:	108,44	€/MWh
Emissões de CO2 globais:	94,74	g/kWh

## Sector dos Transportes

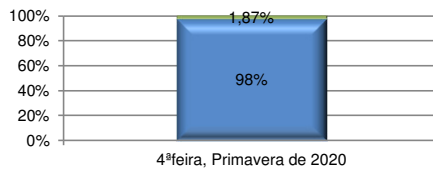
Consumo de Origem Renovável:	8%	
Número total de Veículos Ligeiros:	61622	unidades
Custo de utilização global:	9,25	€/100 km
Emissões de CO2 globais:	119,79	g/km
<b>Ilha de São Miguel</b>		
Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	2795	TJ/ano
Emissões de CO2 Evitadas:	151	kton/ano

### Energia Primária (TJ/ano)



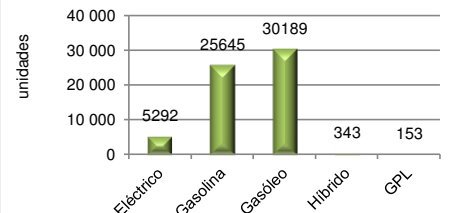
■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Peso dos VE no Diagrama de Carga

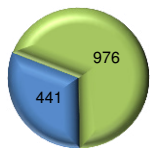


■ Diagrama de Carga ■ Carregamento de VE

### Número de Veículos Ligeiros

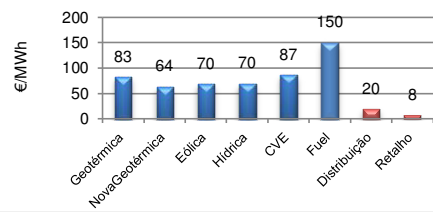


### Combustíveis Fósseis (TJ/ano)

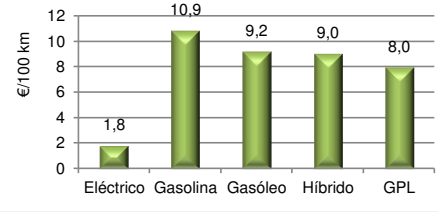


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

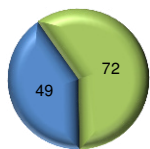
### Custo Unitário da Energia Eléctrica



### Custo de Utilização dos Veículos Ligeiros

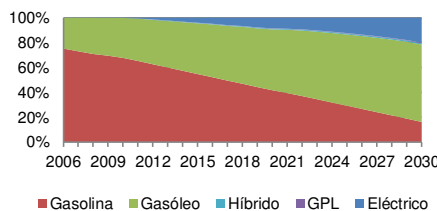


### Emissões de CO2 (kton/ano)

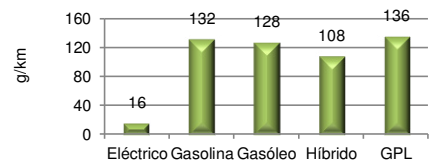


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Distribuição da Frota



### Emissões de CO2 dos Veículos Ligeiros

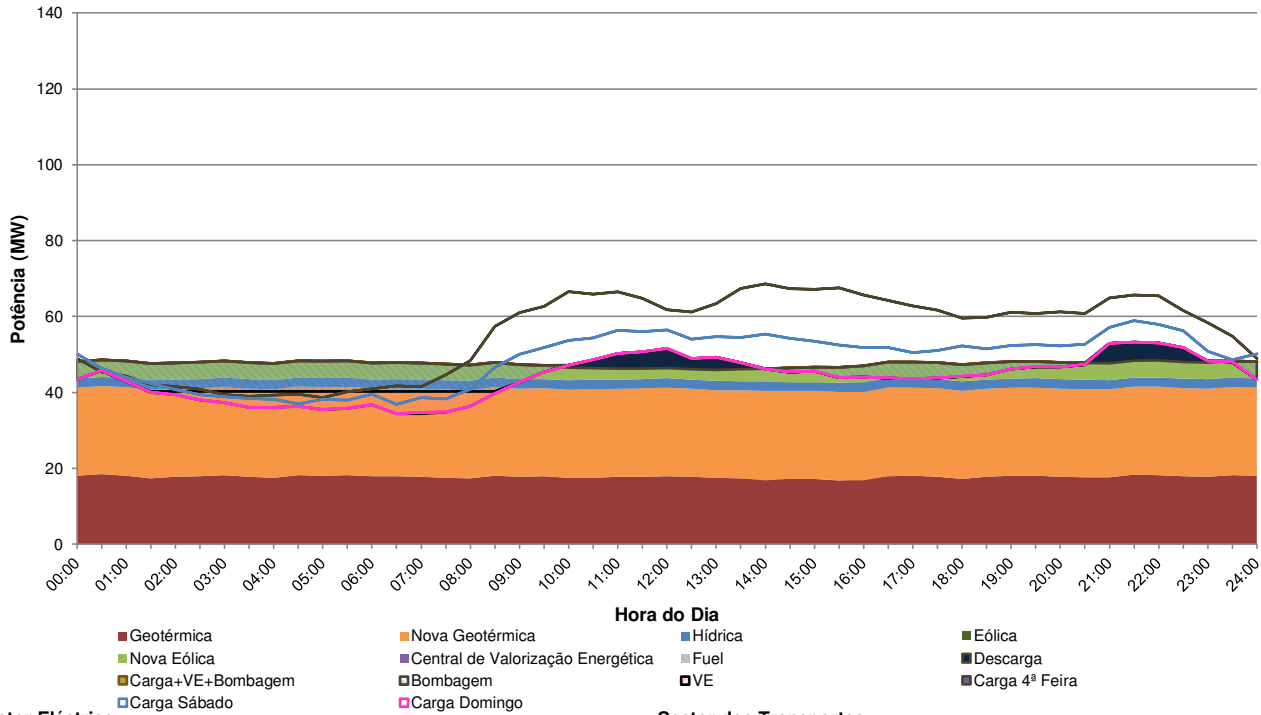




# Cenário

9 ▼

**Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2020, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de VE Base (9%) no modo de carregamento Controlado (G4V)**



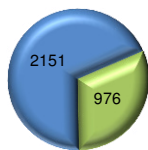
## Sector Eléctrico

Produção de Origem Renovável:	92%	
Excesso de produção:	44	MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	14	MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	84	MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	58%	
Preço Final da Energia Eléctrica:	108,51	€/MWh
Emissões de CO2 globais:	94,11	g/kWh

## Sector dos Transportes

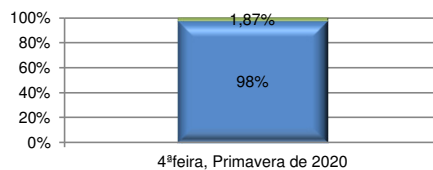
Consumo de Origem Renovável:	8%	
Número total de Veículos Ligeiros:	61622	unidades
Custo de utilização global:	9,25	€/100 km
Emissões de CO2 globais:	119,78	g/km
<b>Ilha de São Miguel</b>		
Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	2789	TJ/ano
Emissões de CO2 Evitadas:	151	kton/ano

### Energia Primária (TJ/ano)



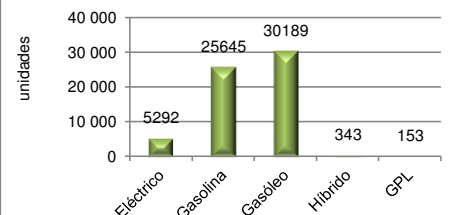
■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Peso dos VE no Diagrama de Carga

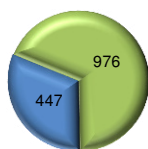


■ Diagrama de Carga ■ Carregamento de VE

### Número de Veículos Ligeiros

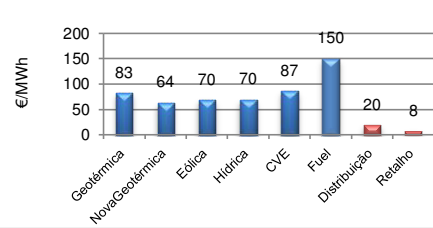


### Combustíveis Fósseis (TJ/ano)

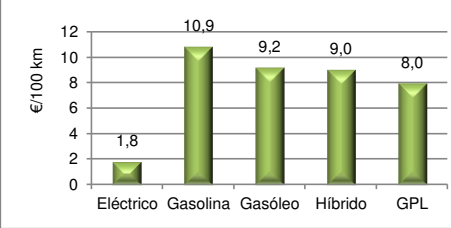


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

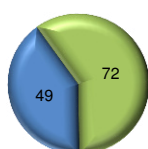
### Custo Unitário da Energia Eléctrica



### Custo de Utilização dos Veículos Ligeiros

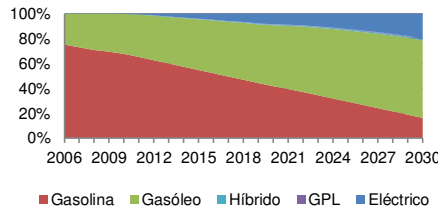


### Emissões de CO2 (kton/ano)

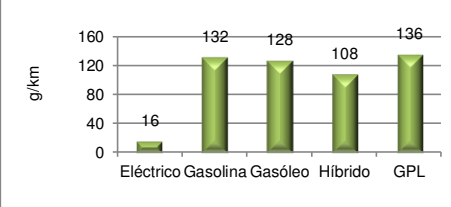


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Distribuição da Frota



### Emissões de CO2 dos Veículos Ligeiros

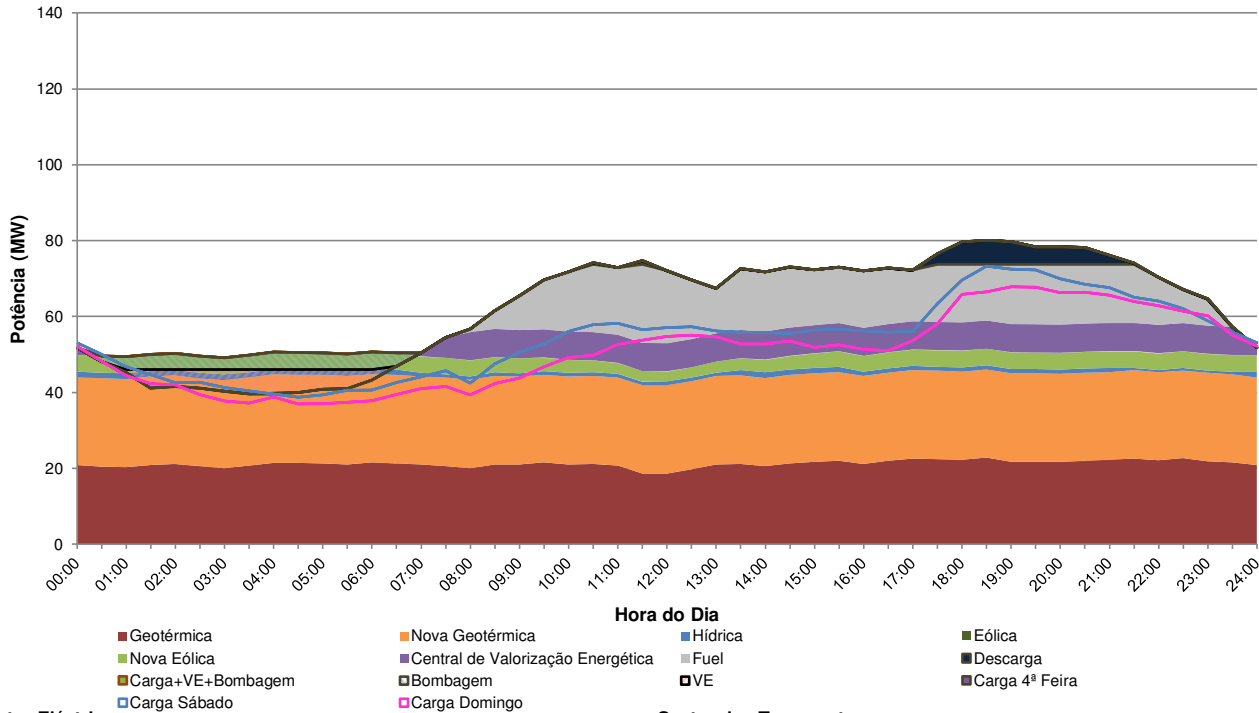




# Cenário

10 ▼

Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2020, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de VE Base (9%) no modo de carregamento Controlado (G4V)



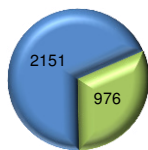
## Sector Eléctrico

Produção de Origem Renovável:	92%	
Excesso de produção:	45	MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	14	MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	84	MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	58%	
Preço Final da Energia Eléctrica:	108,51	€/MWh
Emissões de CO2 globais:	94,12	g/kWh

## Sector dos Transportes

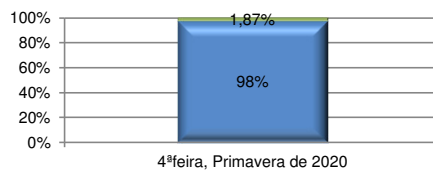
Consumo de Origem Renovável:	8%	
Número total de Veículos Ligeiros:	61622	unidades
Custo de utilização global:	9,25	€/100 km
Emissões de CO2 globais:	119,78	g/km
<b>Ilha de São Miguel</b>		
Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	2789	TJ/ano
Emissões de CO2 Evitadas:	151	kton/ano

### Energia Primária (TJ/ano)



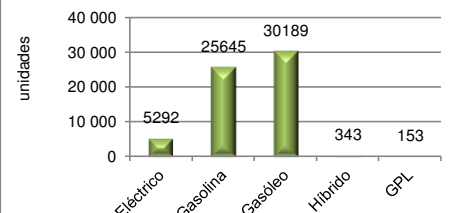
■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Peso dos VE no Diagrama de Carga

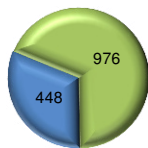


■ Diagrama de Carga ■ Carregamento de VE

### Número de Veículos Ligeiros

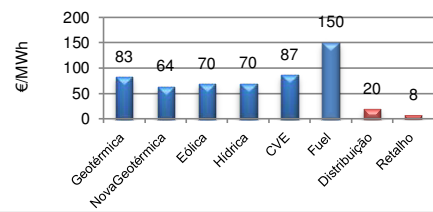


### Combustíveis Fósseis (TJ/ano)

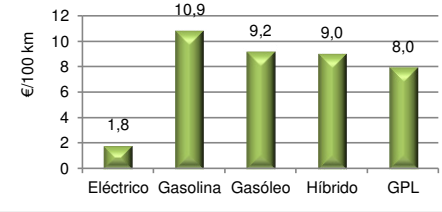


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

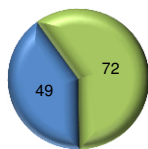
### Custo Unitário da Energia Eléctrica



### Custo de Utilização dos Veículos Ligeiros

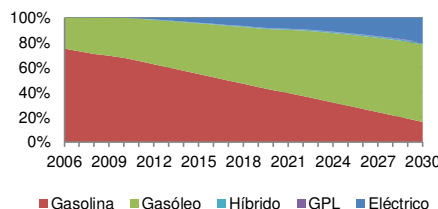


### Emissões de CO2 (kton/ano)

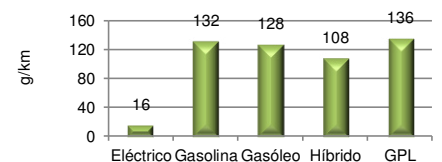


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Distribuição da Frota



### Emissões de CO2 dos Veículos Ligeiros

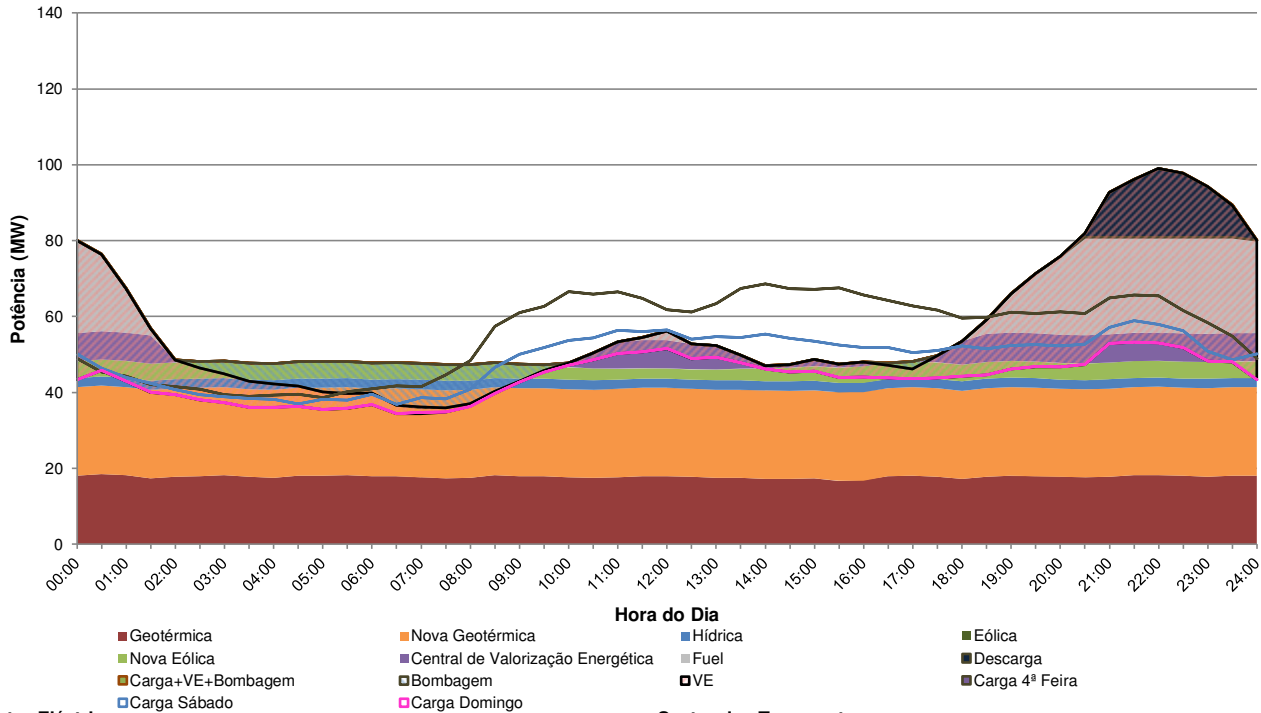




# Cenário

11

**Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2020, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 100% VE no modo de carregamento Não Controlado**



