



UNIVERSIDADE
EDUARDO
MONDLANE
FACULDADE DE CIÊNCIAS
Departamento de Física

**Mestrado em Gestão de Risco e Desastres e Adaptação às Mudanças Climáticas
(GRD&AMC)**

**Sustentabilidade do Sistema de Transportes do Grande-Maputo
num Cenário de Crescente Demanda e Mudança Climática: Caso da
frota dos Transportes Públicos entre as Cidades de Maputo e Matola.**

Elton Filimone Chambal

Maputo/ 19 de Outubro de 2025



**Mestrado em Gestão de Risco e Desastres e Adaptação às Mudanças Climáticas
(GRD&AMC)**

**Sustentabilidade do Sistema de Transportes do Grande-Maputo
num Cenário de Crescente Demanda e Mudança Climática: Caso da
frota dos Transportes Públicos entre as Cidades de Maputo e Matola.**

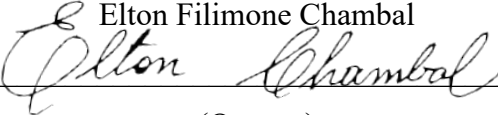
Autor: Elton Filimone Chambal

Supervisor: Doutor Gilberto Mahumane

Maputo/ 19 de Outubro de 2025

DECLARAÇÃO DE ORIGINALIDADE

Declaro que esta dissertação nunca foi apresentada para a obtenção de qualquer grau ou num outro âmbito e que ele constitui o resultado do meu labor individual. Esta dissertação é apresentada em cumprimento parcial dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre, da Universidade Eduardo Mondlane.

Elton Filimone Chambal


(O autor)

Professor Doutor Alberto Mavume

(Director do Curso)

O Júri de Avaliação

O Presidente do Júri

O Examinador

O Supervisor

AGRADECIMENTOS

Foi possível a realização deste trabalho pela colaboração prestada por diversas pessoas e instituições. Com isso, manifesto aqui o meu sincero agradecimento:

À Deus, pela saúde, pela coragem e determinação nas minhas escolhas e por proporcionar-me a preciosa vida para que eu pudesse continuar a trilhar os bons caminhos e contribuir para o desenvolvimento da sociedade.

À minha família, Érica e Kaellyn, por manter-se sempre presente e pelas suas orações para que Deus continue protegendo-me e dando-me força o suficiente para enfrentar as minhas batalhas, em particular os meus pais Ana Paula Siteo e Filimone Chambal.

À Universidade Eduardo Mondlane, em particular ao Departamento de Física, pela oportunidade, que mais uma vez, concedeu-me para continuar a me formar.

Aos meus orientadores, Professor Doutor Gilberto Mahumane pela amizade, orientação, atenção e confiança demonstrada ao longo da realização deste trabalho e ao longo da realização do curso.

À Federação Moçambicana dos Transportadores Rodoviários (FEMATRO), pela disponibilização de dados para a realização deste trabalho científico, e

Aos de mais companheiros do curso e amigos que directamente ou indirectamente contribuíram para que a realização deste curso fosse possível.

ÍNDICE

Conteúdo	Página
DECLARAÇÃO DE ORIGINALIDADE	i
AGRADECIMENTOS	ii
LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTA DE TABELAS.....	vi
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
LISTA DE ABREVIATURA	ix
CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Motivação	2
1.3. Justificativa	2
1.4. Objectivos	3
1.4.1. Objectivo geral.....	3
1.4.2. Objectivos específicos	4
1.5. Perguntas de pesquisa	4
CAPÍTULO 2: RESUMO TEÓRICO.....	5
2.1. Poluição Atmosférica.....	5
2.1.1. Atmosfera terrestre.....	5
2.1.2. Poluentes atmosféricos.....	7
2.2. Gases de Efeito de Estufa	9
2.2.1. Emissões e aquecimento global	10
2.3. Mudanças Climáticas	12
2.3.1. Mudanças Climáticas Observadas	13
2.3.2. Mudanças Climáticas Futuras	15
2.4. Impactos das Mudanças Climáticas	21
2.5. Emissões de Transportes.....	22
2.5.1. Mitigação de Emissões de Transportes.....	23
2.6. Transportes urbanos rodoviários e ferroviários em África e em Moçambique	25
2.6.1. Transporte urbano rodoviário nas cidades de Maputo e Matola.....	26