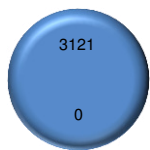
## Sector Eléctrico

Produção de Origem Renovável:	78%	
Excesso de produção:	0	MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	19	MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	71	MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	35%	
Preço Final da Energia Eléctrica:	118,95	€/MWh
Emissões de CO2 globais:	180,66	g/kWh

## Sector dos Transportes

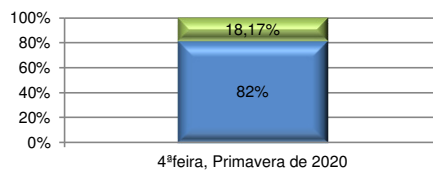
Consumo de Origem Renovável:	78%	
Número total de Veículos Ligeiros:	61622	unidades
Custo de utilização global:	1,99	€/100 km
Emissões de CO2 globais:	30,26	g/km
<b>Ilha de São Miguel</b>		
Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	2830	TJ/ano
Emissões de CO2 Evitadas:	160	kton/ano

### Energia Primária (TJ/ano)



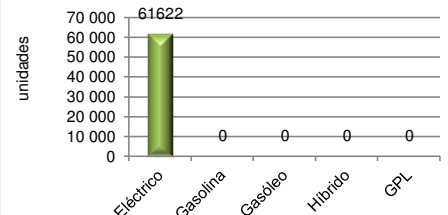
■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Peso dos VE no Diagrama de Carga

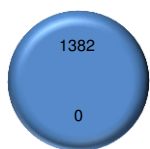


■ Diagrama de Carga ■ Carregamento de VE

### Número de Veículos Ligeiros

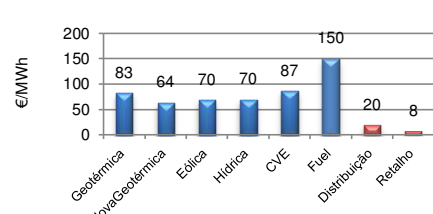


### Combustíveis Fósseis (TJ/ano)

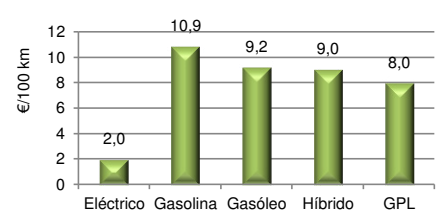


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

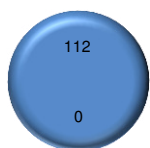
### Custo Unitário da Energia Eléctrica



### Custo de Utilização dos Veículos Ligeiros

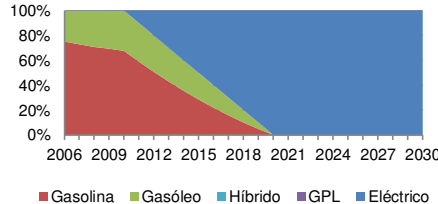


### Emissões de CO2 (kton/ano)

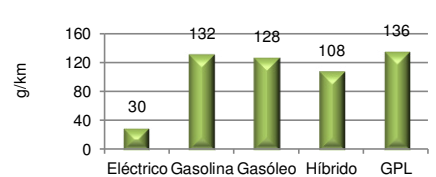


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Distribuição da Frota



### Emissões de CO2 dos Veículos Ligeiros

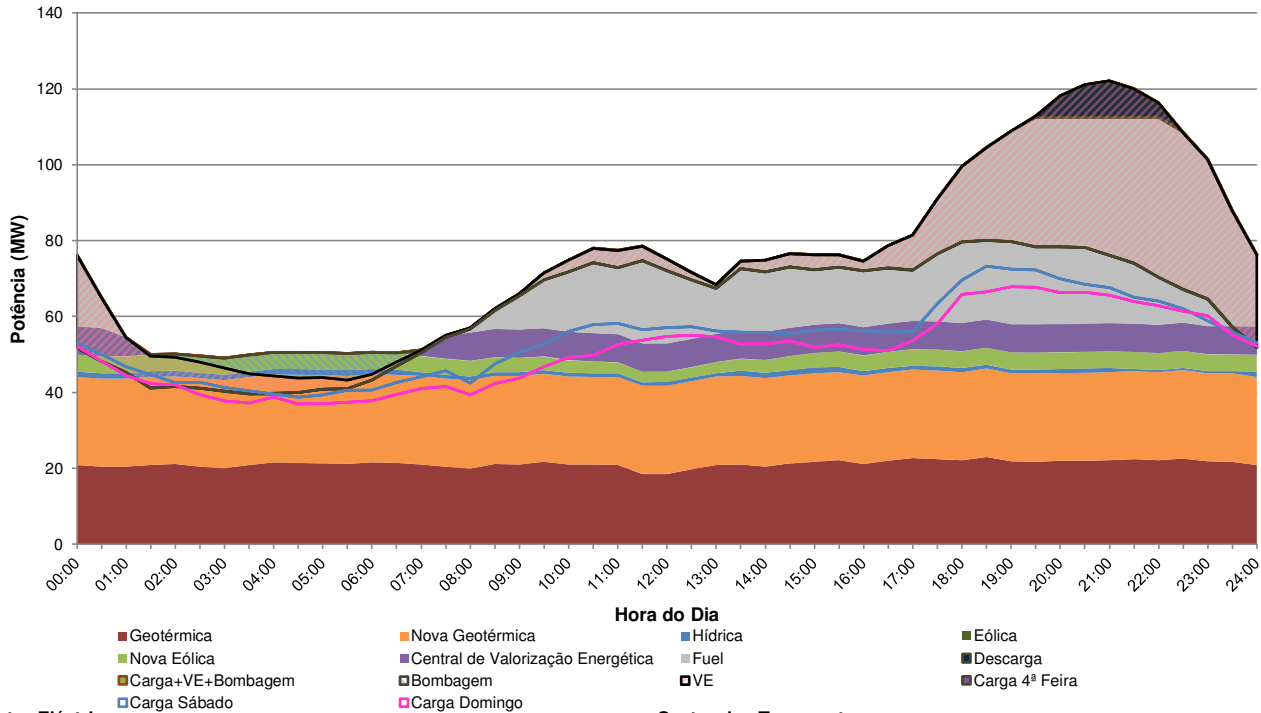




# Cenário

12 ▼

Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2020, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 100% VE no modo de carregamento Não Controlado



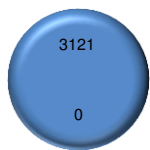
## Sector Eléctrico

Produção de Origem Renovável:	78%	
Excesso de produção:	0	MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	19	MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	71	MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	35%	
Preço Final da Energia Eléctrica:	118,96	€/MWh
Emissões de CO2 globais:	180,70	g/kWh

## Sector dos Transportes

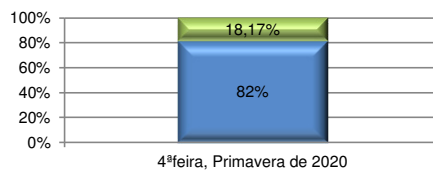
Consumo de Origem Renovável:	78%	
Número total de Veículos Ligeiros:	61622	unidades
Custo de utilização global:	1,99	€/100 km
Emissões de CO2 globais:	30,27	g/km
<b>Ilha de São Miguel</b>		
Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	2830	TJ/ano
Emissões de CO2 Evitadas:	160	kton/ano

### Energia Primária (TJ/ano)



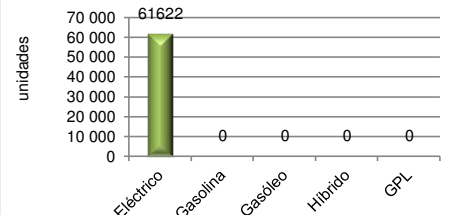
■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Peso dos VE no Diagrama de Carga

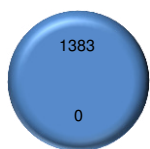


■ Diagrama de Carga ■ Carregamento de VE

### Número de Veículos Ligeiros

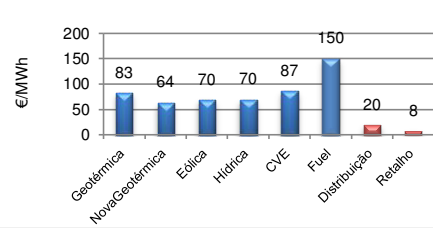


### Combustíveis Fósseis (TJ/ano)

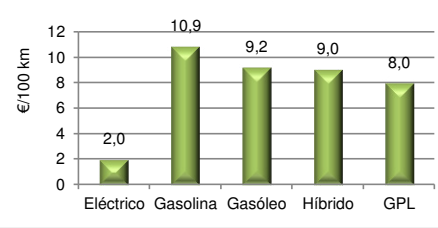


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

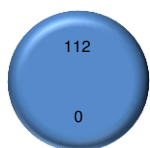
### Custo Unitário da Energia Eléctrica



### Custo de Utilização dos Veículos Ligeiros

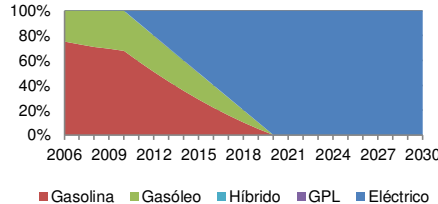


### Emissões de CO2 (kton/ano)

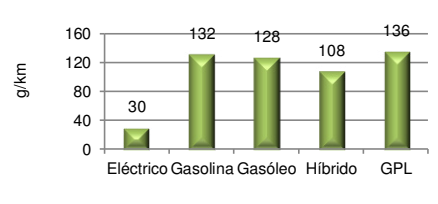


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Distribuição da Frota



### Emissões de CO2 dos Veículos Ligeiros

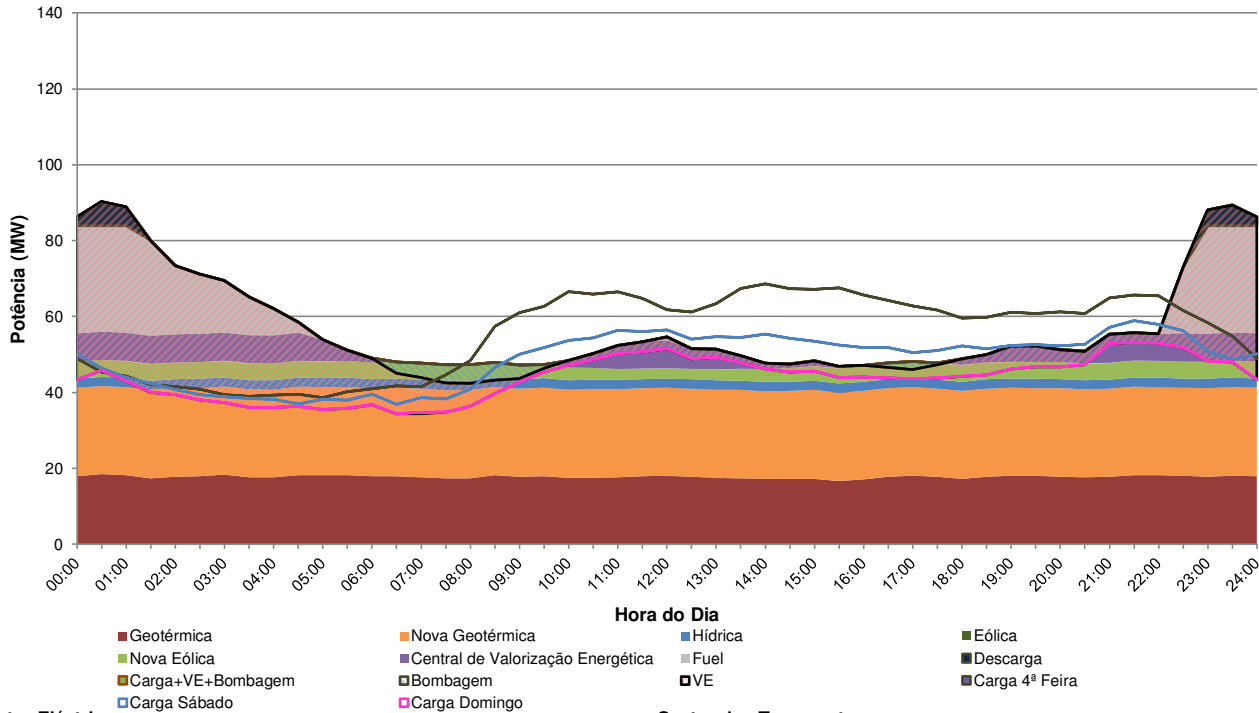




# Cenário

13 ▼

**Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2020, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 100% VE no modo de carregamento Fora das Horas de Ponta**



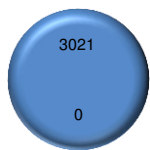
## Sector Eléctrico

Produção de Origem Renovável:	80%	
Excesso de produção:	0	MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	11	MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	27	MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	39%	
Preço Final da Energia Eléctrica:	117,51	€/MWh
Emissões de CO <sub>2</sub> globais:	178,56	g/kWh

## Sector dos Transportes

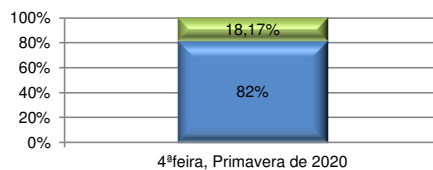
Consumo de Origem Renovável:	80%	
Número total de Veículos Ligeiros:	61622	unidades
Custo de utilização global:	1,97	€/100 km
Emissões de CO <sub>2</sub> globais:	29,91	g/km
<b>Ilha de São Miguel</b>		
Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	2975	TJ/ano
Emissões de CO <sub>2</sub> Evitadas:	162	kton/ano

### Energia Primária (TJ/ano)



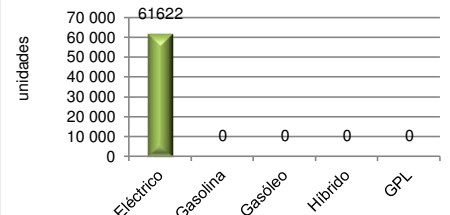
■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Peso dos VE no Diagrama de Carga

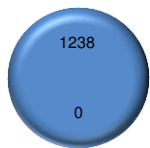


■ Diagrama de Carga ■ Carregamento de VE

### Número de Veículos Ligeiros

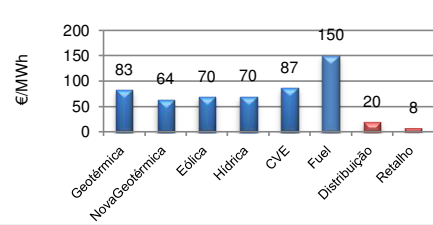


### Combustíveis Fósseis (TJ/ano)

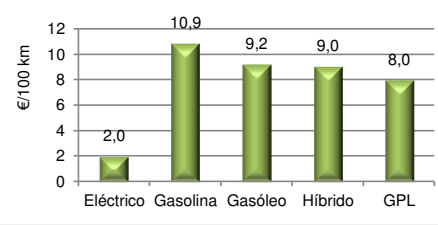


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

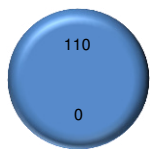
### Custo Unitário da Energia Eléctrica



### Custo de Utilização dos Veículos Ligeiros

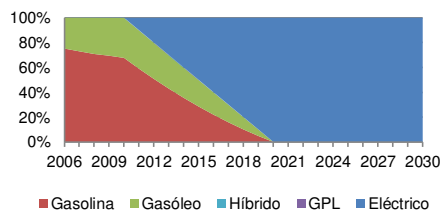


### Emissões de CO<sub>2</sub> (kton/ano)

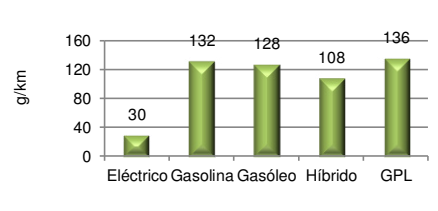


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Distribuição da Frota



### Emissões de CO<sub>2</sub> dos Veículos Ligeiros

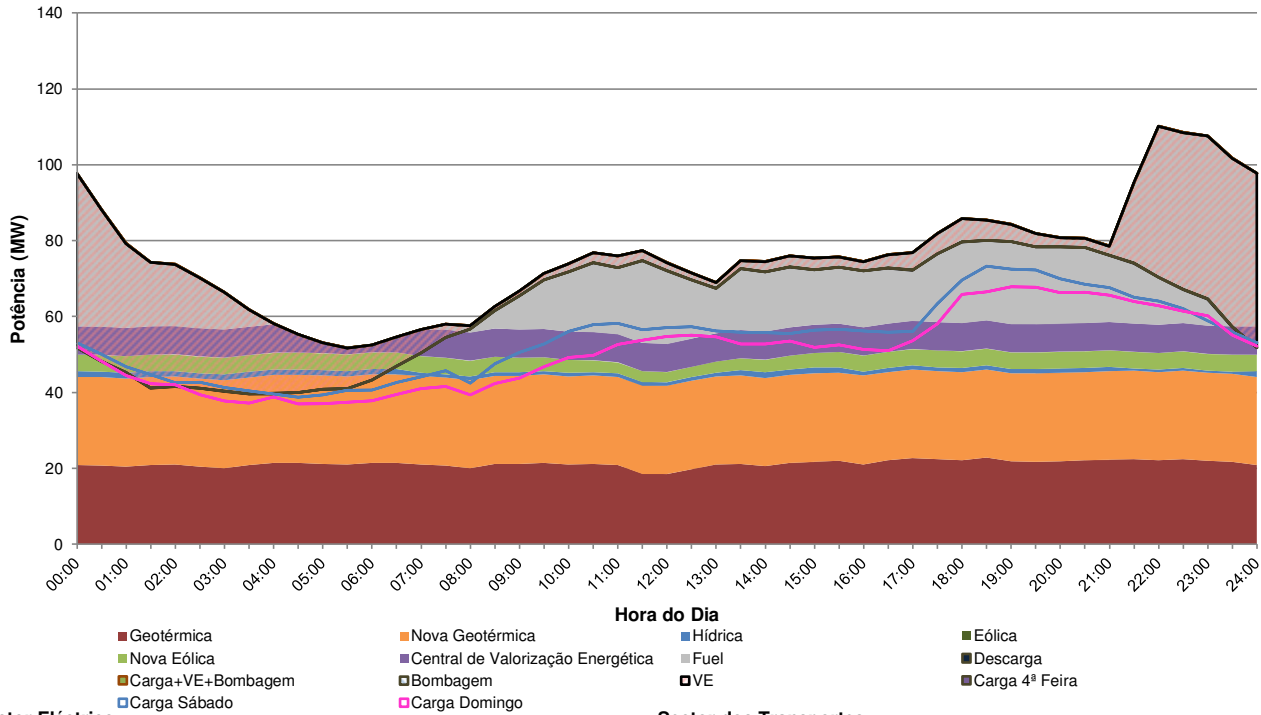




# Cenário

14 ▼

Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2020, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 100% VE no modo de carregamento Fora das Horas de Ponta



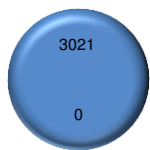
## Sector Eléctrico

Produção de Origem Renovável:	80%	
Excesso de produção:	0	MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	11	MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	27	MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	39%	
Preço Final da Energia Eléctrica:	117,50	€/MWh
Emissões de CO2 globais:	178,47	g/kWh

## Sector dos Transportes

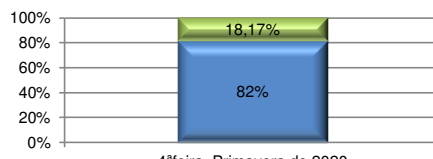
Consumo de Origem Renovável:	80%	
Número total de Veículos Ligeiros:	61622	unidades
Custo de utilização global:	1,97	€/100 km
Emissões de CO2 globais:	29,89	g/km
<b>Ilha de São Miguel</b>		
Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	2976	TJ/ano
Emissões de CO2 Evitadas:	162	kton/ano

### Energia Primária (TJ/ano)



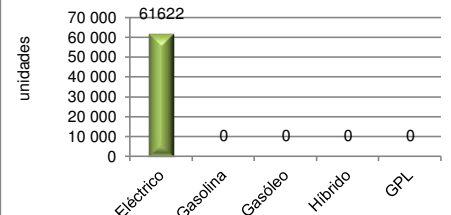
■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Peso dos VE no Diagrama de Carga

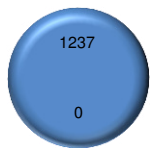


■ Diagrama de Carga ■ Carregamento de VE

### Número de Veículos Ligeiros

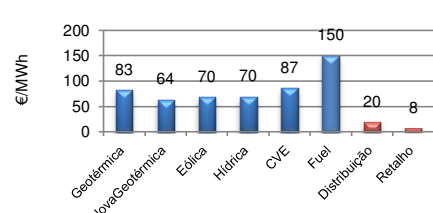


### Combustíveis Fósseis (TJ/ano)

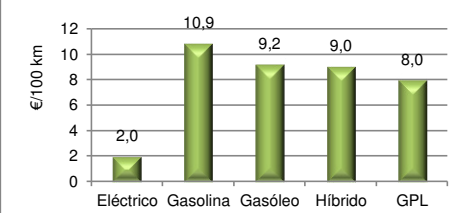


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

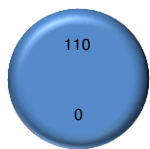
### Custo Unitário da Energia Eléctrica



### Custo de Utilização dos Veículos Ligeiros

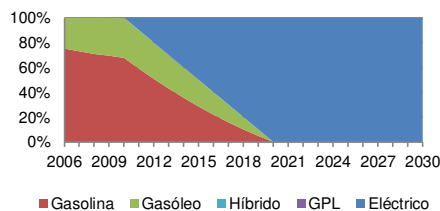


### Emissões de CO2 (kton/ano)

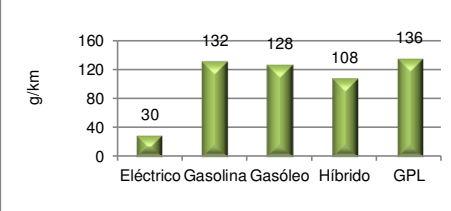


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Distribuição da Frota



### Emissões de CO2 dos Veículos Ligeiros

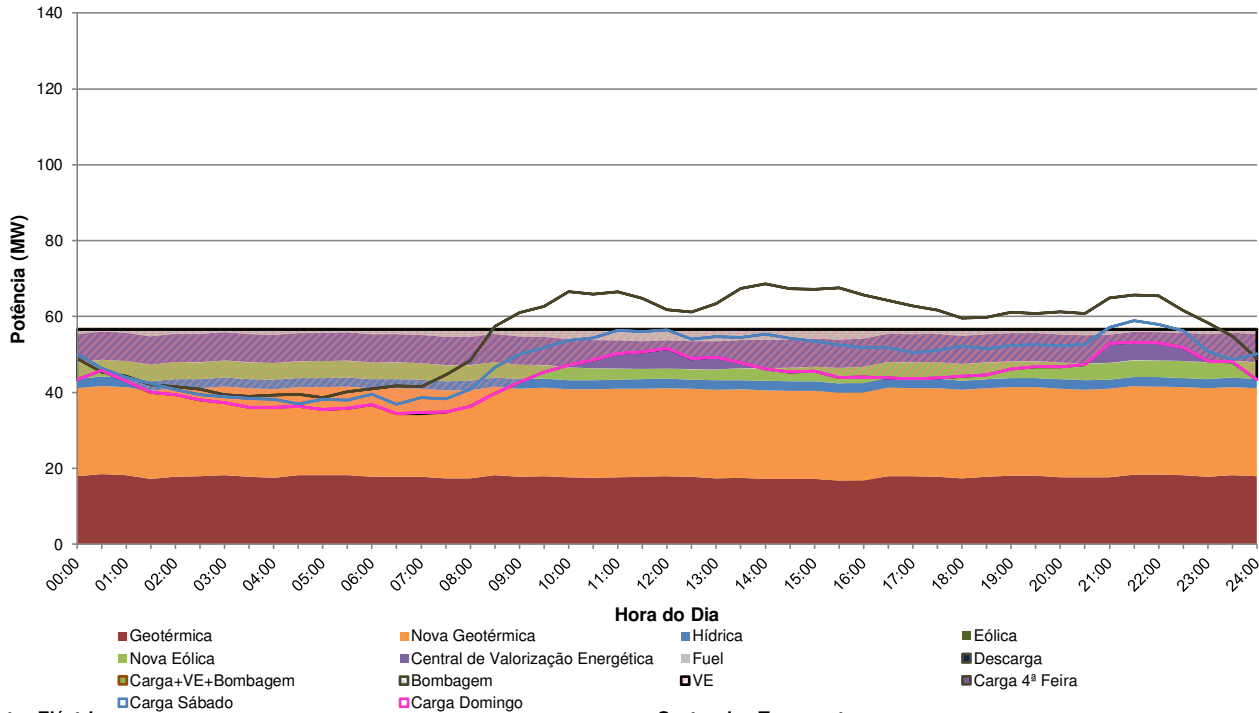




# Cenário

15 ▼

**Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2020, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 100% VE no modo de carregamento Controlado (G4V)**



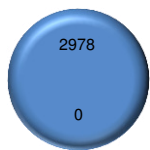
## Sector Eléctrico

Produção de Origem Renovável:	82%	
Excesso de produção:	0	MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	0	MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	0	MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	90%	
Preço Final da Energia Eléctrica:	116,84	€/MWh
Emissões de CO2 globais:	177,78	g/kWh

## Sector dos Transportes

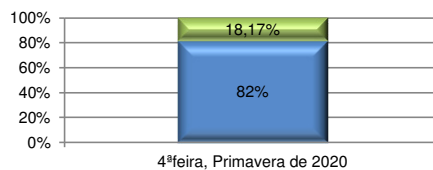
Consumo de Origem Renovável:	82%	
Número total de Veículos Ligeiros:	61622	unidades
Custo de utilização global:	1,96	€/100 km
Emissões de CO2 globais:	29,78	g/km
<b>Ilha de São Miguel</b>		
Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	3041	TJ/ano
Emissões de CO2 Evitadas:	162	kton/ano

### Energia Primária (TJ/ano)



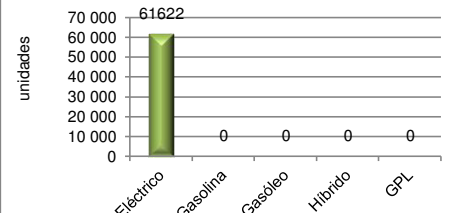
■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Peso dos VE no Diagrama de Carga

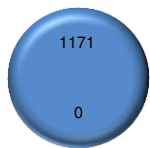


■ Diagrama de Carga ■ Carregamento de VE

### Número de Veículos Ligeiros

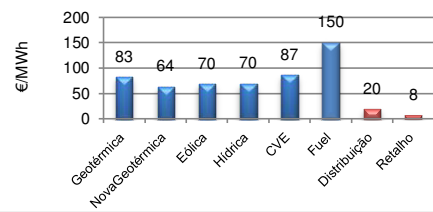


### Combustíveis Fósseis (TJ/ano)

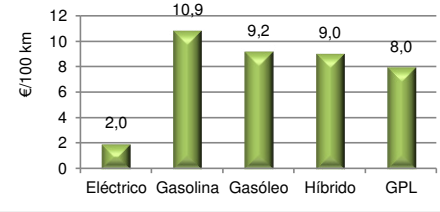


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

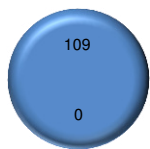
### Custo Unitário da Energia Eléctrica



### Custo de Utilização dos Veículos Ligeiros

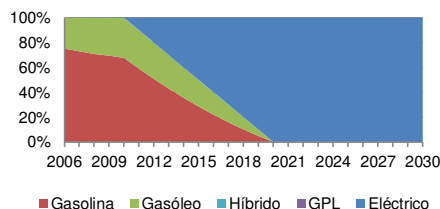


### Emissões de CO2 (kton/ano)

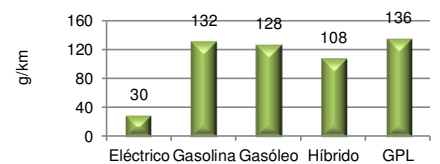


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Distribuição da Frota



### Emissões de CO2 dos Veículos Ligeiros

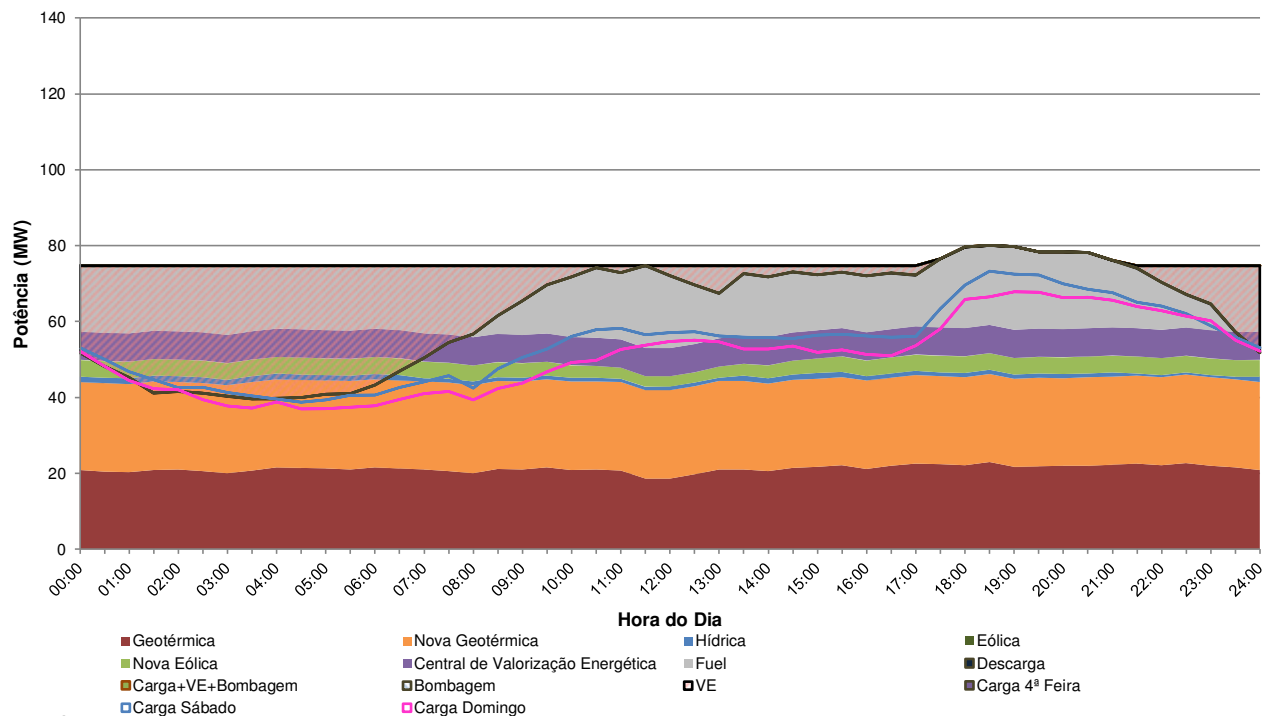




# Cenário

16 ▼

Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2020, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 100% VE no modo de carregamento Controlado (G4V)



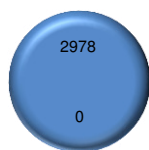
## Sector Eléctrico

Produção de Origem Renovável:	81%	
Excesso de produção:	0	MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	0	MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	0	MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	90%	
Preço Final da Energia Eléctrica:	116,85	€/MWh
Emissões de CO2 globais:	177,86	g/kWh

## Sector dos Transportes

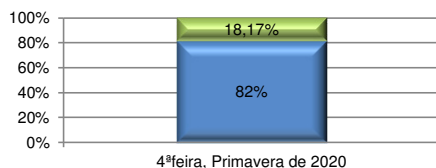
Consumo de Origem Renovável:	81%	
Número total de Veículos Ligeiros:	61622	unidades
Custo de utilização global:	1,96	€/100 km
Emissões de CO2 globais:	29,79	g/km
<b>Ilha de São Miguel</b>		
Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	3040	TJ/ano
Emissões de CO2 Evitadas:	162	kton/ano

### Energia Primária (TJ/ano)



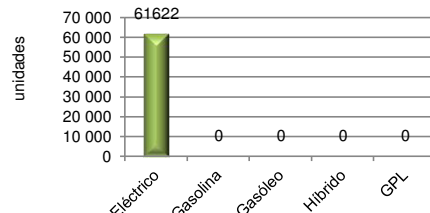
■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Peso dos VE no Diagrama de Carga