2.6.3. Uso do Gás Natural Veicular (GNV) nos transportes públicos nas cidades de Maputo e Matola	31
CAPÍTULO 3: METODOLOGIA	33
3.1. Descrição da área de estudo	33
3.2. Materiais	34
3.2.1. Software LEAP	35
3.2.2. Dados	35
3.3. Métodos.....	37
3.3.1. Método Top-Down (<i>Tier 1</i>)	37
3.3.2. Método <i>Bottom-Up</i> (<i>Tier 2</i>).....	39
3.3.3. Elasticidade no sector de transporte de passageiros	40
3.3.4. Análise económica da conversão de veículos para GNV	42
3.4. Cenários e pressupostos	45
3.5. Passageiro-quilómetro.....	48
3.6. Estrutura do modelo do LEAP	50
CAPÍTULO 4: RESULTADOS E DISCUSSÕES	52
4.1. Demanda por transportes entre 2018 e 2040.....	52
4.2. Emissão de GEE nos transportes de passageiros	55
4.3. Mitigação de GEE pela penetração de GNV nos transportes de passageiros	57
4.4. Viabilidade económica da conversão de veículos para GNV	60
4.4.1. Economia anual em combustível	60
4.4.2. Período de Retorno sobre o Investimento (<i>Payback Period</i>).....	61
4.4.3. Retorno sobre o Investimento (ROI).....	62
4.5. Análise de Sensibilidade da conversão de veículos para GNV	64
4.6. Benefícios económico, social e científico da pesquisa	65
CAPÍTULO 5: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	66
5.1. Conclusões	66
5.2. Recomendações.....	67
BIBLIOGRAFIA	69
APÊNDICE.....	75
ANEXOS	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 2. 1: Composição química da troposfera.	5
Figura 2. 2: Característica e perfil vertical da atmosfera.	6
Figura 2. 3: Anomalia combinada da temperatura média global das superfícies terrestres e da superfície do oceano.	13
Figura 2. 4: Alterações da temperatura superficial terrestre	14
Figura 2. 5: Estimativas médias globais baseadas em dados de terra e oceano.....	14
Figura 2. 6: Anomalias térmicas em março de 2017 em comparação com o período de 1951-1980.	15
Figura 2. 7: Alteração da temperatura média global da superfície	16
Figura 2. 8: Alteração da temperatura média global da superfície,	17
Figura 2. 9: Mudança da temperatura global da superfície em relação a 1850-1900	17
Figura 2. 10: Alteração na precipitação média,	18
Figura 2. 11: Projeções de aumento médio global do nível do mar ao longo do século XXI.	19
Figura 2. 12: Mudança global do nível médio do mar em relação a 1900	20
Figura 2. 13: Transporte Público de Passageiro de 42 lugares	27
Figura 2. 14: Veículo ligeiro particular de em média 5 lugares.....	28
Figura 2. 15: Semicolectivo privado de 18 lugares ou “ <i>chapa</i> ”	29
Figura 2. 16: (a) Automotora da MetroBus com capacidade de transportar 540 passageiros e (b) Automotora dos CFM com capacidade de transportar 633 passageiros	31
Figura 2. 17: Transporte de passageiros com o sistema de gás natural veicular	32
Figura 3. 1: Delimitação geográfica das cidades de Maputo e Matola	34
Figura 3. 2: Estrutura do modelo do LEAP	51
Figura 4. 1: Projecção da demanda por transportes rodoviários entre 2018 e 2040.	53
Figura 4. 2: Projecção da demanda por transportes ferroviários entre 2018 e 2040.....	54
Figura 4. 3: Projecção da demanda por transportes rodoviários entre 2018 e 2040	55
Figura 4. 4: Projecção de emissões de CO ₂ -eq no Cenário de Referência, com forçamento para 100 anos de Potencial de Aquecimento Global (GWP).....	56
Figura 4. 5: Projecção de emissões de CO ₂ -eq dos Cenários de Referência e de Mitigação, com forçamento para 100 anos de Potencial de Aquecimento Global (GWP).....	57

Figura 4. 6: Quantidade de CO ₂ -eq que seria evitada no Cenário Intermédio em relação ao Cenário de Referência.	59
Figura 4. 7: Quantidade de CO ₂ -eq que seria evitada pelo Cenário Optimista sobre o Cenário de Referência.	60
Figura 4. 8: Projecção do ROI resultante da conversão do semicolectivo para GNV.	62
Figura 4. 9: Projecção do ROI resultante da conversão do veículo ligeiro particular para GNV.	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 2. 1: Poluentes do ar atmosférico, fontes de emissão e efeitos.	8
Tabela 2. 2: Valores de GWP e GTP	11
Tabela 3. 1: Distritos e postos administrativos das cidades de Maputo e da Matola.....	33
Tabela 3. 2: Tipos de veículos de transporte de passageiros e economia de combustível.....	36
Tabela 3. 3: Factores de emissão, segundo IPCC.	39
Tabela 3. 4: Variáveis económicas e distância média anual percorrida por diferentes tipos de veículos entre as Cidades da Matola e de Maputo	42
Tabela 3. 5: Variáveis económicas e o custo total da conversão de veículos para GNC.....	43
Tabela 3. 6: Cenários e pressupostos considerados na modelação do sector dos transportes na rota Cidade de Maputo - Cidade da Matola	49
Tabela 4. 1: Demanda por transportes rodoviários de passageiros.....	52
Tabela 4. 2: Demanda por transportes ferroviários de passageiros.	53
Tabela 4. 3: Variação percentual da demanda de passageiro-km por transportes privados e/ou públicos rodoviários de passageiros.....	54
Tabela 4. 4: Quantidade de CO ₂ -eq reduzida nos cenários de mitigação.	58
Tabela 4. 5: Custo do combustível por km e o custo total do combustível consumido em um ano.	61
Tabela 4. 6: Valores do Período de Retorno sobre o Investimento para a Conversão.....	61