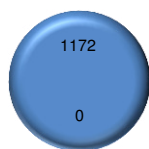


■ Diagrama de Carga ■ Carregamento de VE

### Número de Veículos Ligeiros

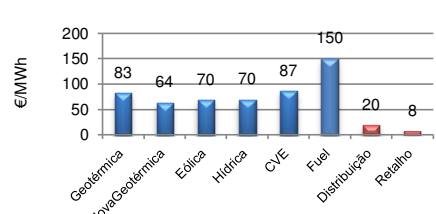


### Combustíveis Fósseis (TJ/ano)

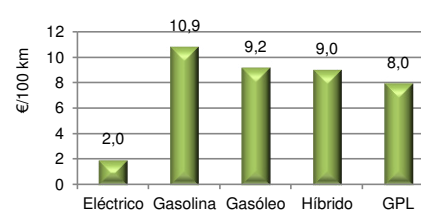


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

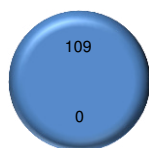
### Custo Unitário da Energia Eléctrica



### Custo de Utilização dos Veículos Ligeiros

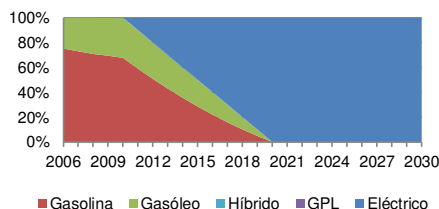


### Emissões de CO2 (kton/ano)

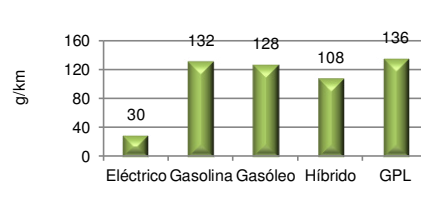


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Distribuição da Frota



### Emissões de CO2 dos Veículos Ligeiros

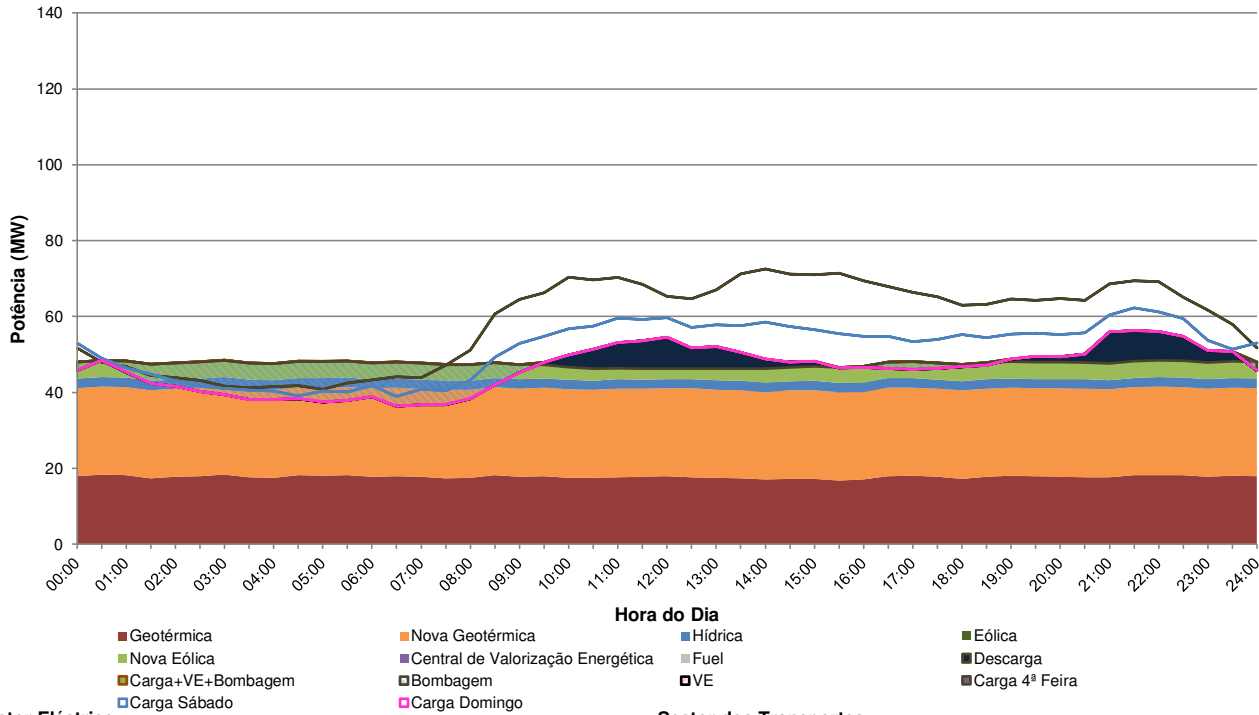




# Cenário

17 ▼

**Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2030, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, sem Veículos Eléctricos**



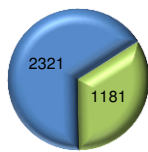
## Sector Eléctrico

Produção de Origem Renovável:	89%	
Excesso de produção:	12	MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	14	MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	82	MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	49%	
Preço Final da Energia Eléctrica:	108,51	€/MWh
Emissões de CO2 globais:	112,75	g/kWh

## Sector dos Transportes

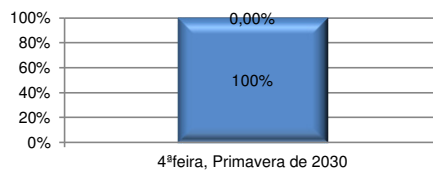
Consumo de Origem Renovável:	0%	
Número total de Veículos Ligeiros:	68356	unidades
Custo de utilização global:	15,36	€/100 km
Emissões de CO2 globais:	128,31	g/km
<b>Ilha de São Miguel</b>		
Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	2837	TJ/ano
Emissões de CO2 Evitadas:	151	kton/ano

### Energia Primária (TJ/ano)



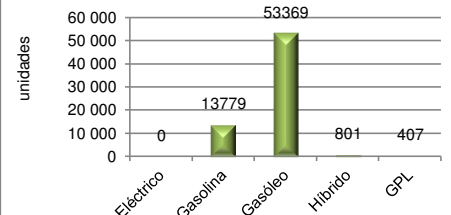
■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Peso dos VE no Diagrama de Carga

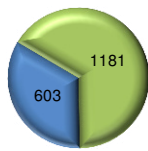


■ Diagrama de Carga ■ Carregamento de VE

### Número de Veículos Ligeiros

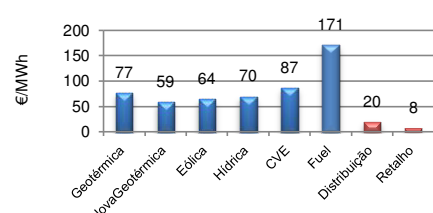


### Combustíveis Fósseis (TJ/ano)

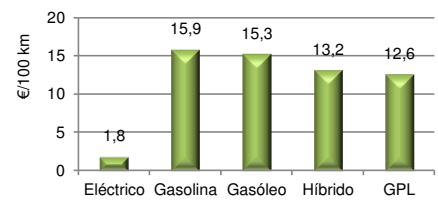


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

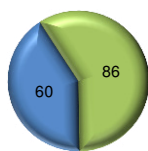
### Custo Unitário da Energia Eléctrica



### Custo de Utilização dos Veículos Ligeiros

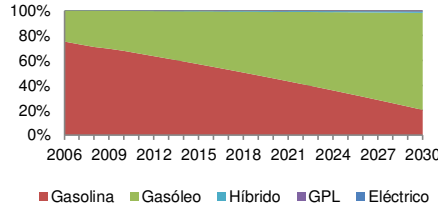


### Emissões de CO2 (kton/ano)

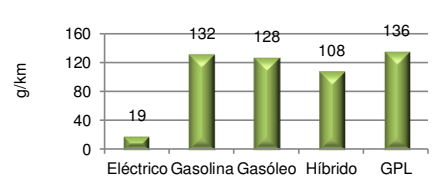


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Distribuição da Frota



### Emissões de CO2 dos Veículos Ligeiros

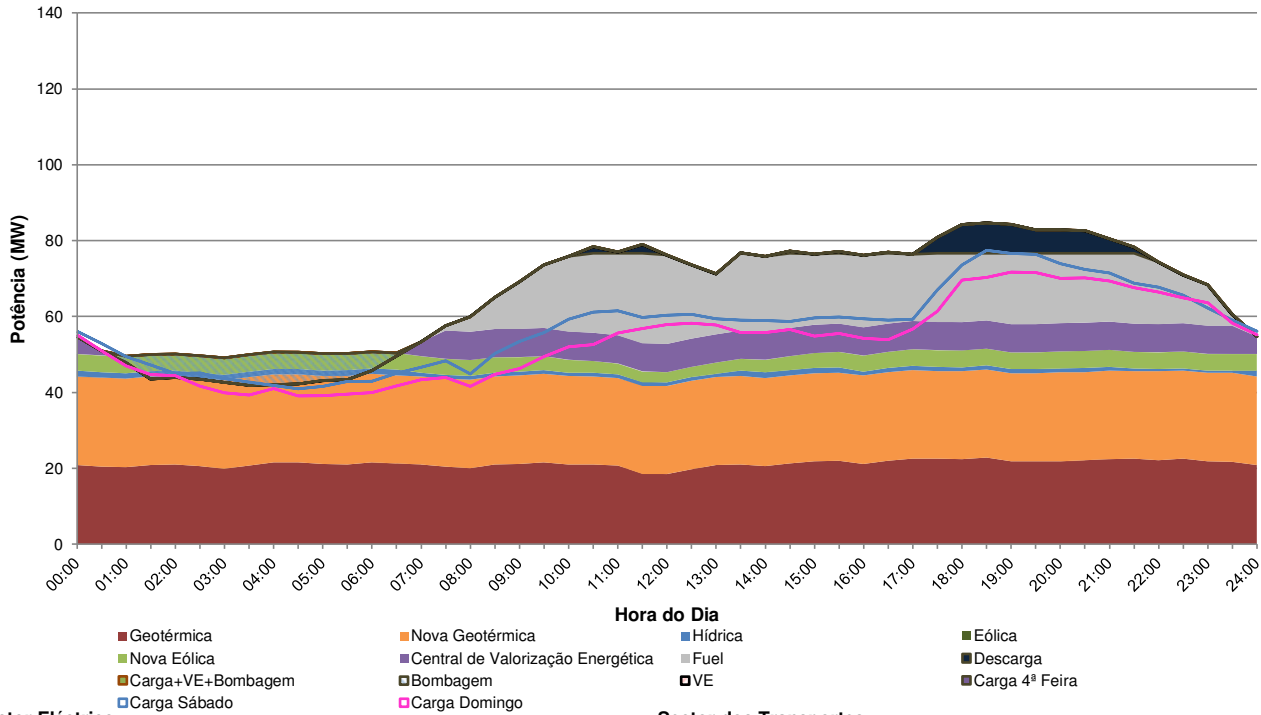




# Cenário

18 ▼

**Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2030, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, sem Veículos Eléctricos**



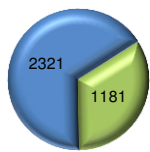
## Sector Eléctrico

Produção de Origem Renovável:	89%	
Excesso de produção:	13	MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	14	MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	83	MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	49%	
Preço Final da Energia Eléctrica:	108,51	€/MWh
Emissões de CO2 globais:	112,73	g/kWh

## Sector dos Transportes

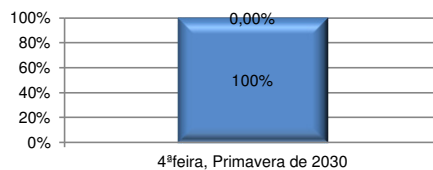
Consumo de Origem Renovável:	0%	
Número total de Veículos Ligeiros:	68356	unidades
Custo de utilização global:	15,36	€/100 km
Emissões de CO2 globais:	128,31	g/km
<b>Ilha de São Miguel</b>		
Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	2837	TJ/ano
Emissões de CO2 Evitadas:	151	kton/ano

### Energia Primária (TJ/ano)



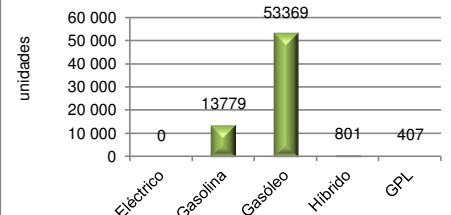
■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Peso dos VE no Diagrama de Carga

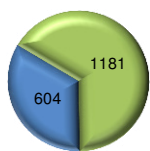


■ Diagrama de Carga ■ Carregamento de VE

### Número de Veículos Ligeiros

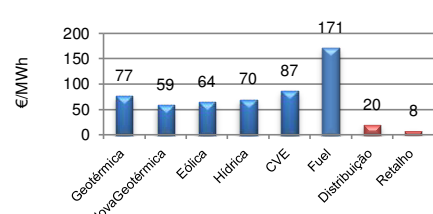


### Combustíveis Fósseis (TJ/ano)

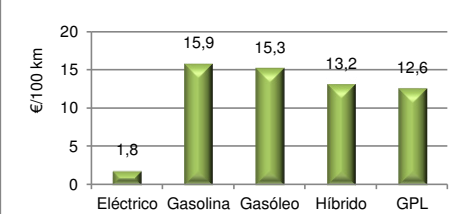


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

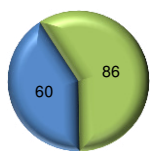
### Custo Unitário da Energia Eléctrica



### Custo de Utilização dos Veículos Ligeiros

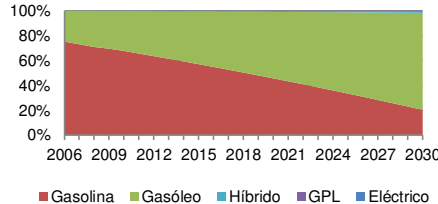


### Emissões de CO2 (kton/ano)

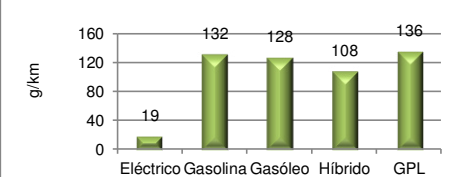


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Distribuição da Frota



### Emissões de CO2 dos Veículos Ligeiros

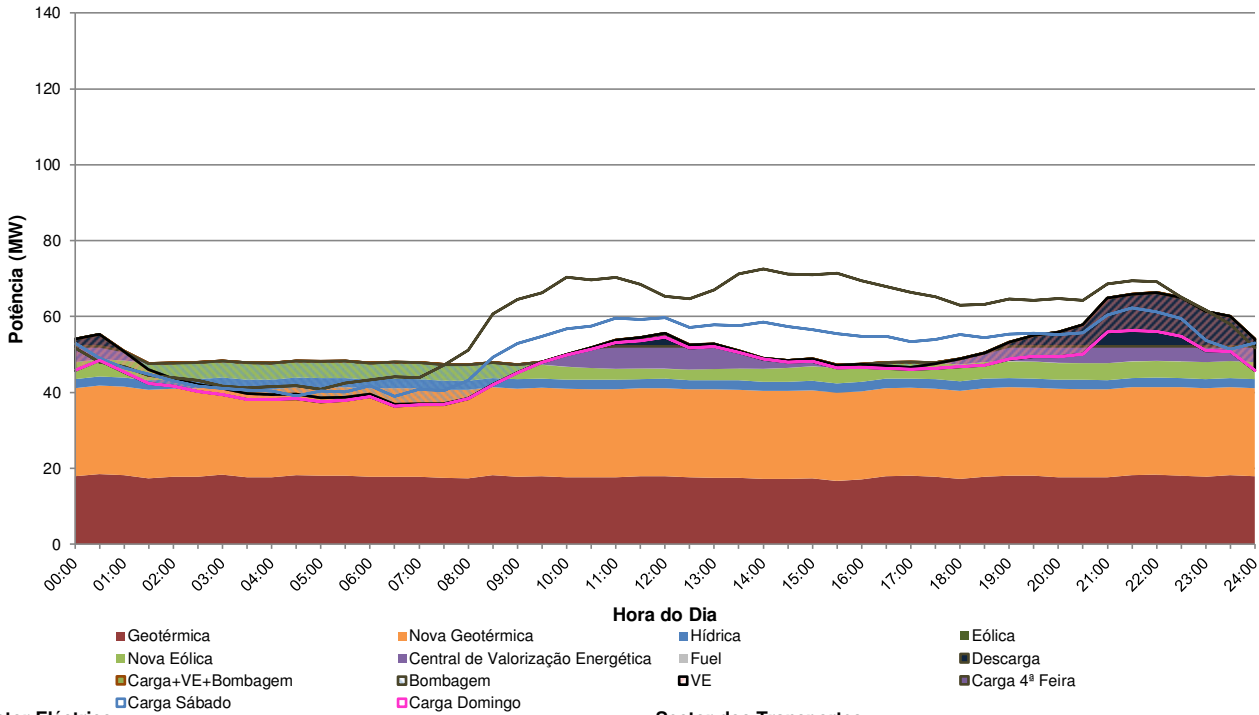




Cenário

19

Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2030, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de VE Base (20%) no modo de carregamento Não Controlado



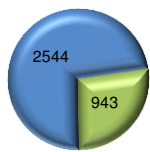
Sector Eléctrico

Produção de Origem Renovável:	86%
Excesso de produção:	0 MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	14 MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	74 MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	47%
Preço Final da Energia Eléctrica:	111,87 €/MWh
Emissões de CO2 globais:	134,84 g/kWh

Sector dos Transportes

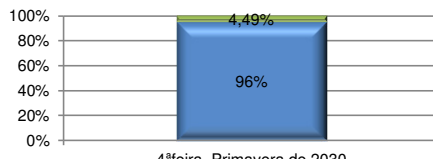
Consumo de Origem Renovável:	17%
Número total de Veículos Ligeiros:	68356 unidades
Custo de utilização global:	12,63 €/100 km
Emissões de CO2 globais:	106,96 g/km
<b>Ilha de São Miguel</b>	
Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	2867 TJ/ano
Emissões de CO2 Evitadas:	153 kton/ano

Energia Primária (TJ/ano)



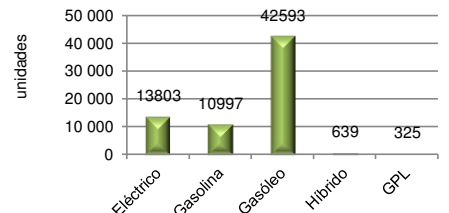
■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

Peso dos VE no Diagrama de Carga

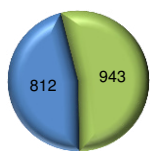


■ Diagrama de Carga ■ Carregamento de VE

Número de Veículos Ligeiros

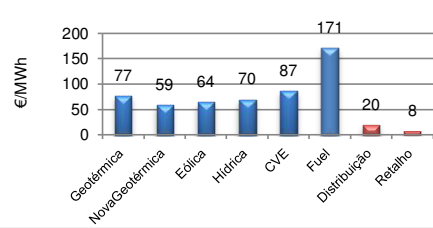


Combustíveis Fósseis (TJ/ano)

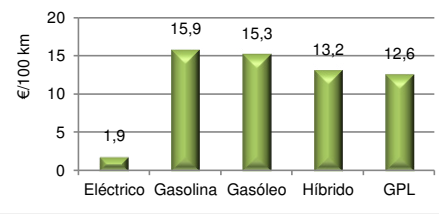


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

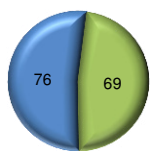
Custo Unitário da Energia Eléctrica



Custo de Utilização dos Veículos Ligeiros

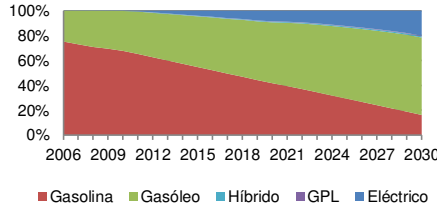


Emissões de CO2 (kton/ano)

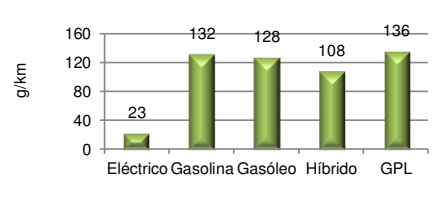


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

Distribuição da Frota



Emissões de CO2 dos Veículos Ligeiros

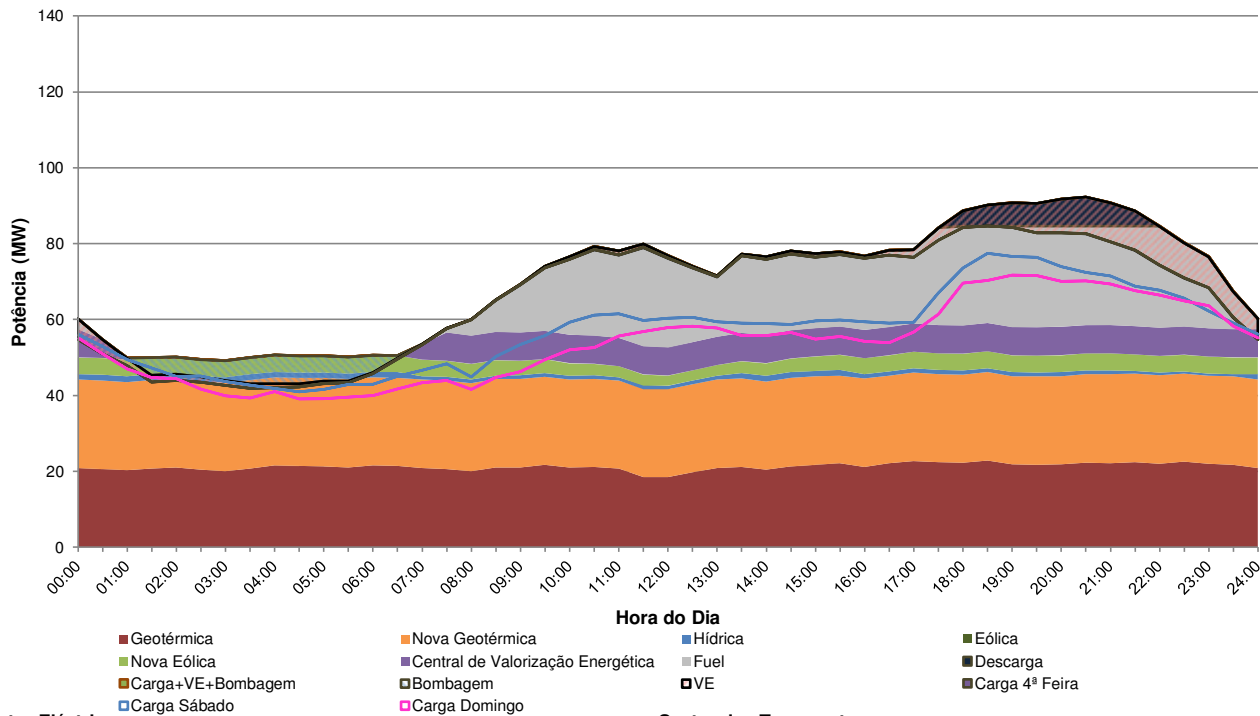




# Cenário

20

Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2030, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de VE Base (20%) no modo de carregamento Não Controlado



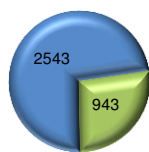
## Sector Eléctrico

Produção de Origem Renovável:	86%	
Excesso de produção:	0	MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	14	MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	74	MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	47%	
Preço Final da Energia Eléctrica:	111,85	€/MWh
Emissões de CO2 globais:	134,76	g/kWh

## Sector dos Transportes

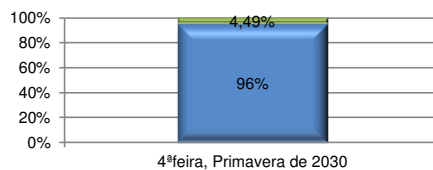
Consumo de Origem Renovável:	17%	
Número total de Veículos Ligeiros:	68356	unidades
Custo de utilização global:	12,63	€/100 km
Emissões de CO2 globais:	106,96	g/km
<b>Ilha de São Miguel</b>		
Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	2868	TJ/ano
Emissões de CO2 Evitadas:	153	kton/ano

### Energia Primária (TJ/ano)



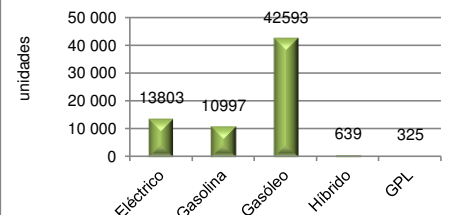
■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Peso dos VE no Diagrama de Carga

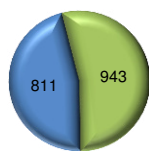


■ Diagrama de Carga ■ Carregamento de VE

### Número de Veículos Ligeiros

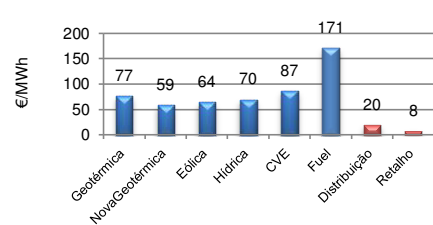


### Combustíveis Fósseis (TJ/ano)

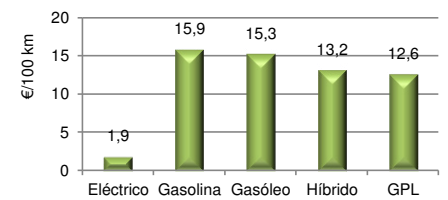


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

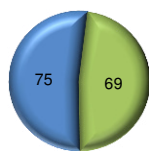
### Custo Unitário da Energia Eléctrica



### Custo de Utilização dos Veículos Ligeiros

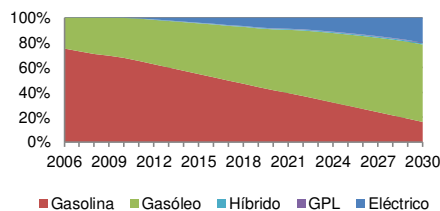


### Emissões de CO2 (kton/ano)

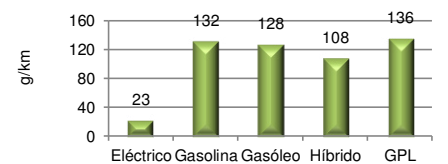


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Distribuição da Frota



### Emissões de CO2 dos Veículos Ligeiros

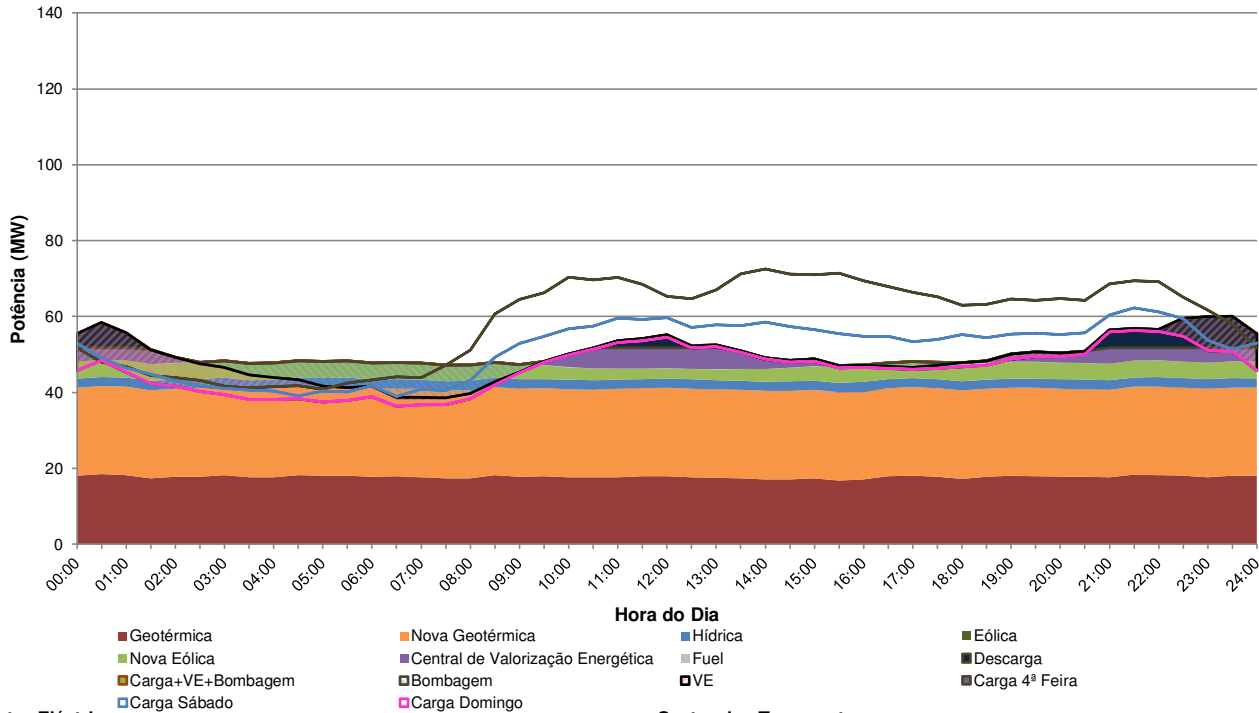




# Cenário

21 ▼

**Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2030, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de VE Base (20%) no modo de carregamento Fora das Horas de Ponta**



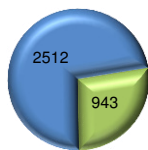
## Sector Eléctrico

Produção de Origem Renovável:	87%	
Excesso de produção:	0	MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	11	MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	54	MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	53%	
Preço Final da Energia Eléctrica:	111,25	€/MWh
Emissões de CO2 globais:	133,39	g/kWh

## Sector dos Transportes

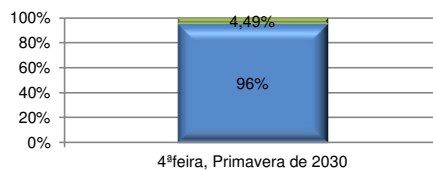
Consumo de Origem Renovável:	17%	
Número total de Veículos Ligeiros:	68356	unidades
Custo de utilização global:	12,63	€/100 km
Emissões de CO2 globais:	106,92	g/km
<b>Ilha de São Miguel</b>		
Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	2909	TJ/ano
Emissões de CO2 Evitadas:	154	kton/ano

### Energia Primária (TJ/ano)



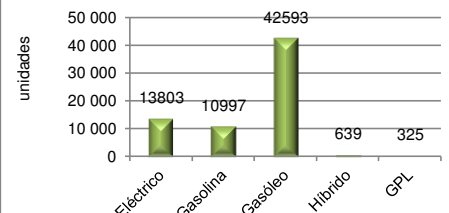
■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Peso dos VE no Diagrama de Carga

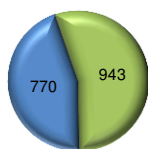


■ Diagrama de Carga ■ Carregamento de VE

### Número de Veículos Ligeiros

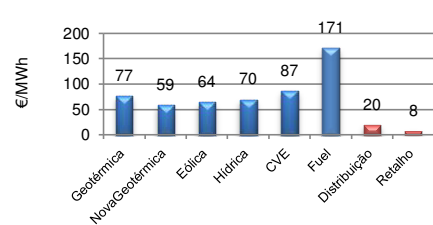


### Combustíveis Fósseis (TJ/ano)

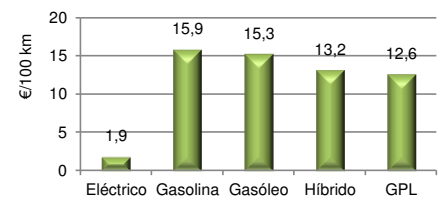


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

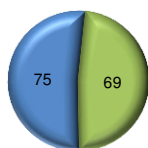
### Custo Unitário da Energia Eléctrica



### Custo de Utilização dos Veículos Ligeiros

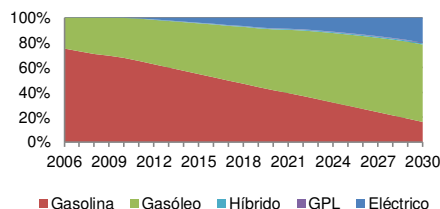


### Emissões de CO2 (kton/ano)

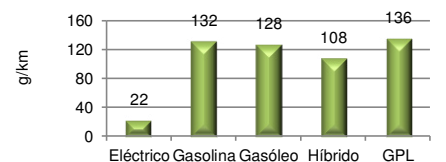


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Distribuição da Frota



### Emissões de CO2 dos Veículos Ligeiros

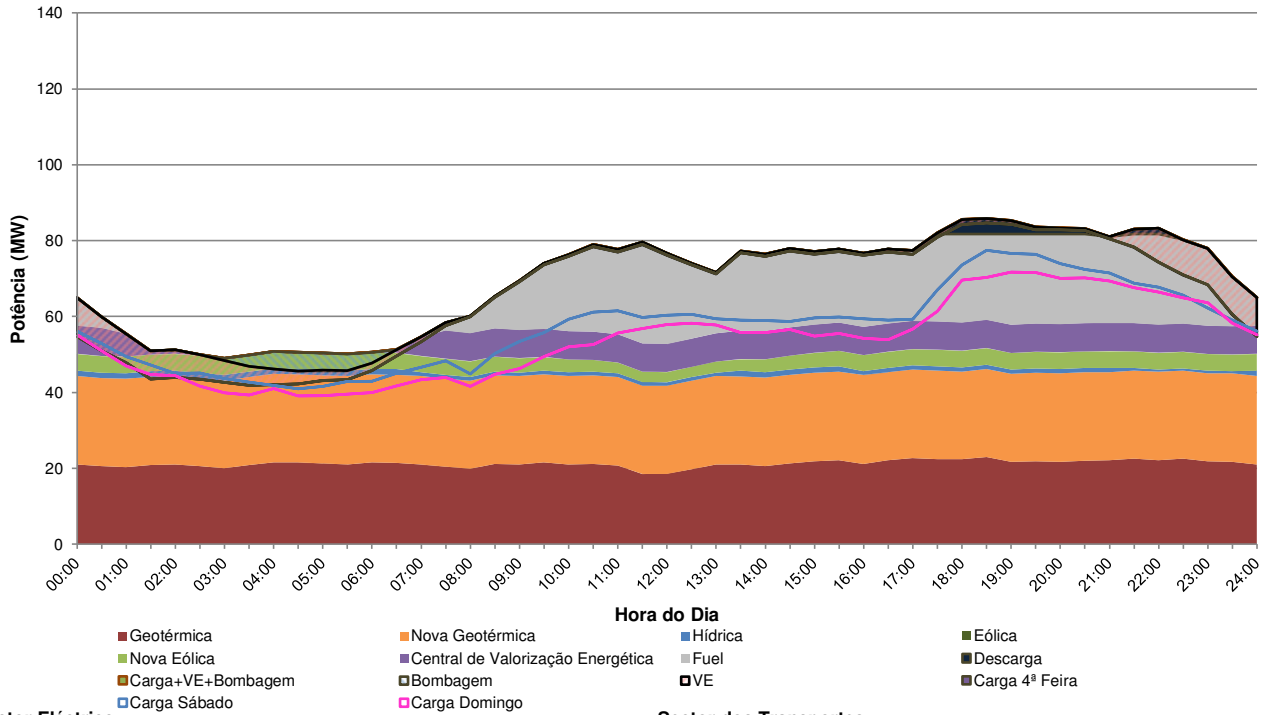




# Cenário

22 ▼

Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2030, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de VE Base (20%) no modo de carregamento Fora das Horas de Ponta



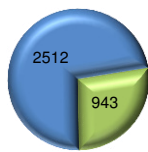
## Sector Eléctrico

Produção de Origem Renovável:	87%	
Excesso de produção:	0	MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	11	MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	54	MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	53%	
Preço Final da Energia Eléctrica:	111,25	€/MWh
Emissões de CO2 globais:	133,40	g/kWh