RESUMO

Na perspectiva de promover o desenvolvimento de baixo carbono e melhorar o desempenho do sistema de transportes, esta pesquisa tem como objectivo avaliar as alternativas de redução de GEEs no sector de transportes de passageiros no contexto da mitigação de mudanças climáticas tendo em conta a viabilidade económica do uso do gás natural neste sector. Para tal, a pesquisa explora dados de transportes rodoviários e ferroviários, dados demográficos, PIB per capita das duas cidades, dados sobre o custo de conversão de veículos e do custo de combustíveis. Com recurso a ferramenta de modelação do sector de energia, LEAP, faz-se análise de três cenários, um de Referência, que espelha a situação actual dos transportes e outros dois de mitigação, para um período entre 2018 e 2040. Os resultados obtidos indicam que a implementação dos Cenários Intermédio e Optimista concorre para a redução das emissões em 4% e em 10% até 2040, em relação ao cenário de Referência e indicadores económicos estimam que após a conversão de veículos para GNV, o valor total investido seja recuperado num período que varia entre 9 e 16 meses, apenas em combustível. Contudo, a implementação desta pesquisa não só trará benefícios ambientais, mas poderá aumentar o PIB, atraindo mais investimento na área do gás e gerar mais emprego, para além de gerar mais crédito de carbono para o país e contribuir para a mitigação das mudanças climáticas.

Palavras chave: Mudanças climáticas, Mitigação de GEE, GNV, Passageiro-km, Demografia, PIB *per capita*.

ABSTRACT

With a view to promoting low-carbon development and improving the performance of the transport system, this research aims to evaluate alternatives for reducing GHGs in the passenger transport sector in the context of climate change mitigation, taking into account the economic viability of using natural gas in this sector. To this end, the research explores road and rail transport data, demographic data, GDP per capita of the two cities, data on the cost of converting vehicles and the cost of fuel. Using the energy sector modeling tool, LEAP, three scenarios are analyzed, one Reference scenario which reflects the current transport situation and two mitigation scenarios, between 2018 and 2040. The results indicate that the implementation of the Intermediate and Optimistic Scenarios contributes to a reduction in emissions of 4% and 10% by 2040, in relation to the Reference scenario, and economic indicators estimate that after the conversion of vehicles to CNG, the total amount invested will be recovered in a period ranging from 9 to 16 months, only in fuel. However, implementing this research will not only bring environmental benefits but could also increase GDP, attracting more investment in the gas sector and generating more jobs, as well as generating more carbon credits for the country and contributing to climate change mitigation.

Keywords: Climate change, GHG Mitigation, CNG, Passenger-km, Demographics, GDP per capita.

LISTA DE ABREVIATURA

AMT	Agência Metropolitana de Transportes de Maputo
ARENE	Autoridade Reguladora de Energia
ATROMAP	Associação dos Transportadores Rodoviários de Maputo
BRT	Bus Rapid Transit (Transporte Rápido por Autocarro)
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
CO₂-eq	Dióxido de carbono equivalente
CMIP5	Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (Projeto de Intercomparação de Modelos Acoplados Fase 5)
CMIP6	Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (Projeto de Intercomparação de Modelos Acoplados Fase 6)
CMM	Conselho Municipal de Maputo
EFDB	Emission Factor Database (Banco de Dados de Factores de Emissão)
ENAMMC	Estratégia Nacional de Adaptação e Mitigação das Mudanças Climáticas
ETE	Estratégia de Transição Energética
FEMATRO	Federação Moçambicana dos Transportadores Rodoviários
GEE	Gás de Efeito de Estufa
GNV	Gás Natural Veicular
GM	Governo de Moçambique
GTP	Global Temperature Potencial (Potencial de Temperatura Global)
GWP	Global Warming Potencial (Potencial do Aquecimento Global)
IEA	International Energy Agency (Agência Internacional de Energia)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas)
ISUTC	Instituto Superior de Transportes e Comunicação
LEAP	Low Emissions Analysis Platform
LTS	Long-Term Strategy (Estratégia de longo prazo)
MC	Mudança Climática
NMM	Nível Médio do Mar
MZN	Metical da Nova família

NASA	National Aeronautics and Space Administration (Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço)
NDC	Nationally Determined Contribution (Contribuição Nacionalmente Determinada)
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
<i>PIB per capita</i>	Produto Interno Bruto por pessoa
PM	Particulate Matter (Material Particulado)
RCP	Representative Concentration Pathways (Patamares de Concentração Representativos)
SLCP	Short Lived Climate Pollutant (Poluente climático de curta duração)
SSP	Shared Socioeconomic Pathways (Caminhos socioeconômicos compartilhados)
TPM	Transportes Públicos de Maputo
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas)
UNICOTRAMA	União das Cooperativas de Transportes da Matola
USAID	United States Agency International Development (Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional)

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

O desenvolvimento socioeconómico e o crescimento demográfico tendem a aumentar a demanda por transportes no que concerne à dinamização da mobilidade e economia em vários locais do mundo. Nos grandes centros urbanos, geralmente acompanhados de elevados índices de mobilidade, o sector de transporte constitui um dos sectores mais importantes e é responsável pela queima de combustíveis fósseis em 95% em todo o mundo (Ferreira, 2011; Rodrigues & Filho, 2016).

Moçambique é um dos países em vias de desenvolvimento e tem sido notável a demanda de transportes para a dinamização económica do país. Os serviços de transportes rodoviários são os mais responsáveis pela maior mobilidade no país, possibilitando a interação e o crescimento económico em diversos cantos do mesmo. Portanto, nos grandes centros urbanos como as cidades de Maputo e Matola, dos 54.1% de transportes rodoviários, os transportes rodoviários de passageiros correspondem cerca de 43.1% de meios de transportes usados para a mobilidade da maior parte da população residente nestes centros e noutras áreas da região do Grande Maputo (Vieira, Dadá, & Martins, 2014; Macamo, 2019).

A tendência crescente da demanda por transportes contribui para o aumento na queima de combustíveis fósseis responsáveis pela intensificação das emissões de gases de efeito de estufa (GEE) e consequentemente o aumento do aquecimento global. Durante o seu funcionamento, os veículos automóveis emitem gases como óxidos nitrosos (NO_x); monóxido de carbono (CO); óxidos de enxofre (SO_x); dióxido de carbono (CO₂); vapor de água (H₂O) e entre outros que são considerados poluentes atmosféricos e de grande influência na intensificação do efeito de estufa (Jacondino, 2005; Manzoli, 2009 e Pozzagnolo, 2013).

Em resposta a crescente demanda por transportes rodoviários, a nível mundial, e o índice de queima de combustíveis fósseis, têm sido desenvolvidas e reforçadas as medidas de mitigação das emissões de GEE no sector de transportes. Alguns dos maiores marcos da mitigação das emissões no sector de transporte consistem na transferência modal para transportes de baixa emissão de carbono, a redução do consumo energético por passageiro através da melhoria do desempenho de

motores e a implementação de novas tecnologias que contribuam para a redução das emissões dos GEE.

Contudo, no âmbito da mitigação das emissões, esta pesquisa tem como objectivo avaliar os benefícios ambientais e económicos do uso do GNV na região de grande Maputo em substituição e/ou conversão de motores a gasolina e a diesel. Esta conversão, consiste na redução do uso de gasolina, que possui maior factor de emissão que o GNV, na maior parte dos transportes rodoviários de passageiros nas cidades de Maputo e Matola, com vista a minimizar as emissões e tornar o sector de transportes rodoviários menos poluidor.

1.2. Motivação

Nos últimos anos, tem sido registada com maior frequência, a nível global, a ocorrência de eventos climáticos extremos que têm impactado negativamente, diferentes partes do planeta Terra e os países em vias de desenvolvimento têm sido os mais vulneráveis aos seus impactos. A localização geográfica de Moçambique tem contribuído muito para a sua maior vulnerabilidade à frequentes eventos climáticos extremos, que podem ser o resultado da variabilidade ou mudança climática.

A intensificação dos eventos climáticos extremos tem sido alimentada pelas actividades antrópicas que resultam na emissão de elevadas quantidades de gases de efeito de estufa para a atmosfera e segundo os estudos ligados às Mudanças Climáticas, a queima de combustíveis fósseis tem sido apontada como uma das principais forças motrizes para as emissões. Com isso, surge a necessidade da determinação de meios alternativos para a redução de emissões de gases de efeito de estufa com vista a mitigar a sua maior concentração na atmosfera e consequentemente a intensificação dos eventos climáticos extremos.