## Sector dos Transportes

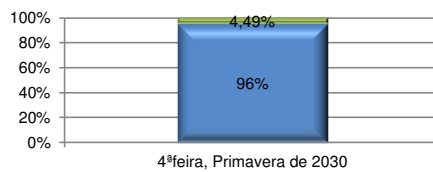
Consumo de Origem Renovável:	17%	
Número total de Veículos Ligeiros:	68356	unidades
Custo de utilização global:	12,63	€/100 km
Emissões de CO2 globais:	106,92	g/km
<b>Ilha de São Miguel</b>		
Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	2909	TJ/ano
Emissões de CO2 Evitadas:	154	kton/ano

### Energia Primária (TJ/ano)



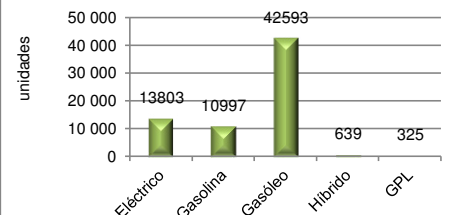
■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Peso dos VE no Diagrama de Carga

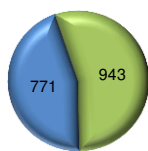


■ Diagrama de Carga ■ Carregamento de VE

### Número de Veículos Ligeiros

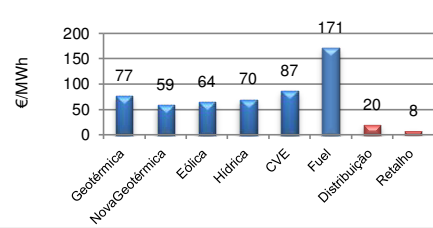


### Combustíveis Fósseis (TJ/ano)

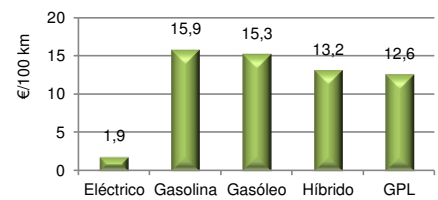


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

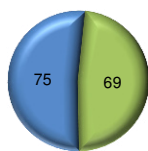
### Custo Unitário da Energia Eléctrica



### Custo de Utilização dos Veículos Ligeiros

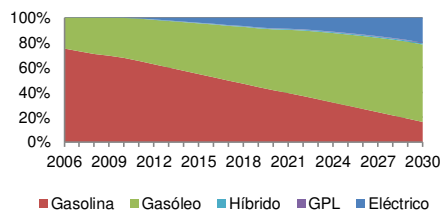


### Emissões de CO2 (kton/ano)

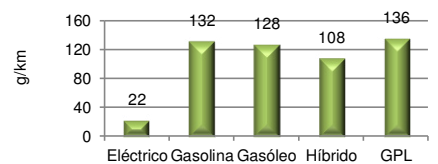


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Distribuição da Frota



### Emissões de CO2 dos Veículos Ligeiros

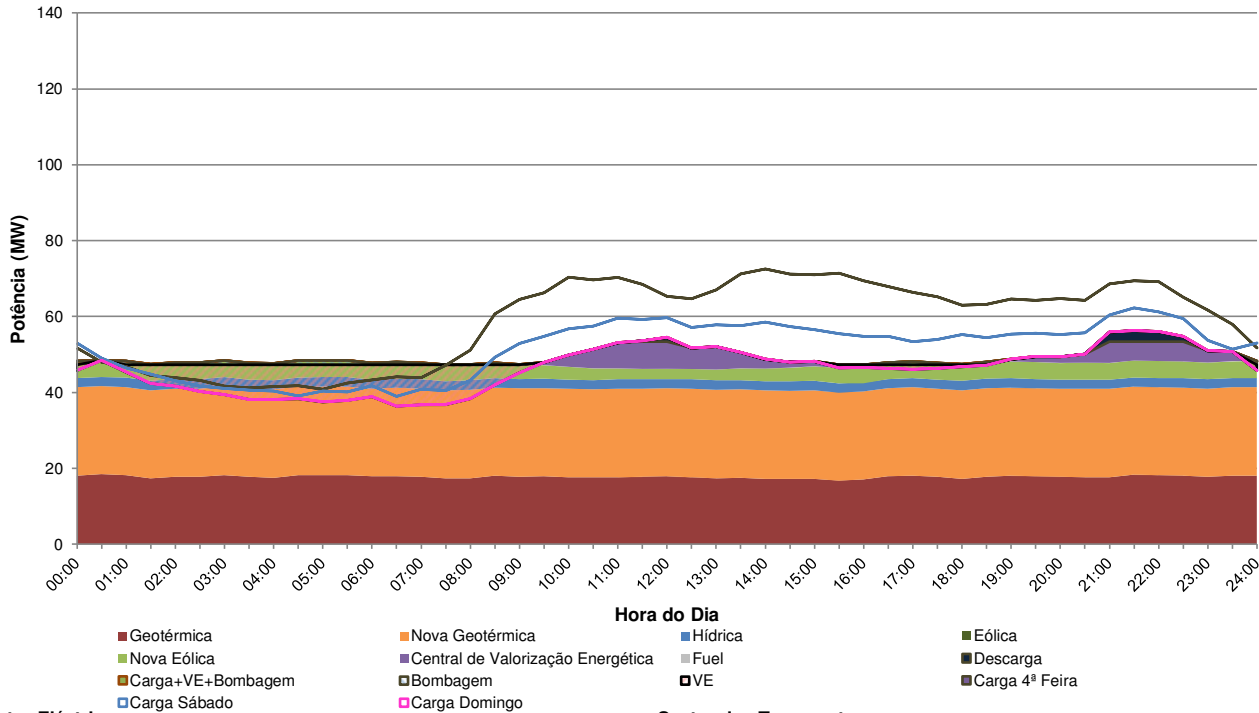




# Cenário

23 ▼

**Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2030, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de VE Base (20%) no modo de carregamento Controlado (G4V)**



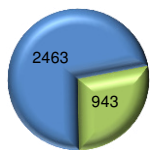
## Sector Eléctrico

Produção de Origem Renovável:	88%	
Excesso de produção:	0	MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	4	MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	13	MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	65%	
Preço Final da Energia Eléctrica:	110,20	€/MWh
Emissões de CO2 globais:	132,06	g/kWh

## Sector dos Transportes

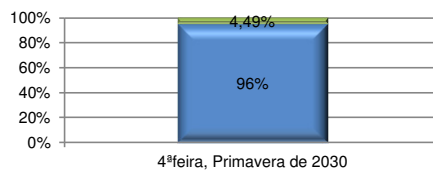
Consumo de Origem Renovável:	18%	
Número total de Veículos Ligeiros:	68356	unidades
Custo de utilização global:	12,63	€/100 km
Emissões de CO2 globais:	106,87	g/km
<b>Ilha de São Miguel</b>		
Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	2979	TJ/ano
Emissões de CO2 Evitadas:	155	kton/ano

### Energia Primária (TJ/ano)



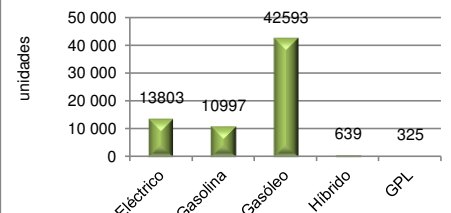
■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Peso dos VE no Diagrama de Carga

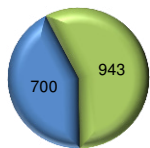


■ Diagrama de Carga ■ Carregamento de VE

### Número de Veículos Ligeiros

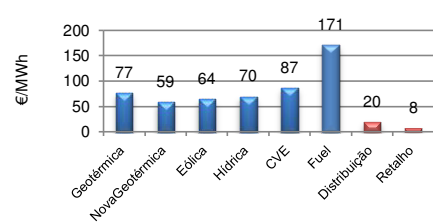


### Combustíveis Fósseis (TJ/ano)

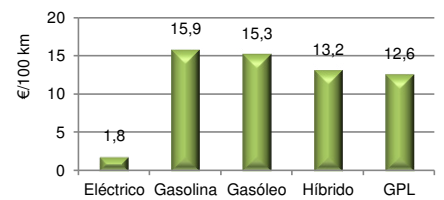


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

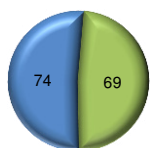
### Custo Unitário da Energia Eléctrica



### Custo de Utilização dos Veículos Ligeiros

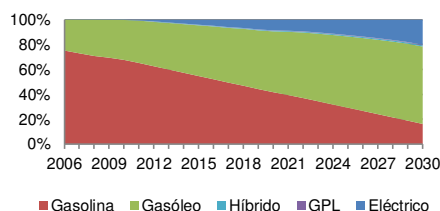


### Emissões de CO2 (kton/ano)

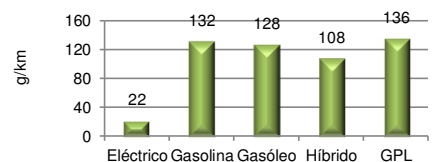


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Distribuição da Frota



### Emissões de CO2 dos Veículos Ligeiros

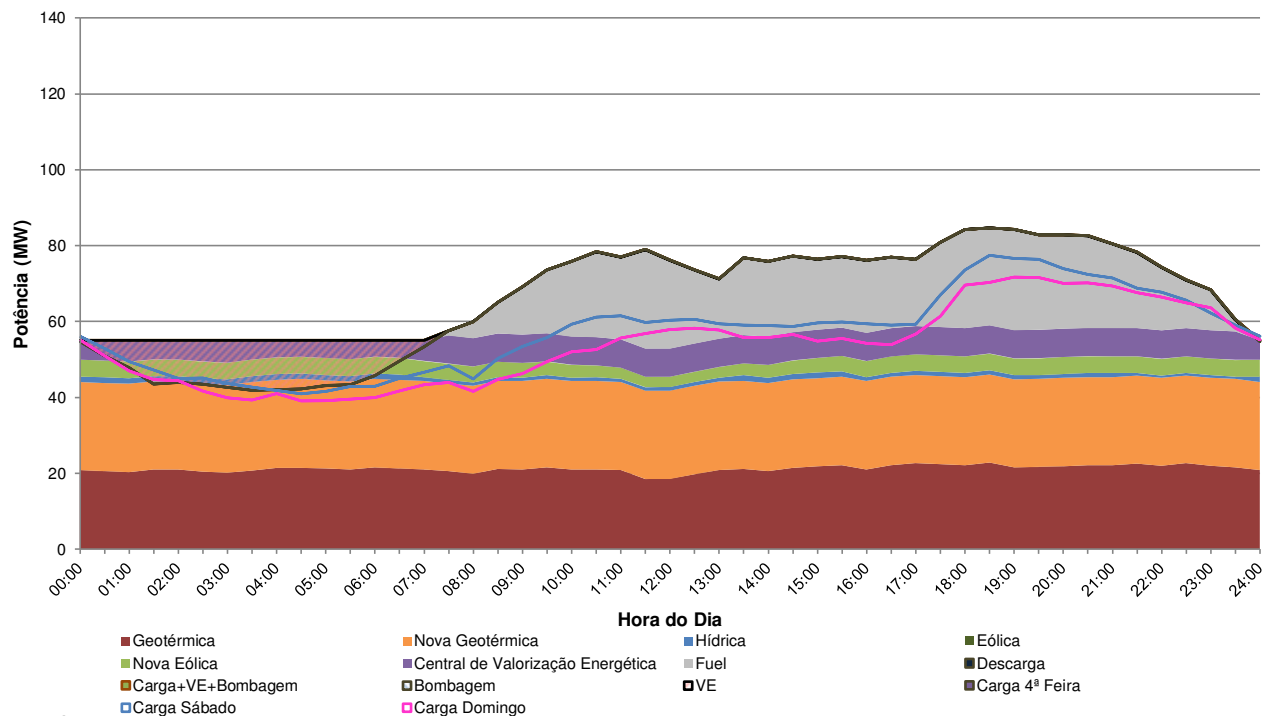




# Cenário

24 ▼

Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2030, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de VE Base (20%) no modo de carregamento Controlado (G4V)



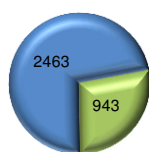
## Sector Eléctrico

Produção de Origem Renovável:	88%	
Excesso de produção:	0	MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	4	MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	14	MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	65%	
Preço Final da Energia Eléctrica:	110,21	€/MWh
Emissões de CO2 globais:	132,10	g/kWh

## Sector dos Transportes

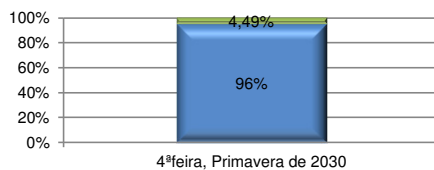
Consumo de Origem Renovável:	18%	
Número total de Veículos Ligeiros:	68356	unidades
Custo de utilização global:	12,63	€/100 km
Emissões de CO2 globais:	106,87	g/km
<b>Ilha de São Miguel</b>		
Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	2979	TJ/ano
Emissões de CO2 Evitadas:	155	kton/ano

### Energia Primária (TJ/ano)



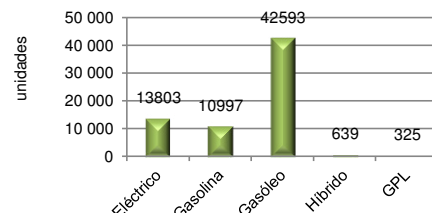
■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Peso dos VE no Diagrama de Carga

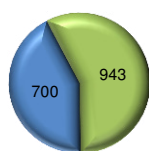


■ Diagrama de Carga ■ Carregamento de VE

### Número de Veículos Ligeiros

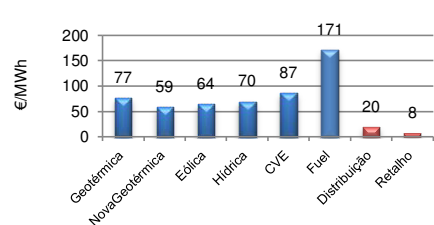


### Combustíveis Fósseis (TJ/ano)

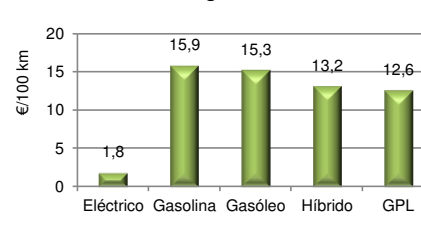


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

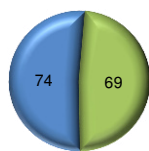
### Custo Unitário da Energia Eléctrica



### Custo de Utilização dos Veículos Ligeiros

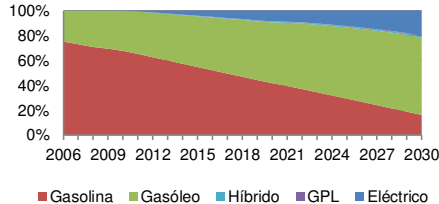


### Emissões de CO2 (kton/ano)

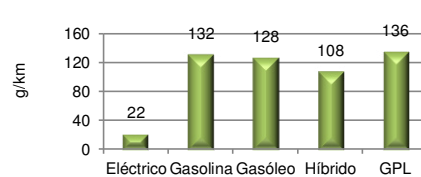


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Distribuição da Frota



### Emissões de CO2 dos Veículos Ligeiros

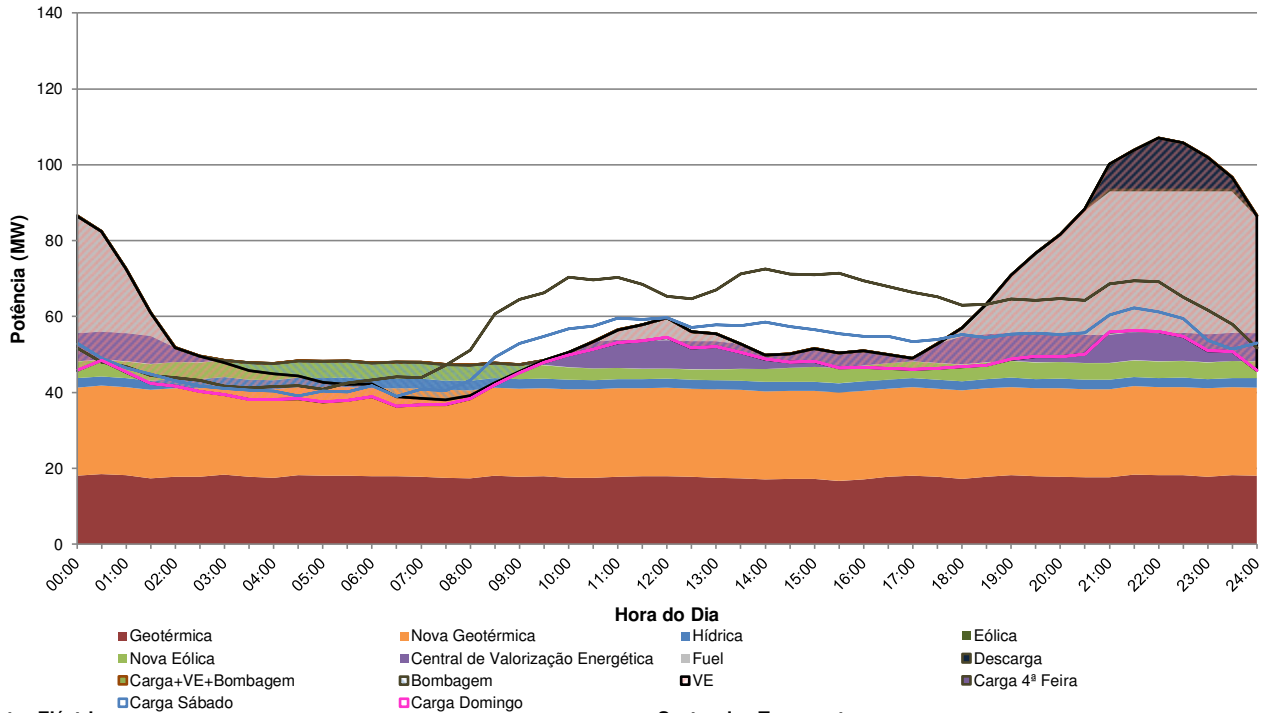




# Cenário

25 ▼

**Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2030, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 100% VE no modo de carregamento Não Controlado**