1.3. Justificativa

As cidades de Maputo e da Matola têm apresentado um contínuo crescimento em termos demográficos e económicos. Esse crescimento é, geralmente, acompanhado do aumento da demanda por transportes para a dinamização da economia, mobilidade e ligação de diversos pontos destas duas cidades. O transporte rodoviário de passageiros constitui a maior opção para a mobilidade da maior parte da população residente nestas cidades e o crescimento demográfico tem

aumentado a pressão sobre o sector de transportes, criando desta forma, necessidades para o aumento da capacidade de resposta à demanda por estes serviços.

Por outro lado, esse aumento na demanda de transportes contribui para crescente queima de combustíveis fósseis e conseqüentemente a maior emissão de poluentes atmosféricos e gases de efeito de estufa. No seu quarto relatório, o IPCC aponta a queima de combustíveis fósseis como a principal actividade humana responsável pelo aumento da temperatura média global e entre todos os sectores que emitem CO₂, o sector de transportes é apontado como a que apresenta um crescimento exponencial, representando de 22 a 24% das emissões globais de gases de efeito de estufa oriundos de queima de combustíveis fósseis (Wang, Cai, & Lu, 2007).

Portanto, torna-se crucial a realização desta pesquisa no que concerne à aplicação de medidas de redução das emissões de GEE oriundos das emissões veiculares devido à queima de combustíveis fósseis, pela substituição de combustíveis com maior factor de emissão para os de menor factor de emissão, com vista a criar maior resiliência ao sector de transportes e mitigar as emissões futuras de GEE.

1.4. Objectivos

Nesta secção, pretende-se apresentar os caminhos que serão tomados para se alcançar o objectivo do estudo.

1.4.1. Objectivo geral

- * Quantificar as emissões de gases de efeito de estufa, no período entre 2018 e 2040, resultantes do uso de gasolina e diesel nos veículos de transporte público e avaliar alternativas de sua redução rumo à mitigação de mudanças climáticas.

1.4.2. Objectivos específicos

- a) Quantificar as emissões dos GEEs pelos veículos no cenário de referência;
- b) Estimar as emissões do CO₂-eq emitidas pelos veículos nos cenários de mitigação;
- c) Determinar as quantidades das emissões que seriam evitadas pela implementação dos cenários de mitigação;
- d) Estimar o custo e o benefício da conversão de veículos a gasolina para GNV.

1.5. Perguntas de pesquisa

- a) Qual é o actual nível de emissões de GEEs?
- b) Que medidas devem ser tomadas para a mitigação das emissões de gases de efeito de estufa?
- c) Qual seria a contribuição do sector dos transportes no desenvolvimento de baixo carbono?

CAPÍTULO 2: RESUMO TEÓRICO

2.1. Poluição Atmosférica

2.1.1. Atmosfera terrestre

A atmosfera terrestre é uma camada constituída por um conjunto de gases que envolvem a superfície da Terra. Esta mistura gasosa é constituída maioritariamente por 78% do nitrogénio, 21% de oxigénio. O restante 1% corresponde a outros gases como o árgon, hidrogénio, hélio, dióxido de nitrogénio, dióxido de carbono, vapor de água e entre outros constituintes. O vapor d'água, o ozono, o dióxido de carbono e os aerossóis desempenham um papel fundamental na troca e distribuição de energia entre a superfície terrestre e a atmosfera. (Ayoade, 1996 e MENEZES, 2016).

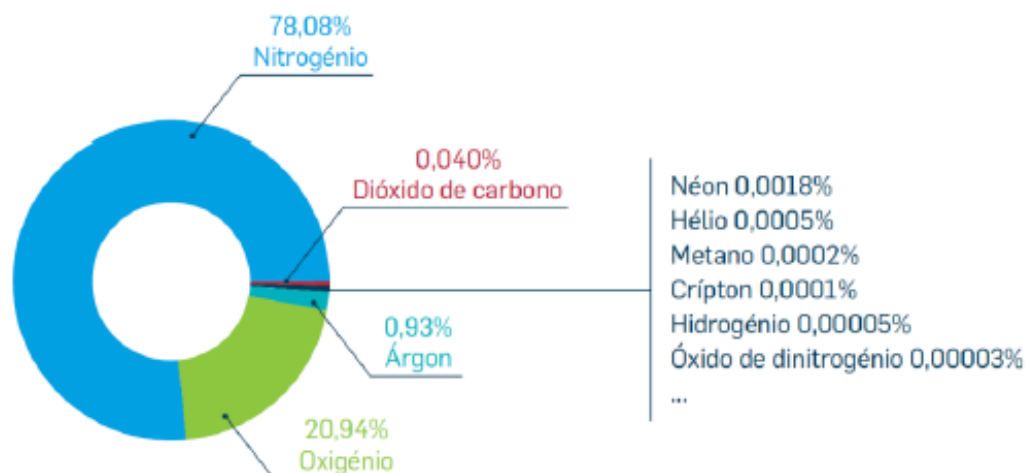


Figura 2. 1: Composição química da troposfera. (Alves C. F., 2018)