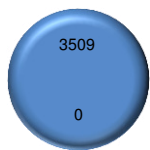
## Sector Eléctrico

Produção de Origem Renovável:	74%	
Excesso de produção:	0	MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	16	MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	51	MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	35%	
Preço Final da Energia Eléctrica:	124,20	€/MWh
Emissões de CO2 globais:	207,75	g/kWh

## Sector dos Transportes

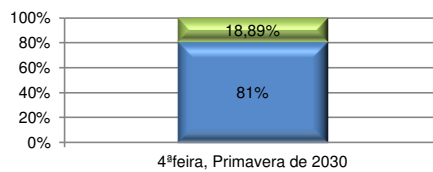
Consumo de Origem Renovável:	74%	
Número total de Veículos Ligeiros:	68356	unidades
Custo de utilização global:	2,08	€/100 km
Emissões de CO2 globais:	34,80	g/km
<b>Ilha de São Miguel</b>		
Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	2865	TJ/ano
Emissões de CO2 Evitadas:	161	kton/ano

### Energia Primária (TJ/ano)



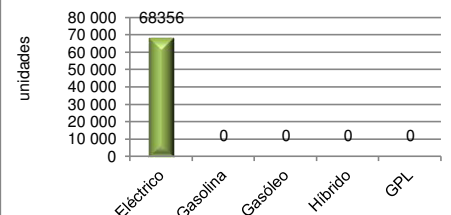
■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Peso dos VE no Diagrama de Carga

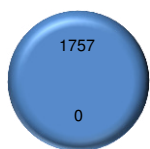


■ Diagrama de Carga ■ Carregamento de VE

### Número de Veículos Ligeiros

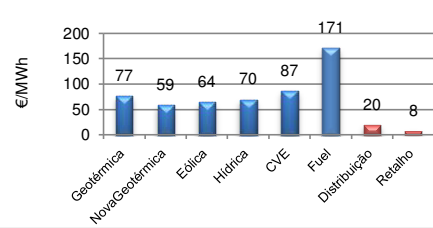


### Combustíveis Fósseis (TJ/ano)

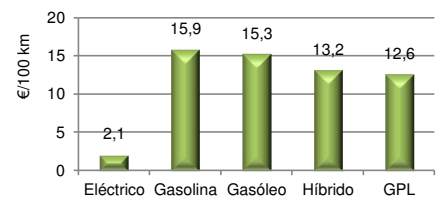


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

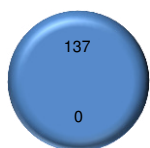
### Custo Unitário da Energia Eléctrica



### Custo de Utilização dos Veículos Ligeiros

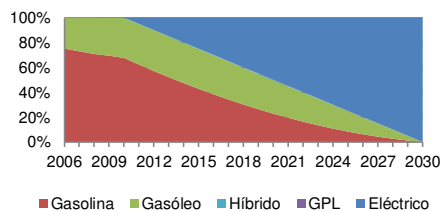


### Emissões de CO2 (kton/ano)

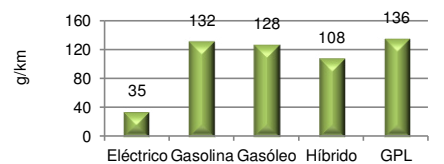


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Distribuição da Frota



### Emissões de CO2 dos Veículos Ligeiros

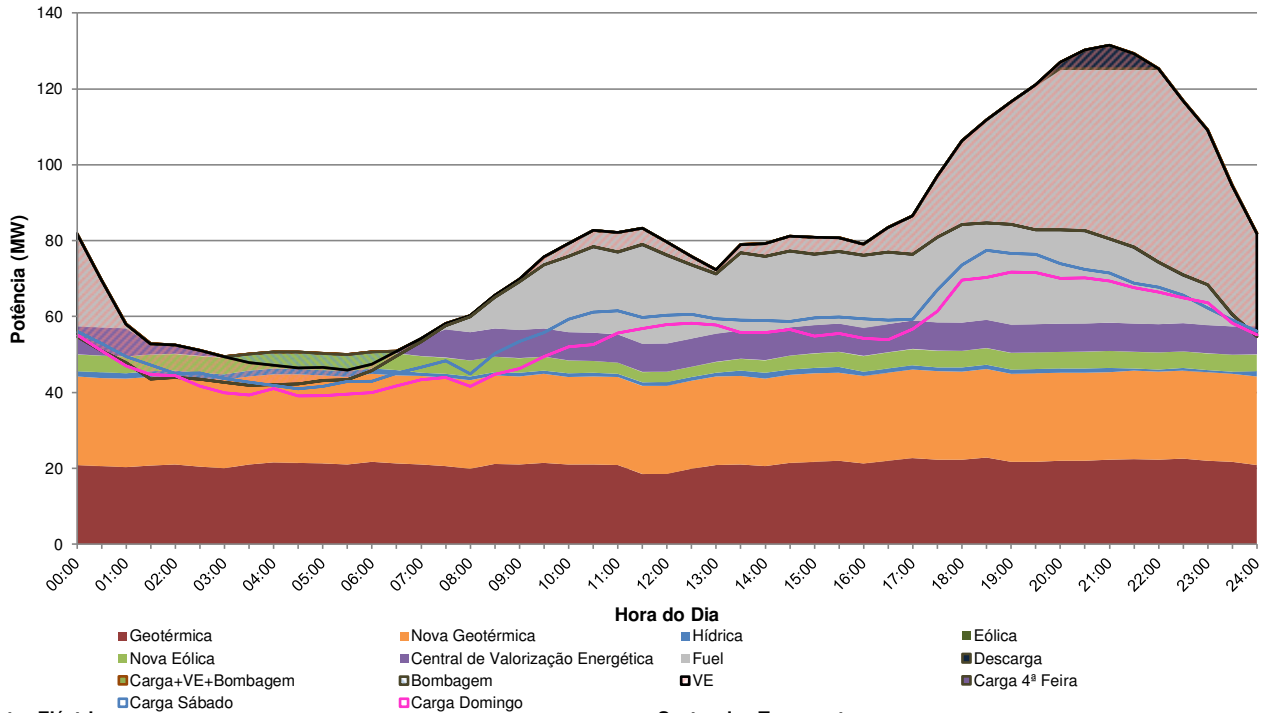




# Cenário

26 ▼

Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2030, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 100% VE no modo de carregamento Não Controlado



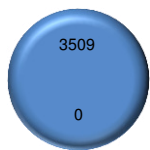
## Sector Eléctrico

Produção de Origem Renovável:	74%	
Excesso de produção:	0	MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	16	MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	51	MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	35%	
Preço Final da Energia Eléctrica:	124,21	€/MWh
Emissões de CO2 globais:	207,82	g/kWh

## Sector dos Transportes

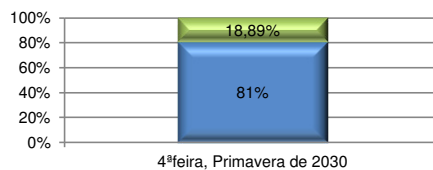
Consumo de Origem Renovável:	74%	
Número total de Veículos Ligeiros:	68356	unidades
Custo de utilização global:	2,08	€/100 km
Emissões de CO2 globais:	34,81	g/km
<b>Ilha de São Miguel</b>		
Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	2864	TJ/ano
Emissões de CO2 Evitadas:	161	kton/ano

### Energia Primária (TJ/ano)



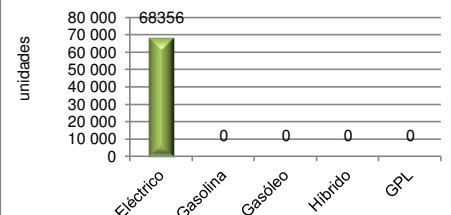
■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Peso dos VE no Diagrama de Carga

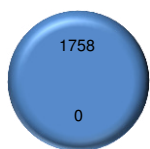


■ Diagrama de Carga ■ Carregamento de VE

### Número de Veículos Ligeiros

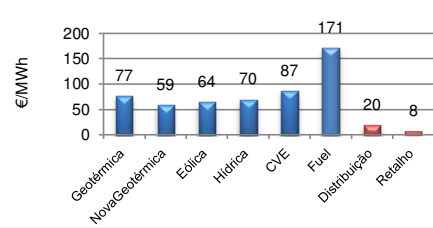


### Combustíveis Fósseis (TJ/ano)

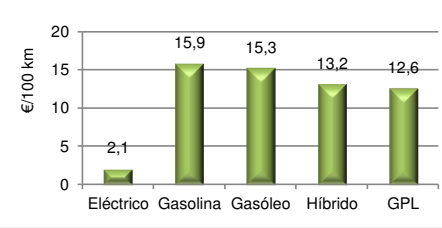


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

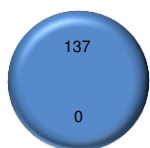
### Custo Unitário da Energia Eléctrica



### Custo de Utilização dos Veículos Ligeiros

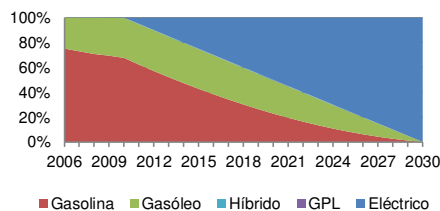


### Emissões de CO2 (kton/ano)

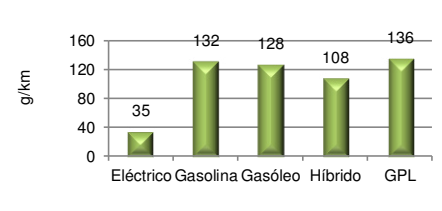


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Distribuição da Frota



### Emissões de CO2 dos Veículos Ligeiros

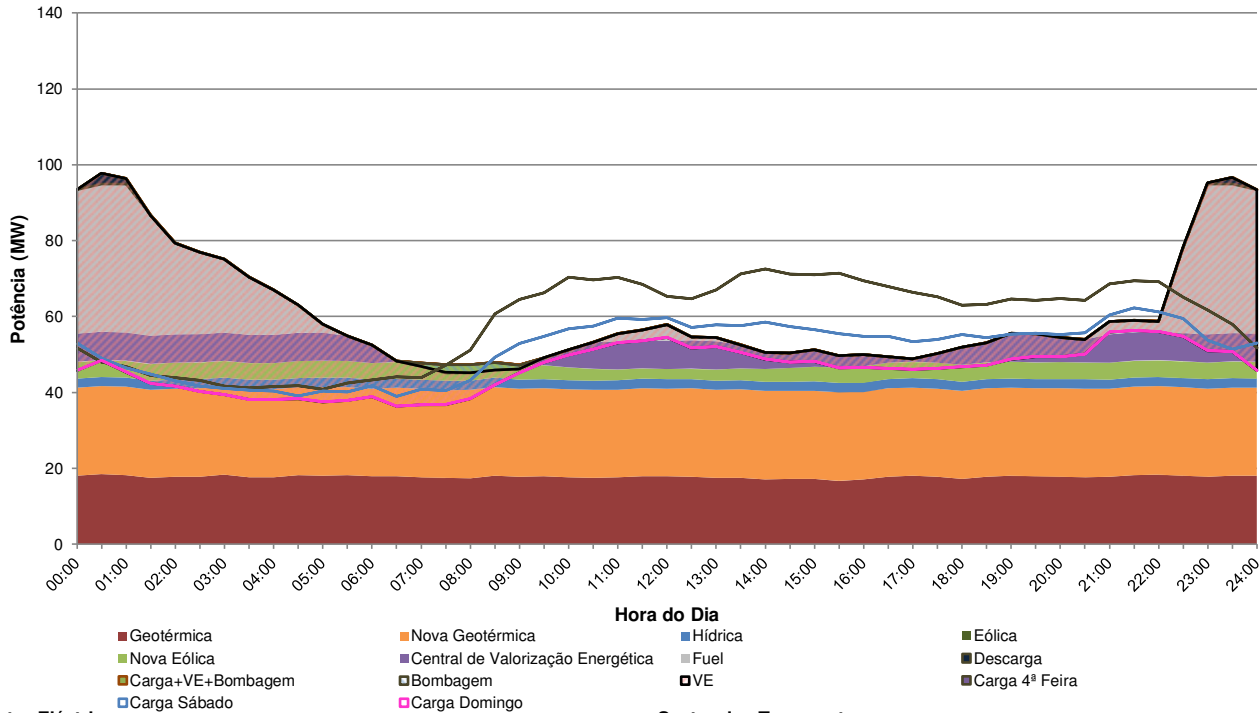




# Cenário

27 ▼

**Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2030, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 100% VE no modo de carregamento Fora das Horas de Ponta**



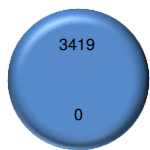
## Sector Eléctrico

Produção de Origem Renovável:	76%	
Excesso de produção:	0	MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	9	MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	14	MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	38%	
Preço Final da Energia Eléctrica:	122,52	€/MWh
Emissões de CO2 globais:	206,33	g/kWh

## Sector dos Transportes

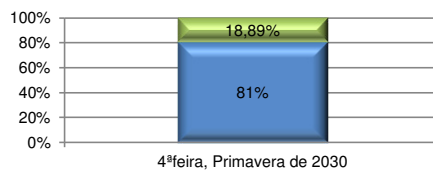
Consumo de Origem Renovável:	76%	
Número total de Veículos Ligeiros:	68356	unidades
Custo de utilização global:	2,05	€/100 km
Emissões de CO2 globais:	34,56	g/km
<b>Ilha de São Miguel</b>		
Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	3000	TJ/ano
Emissões de CO2 Evitadas:	162	kton/ano

### Energia Primária (TJ/ano)



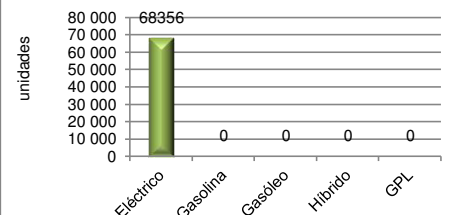
■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Peso dos VE no Diagrama de Carga

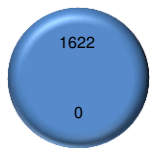


■ Diagrama de Carga ■ Carregamento de VE

### Número de Veículos Ligeiros

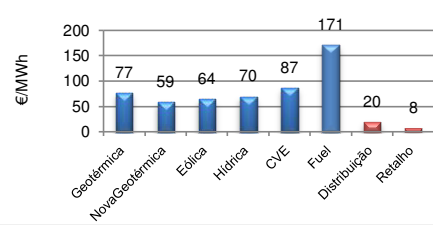


### Combustíveis Fósseis (TJ/ano)

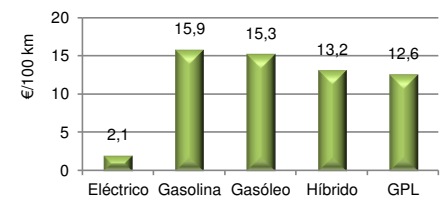


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

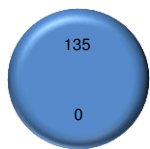
### Custo Unitário da Energia Eléctrica



### Custo de Utilização dos Veículos Ligeiros

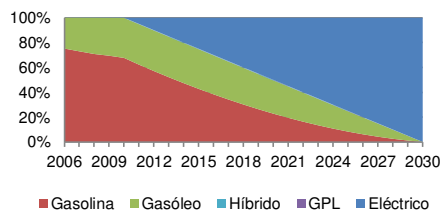


### Emissões de CO2 (kton/ano)

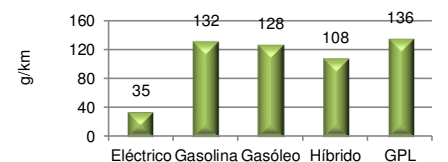


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Distribuição da Frota



### Emissões de CO2 dos Veículos Ligeiros

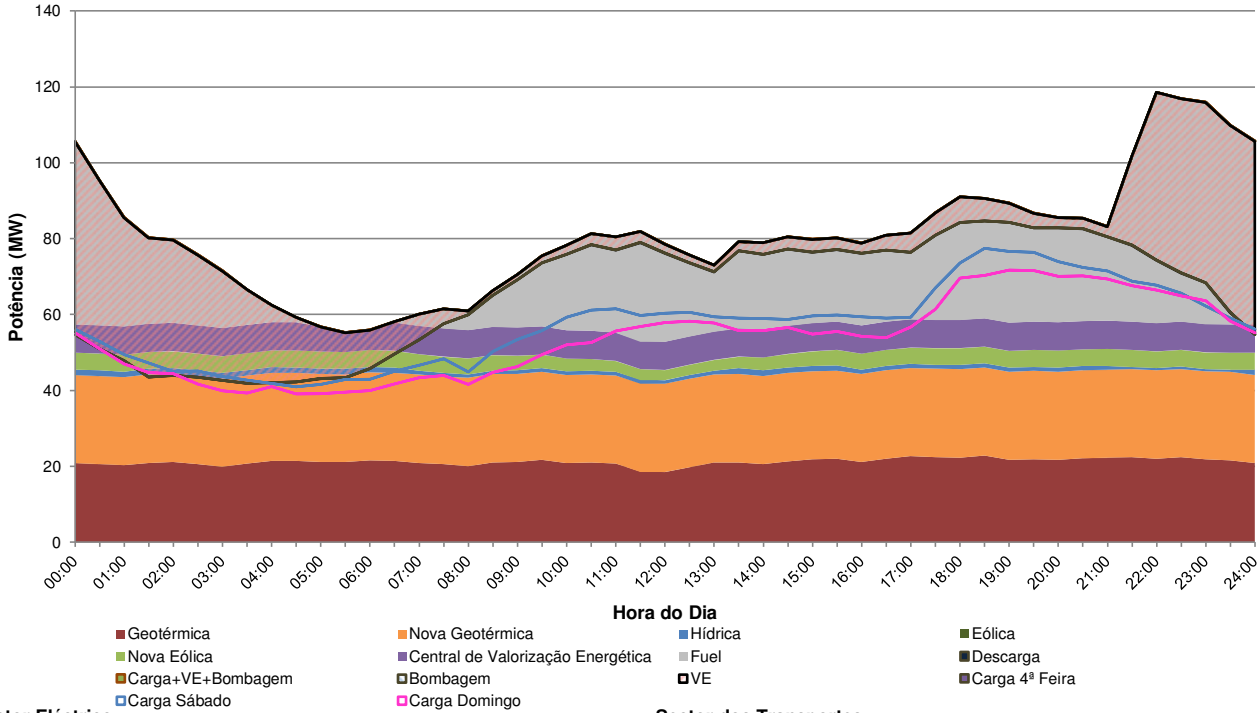




# Cenário

28 ▼

Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2030, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 100% VE no modo de carregamento Fora das Horas de Ponta