A concentração dos gases constituintes da atmosfera varia de acordo com a altitude, pressão e temperatura, isto é, a sua composição e condições físicas não são uniformes em toda a sua espessura. Portanto, a atmosfera encontra-se dividida em quatro principais camadas, a considerar: troposfera, estratosfera, mesosfera e termosfera ou ionosfera. Estas camadas encontram-se separadas por pequenas camadas de transição, denominadas “pausas”. (Torres & Machado, 2008; Menezes, 2016).

Das diversas camadas atmosféricas a de maior interesse para a presente pesquisa é a troposfera. Esta camada mais baixa da atmosfera estende-se desde a superfície da terra até aproximadamente 10 a 18 km de altitude. É na troposfera onde ocorre maior parte dos fenômenos climatológicos e os relacionados com a poluição atmosférica, e esta, é responsável por cerca de 75% da massa da atmosfera e quase a totalidade do vapor de água e aerossóis (Torres & Machado, 2008; Menezes, 2016).

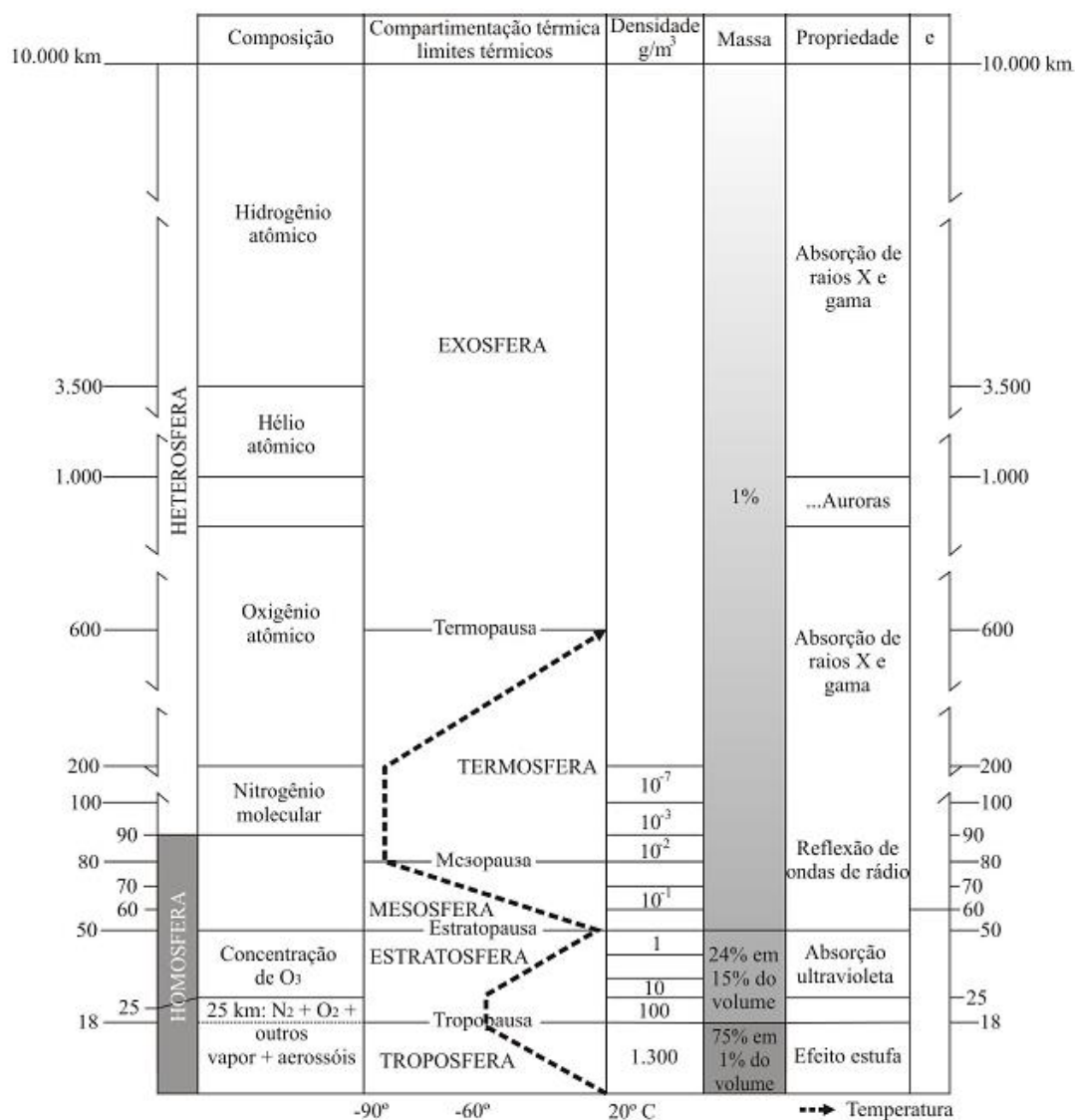


Figura 2. 2: Característica e perfil vertical da atmosfera.

Adaptado de: Argentiére (1960); Viers (1975); Retallack (1977); Dominguez (1979); Strahler (1982); Hardy *et al* (1983); Vianello e Alves (1991); Ayoade (2003) e Soares e Batista (2004); Mendonça, Danni-Oliveira (2007) e Torres & Machado (2008).

2.1.2. Poluentes atmosféricos

Segundo relatório Energy and Air Pollution do IEA (OECD/IEA, 2016b, citado por Toledo, 2019), denomina-se por poluição do ar atmosférico ao efeito causado pela concentração de sólidos, líquidos e gases na atmosfera e que tenham impactos negativos sobre esta camada gasosa e o meio ambiente. Os poluentes atmosféricos podem ser de origem natural (vulcanismo, poeira, incêndios naturais) ou antrópicas (resultantes das atividades humanas). Dependendo das suas características, os poluentes atmosféricos podem permanecer em suspensão por alguns minutos ou por muitos anos.

Relativamente a sua origem, os poluentes podem ser classificados como primários ou secundários. Os primários são emitidos diretamente para atmosfera através de diferentes fontes, sejam estas naturais ou antrópicas, e são exemplos destes o dióxido de enxofre (SO_2), monóxido de carbono (CO), óxidos nitrosos (NO_x) e hidrocarbonetos (HC) resultantes da combustão de combustíveis fósseis. Devido à sua inofensividade e baixa reactividade, os poluentes primários, em determinadas condições, reagem entre si ou com os constituintes naturais da atmosfera para darem origem aos poluentes secundários os quais são responsáveis pela formação do “*smog*” fotoquímico (Alves C. F., 2018).

O gás ozono (O_3), o peróxido de hidrogénio (H_2O_2), os aldeídos (RCHO), o peroxiacetilnitrato (PAN) são exemplos de poluentes secundários. O “*smog*” fotoquímico resultante de poluentes secundários consiste numa mistura de gases provenientes de escapes de veículos automóveis que reagem com os constituintes da atmosfera na presença da radiação solar. “Este fenómeno é mais notável em grandes cidades onde existe maior quantidade de veículos automóveis que libertam para a atmosfera, maiores quantidades de poluentes gasosos” (Alves C. F., 2018).

Na Tabela 2.1, está representada a descrição de alguns poluentes atmosféricos de origem antrópica.

Tabela 2. 1: Poluentes do ar atmosférico, fontes de emissão e efeitos.

Poluentes atmosféricos	Fontes de emissão e efeitos
Óxidos sulfurosos (SO_x)	Estes gases e em particular o dióxido de enxofre, resultam da combustão de combustíveis fósseis, como o carvão e o petróleo emitidos a partir de termoelétricas e veículos automóveis.
Óxidos de nitrogénio (NO_x)	Óxido de nitrogénio (NO) e dióxido de nitrogénio (NO ₂): são provenientes da combustão a alta temperatura, principalmente no transporte e na produção de energia, ou da oxidação de NO para NO ₂ na atmosfera. NO ₂ é um gás tóxico e pode levar à formação de Material Particulado e ozono.
Material Particulado (PM)	Mistura de substâncias sólidas e líquidas orgânicas e inorgânicas que pode ser um poluente primário ou secundário. O PM está ligado a impactos prejudiciais à saúde e o seu tamanho é um fator importante na determinação desses impactos. O carbono negro, por exemplo, é um tipo particular de PM fina formado pela combustão incompleta de combustíveis fósseis e bioenergia e é um poluente climático de curta duração (SLCP-short-lived climate pollutant).
Monóxido de carbono (CO)	Gás proveniente da combustão incompleta de combustíveis para transportes rodoviários, gás natural, carvão ou madeira.
Compostos orgânicos voláteis (COV)	Os COVs são liberados de produtos químicos, solventes ou combustíveis à medida que se evaporam ou sublimam no ar circundante. Eles estão associados a uma série de efeitos negativos para a saúde. O metano (CH ₄), principal componente do gás natural é um dos exemplos dos COVs.