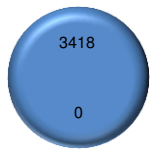
## Sector Eléctrico

Produção de Origem Renovável:	76%	
Excesso de produção:	0	MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	9	MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	14	MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	38%	
Preço Final da Energia Eléctrica:	122,52	€/MWh
Emissões de CO2 globais:	206,33	g/kWh

## Sector dos Transportes

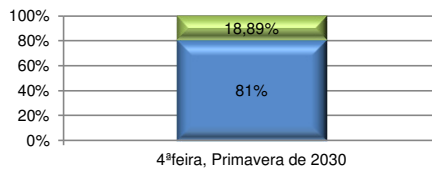
Consumo de Origem Renovável:	76%	
Número total de Veículos Ligeiros:	68356	unidades
Custo de utilização global:	2,05	€/100 km
Emissões de CO2 globais:	34,56	g/km
<b>Ilha de São Miguel</b>		
Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	3000	TJ/ano
Emissões de CO2 Evitadas:	162	kton/ano

### Energia Primária (TJ/ano)



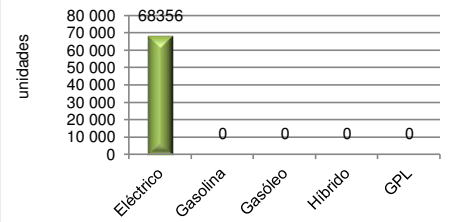
■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Peso dos VE no Diagrama de Carga

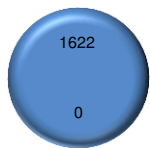


■ Diagrama de Carga ■ Carregamento de VE

### Número de Veículos Ligeiros

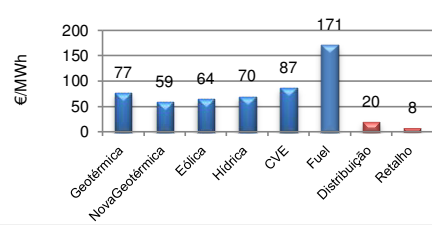


### Combustíveis Fósseis (TJ/ano)

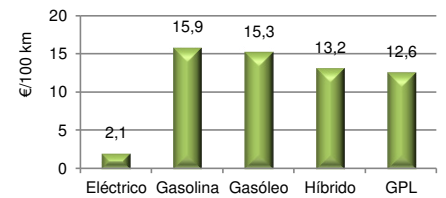


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

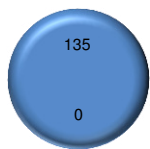
### Custo Unitário da Energia Eléctrica



### Custo de Utilização dos Veículos Ligeiros

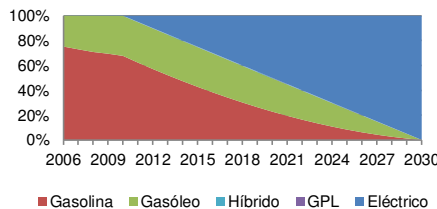


### Emissões de CO2 (kton/ano)

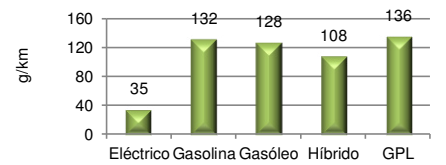


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Distribuição da Frota



### Emissões de CO2 dos Veículos Ligeiros

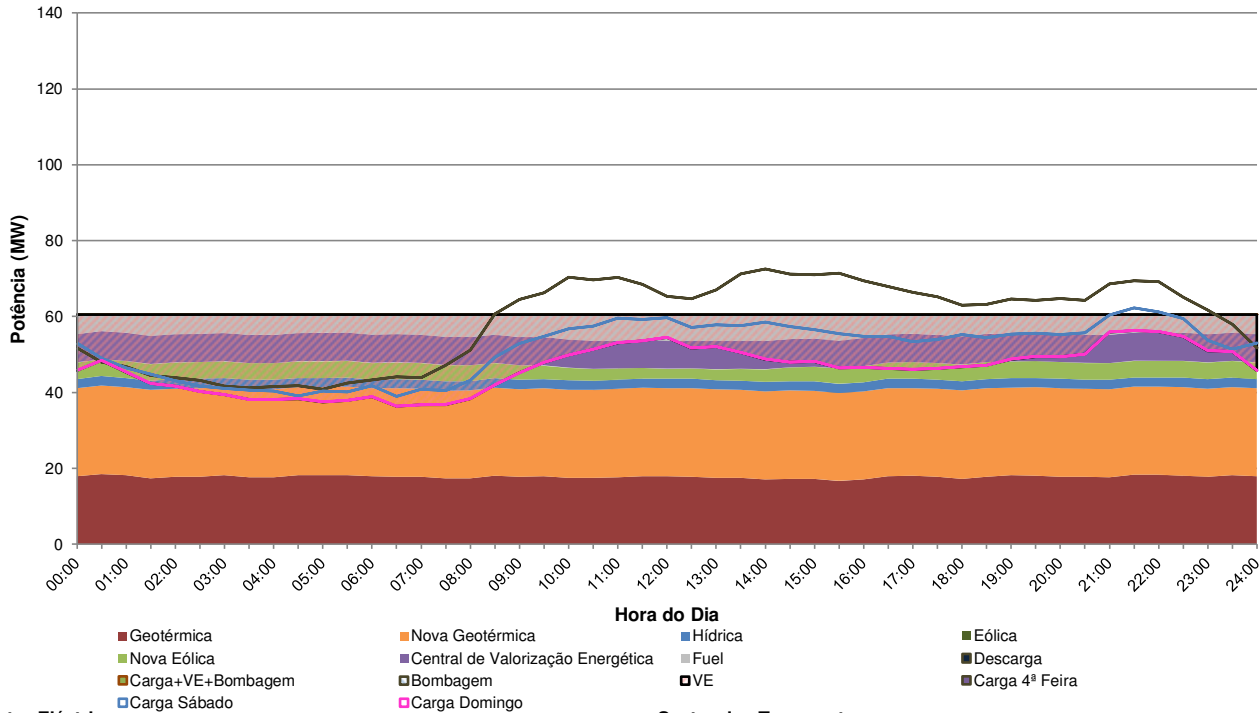




# Cenário

29 ▼

**Diagrama de Carga de Domingo, Primavera de 2030, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 100% VE no modo de carregamento Controlado (G4V)**



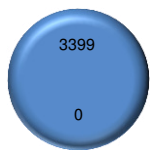
## Sector Eléctrico

Produção de Origem Renovável:	76%	
Excesso de produção:	0	MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	0	MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	0	MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	91%	
Preço Final da Energia Eléctrica:	122,16	€/MWh
Emissões de CO2 globais:	206,04	g/kWh

## Sector dos Transportes

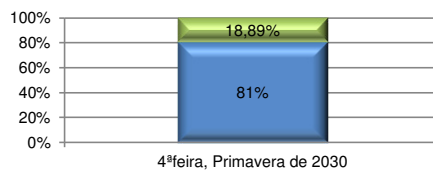
Consumo de Origem Renovável:	76%	
Número total de Veículos Ligeiros:	68356	unidades
Custo de utilização global:	2,05	€/100 km
Emissões de CO2 globais:	34,51	g/km
<b>Ilha de São Miguel</b>		
Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	3029	TJ/ano
Emissões de CO2 Evitadas:	162	kton/ano

### Energia Primária (TJ/ano)



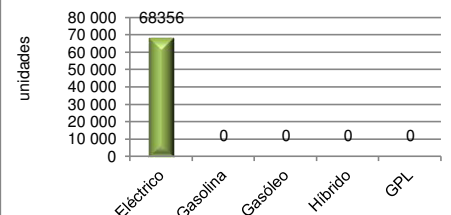
■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Peso dos VE no Diagrama de Carga

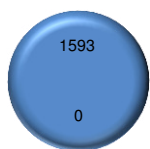


■ Diagrama de Carga ■ Carregamento de VE

### Número de Veículos Ligeiros

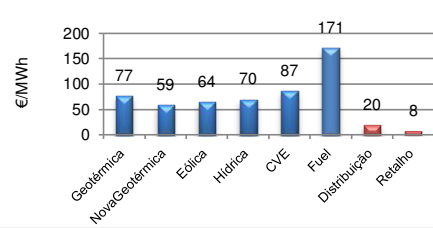


### Combustíveis Fósseis (TJ/ano)

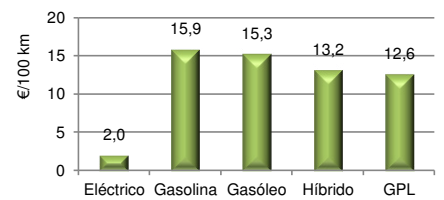


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

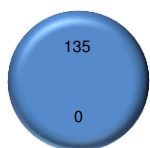
### Custo Unitário da Energia Eléctrica



### Custo de Utilização dos Veículos Ligeiros

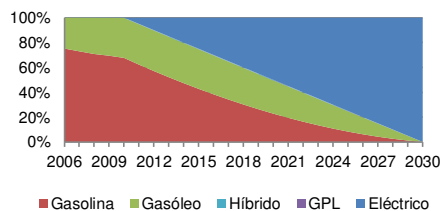


### Emissões de CO2 (kton/ano)

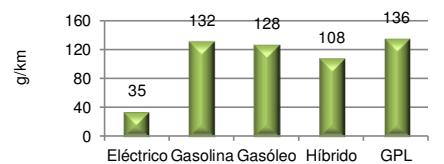


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Distribuição da Frota



### Emissões de CO2 dos Veículos Ligeiros

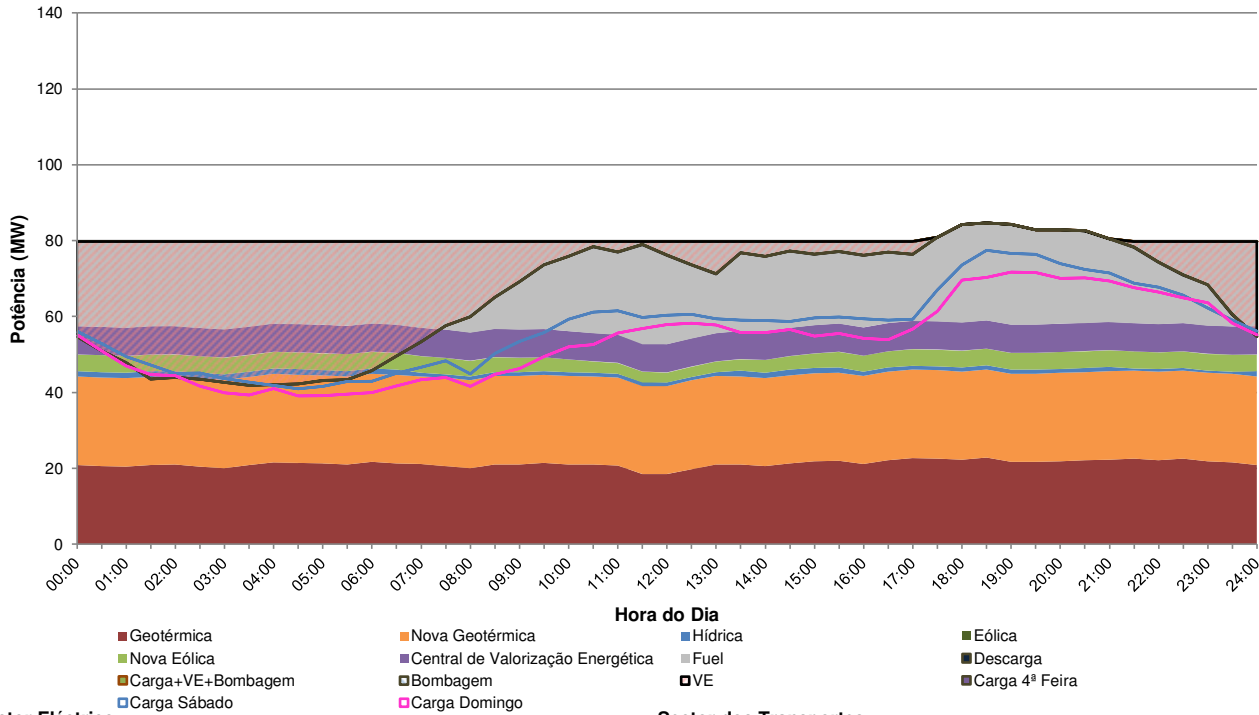




# Cenário

30

Diagrama de Carga de 4ªfeira, Inverno de 2030, com um aumento da procura Base, com uma potência instalada adicional de 14,4MW de Eólica, 25MW de Geotérmica e 10,5MW da Central de Valorização Energética, com um cenário de penetração de 100% VE no modo de carregamento Controlado (G4V)



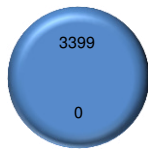
## Sector Eléctrico

Produção de Origem Renovável:	76%	
Excesso de produção:	0	MWh
Potência Mínima de Armazenamento:	0	MW
Capacidade Mínima de Armazenamento:	0	MWh
Factor de Vazio (Relação Vazio/Ponta):	91%	
Preço Final da Energia Eléctrica:	122,16	€/MWh
Emissões de CO2 globais:	206,06	g/kWh

## Sector dos Transportes

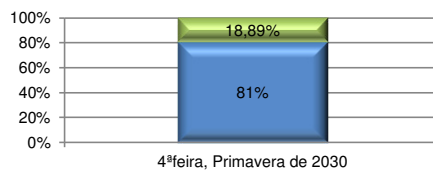
Consumo de Origem Renovável:	76%	
Número total de Veículos Ligeiros:	68356	unidades
Custo de utilização global:	2,05	€/100 km
Emissões de CO2 globais:	34,51	g/km
<b>Ilha de São Miguel</b>		
Consumo de Combustíveis Fósseis Evitado:	3029	TJ/ano
Emissões de CO2 Evitadas:	162	kton/ano

### Energia Primária (TJ/ano)



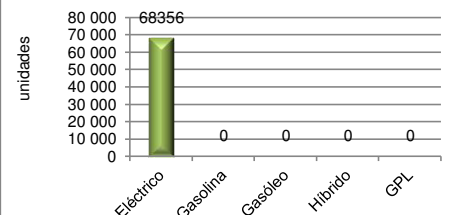
■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Peso dos VE no Diagrama de Carga

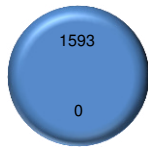


■ Diagrama de Carga ■ Carregamento de VE

### Número de Veículos Ligeiros

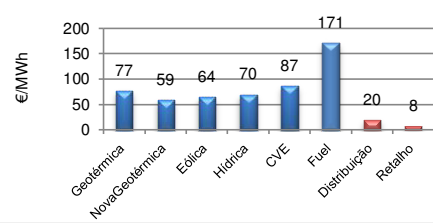


### Combustíveis Fósseis (TJ/ano)

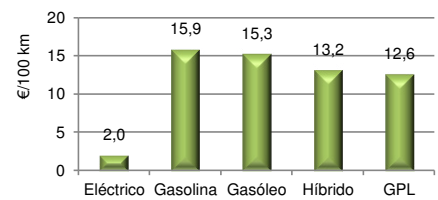


■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

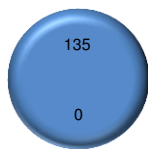
### Custo Unitário da Energia Eléctrica



### Custo de Utilização dos Veículos Ligeiros

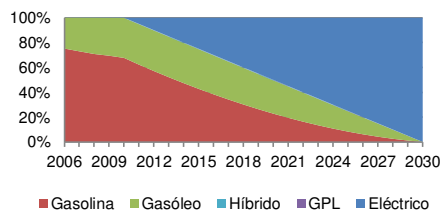


### Emissões de CO2 (kton/ano)



■ Sector Eléctrico ■ Sector dos Transportes

### Distribuição da Frota



### Emissões de CO2 dos Veículos Ligeiros