Poluentes atmosféricos	Fontes de emissão e efeitos
Ozono (O₃)	O ozono ao nível da superfície (O ₃) é formado a partir de NO _x e COV na presença de luz solar e em altas concentrações, o ozônio é um poluente e um SLCP.
Outros poluentes	Incluem metais pesados, como o chumbo, emitidos pela indústria, geração de energia, incineração de resíduos e (em alguns países) a partir de combustíveis para transporte e mercúrio, principalmente da combustão de carvão.

Fonte: OECD/IEA (2016b, citado por Toledo, 2019)

2.2. Gases de Efeito de Estufa

O Efeito de Estufa (EE) é um fenómeno natural que vem sendo intensificado pelas actividades antrópicas aumentando de forma exponencial a concentração, na atmosfera, dos gases que constituem este fenómeno. Os Gases de Efeito de Estufa (GEE) são responsáveis pela retenção da energia e pelo aquecimento do globo terrestre. Dos gases que constituem o Efeito de Estufa, 60% desses correspondem ao vapor da água, 25% ao dióxido de carbono, 8% ao ozono e 7% a outros gases como o metano e óxidos nitrosos (Karl & Trenberth, 2003 citados por Vasconcellos, 2016).

A queima dos combustíveis fósseis e o desmatamento são apontados como as principais actividades antropogénicas responsáveis pela intensificação das concentrações do dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera que resulta na intensificação do EE. Associadas a estas actividades, são consideradas as que culminam na emissão, para atmosfera terrestre, de gases como: clorofluorcarbonos (CFCs), ozono (O₃), metano (CH₄) e os óxidos nitrosos (NO_x) que também contribuem para a intensificação do EE (Vasconcellos, 2016).

O IPCC, em seu Quarto Relatório de Avaliação publicado em 2007, apresentou resultados do aumento da concentração atmosférica global do gás dióxido de carbono (CO₂) de 280 ppm¹, em 1750 para 379 ppm, em 2005. As actividades antrópicas são apontadas como força motriz para as mudanças climáticas e no mesmo relatório, o IPCC apresenta dados do aumento médio anual

¹ Ppm – partes por milhão

das emissões deste gás de 6,4 GtC² por ano, na década de 90, para 7,2 GtC por ano, no período de 2000 a 2005 (IPCC, 2007,p.5 citado por Andrade & Santos, 2009).

2.2.1. Emissões e aquecimento global

O índice das emissões globais de GEE tem sido impulsionado pelas actividades antrópicas e tendo aumentado, desde a era pré-industrial, em 70% entre 1970 e 2004. A taxa das emissões de CO₂-eq tende a aumentar e esse aumento advém, maioritariamente, do fornecimento de energia, do transporte e da indústria do que outras actividades ligadas à residências e edifícios comerciais, florestas e agricultura, (Vasconcellos, 2016).

Resultados do relatório do IPCC revelam que as concentrações de CO₂, em 2019, foram as maiores já mais registadas em qualquer outro período mínimo dos últimos 2 milhões de anos e as de CH₄ e N₂O foram maiores do que em qualquer outro período nos últimos 800 mil anos. Desde 1750, com a exceção do aumento das concentrações do N₂O em 23% que considerou – se similar, o aumento das concentrações de CO₂ em 47% e de CH₄ em 156% excederam substancialmente às mudanças naturais multimilenárias que ocorreram durante a transição entre os períodos glaciares e interglaciares num período mínimo dos últimos 800 mil anos (IPCC, 2021).

Os diferentes gases de efeito de estufa emitidos para atmosfera apresentam diferentes impactos no aquecimento global. Com objectivo de aprimorar seus impactos no aquecimento, é aplicado o potencial de aquecimento global (GWP), medida esta utilizada para relacionar a quantidade de calor que cada gás consegue reter na atmosfera em comparação com uma massa semelhante de CO₂. A determinação do GWP depende de factores como: absorção do IR por um determinado gás, localização espectral dos seus comprimentos de onda absorventes e do tempo de vida atmosférica de cada gás (Toledo, 2019).

Devido à sua maior representatividade no efeito de estufa, que os de mais gases, o CO₂ é usado como gás de referência. A emissão de CO₂-equivalente corresponde à quantidade de CO₂ “que resultaria, para um dado tempo, a mesma forçante radiactiva integrada ao longo do tempo que uma quantidade emitida de gases de efeito de estufa de longa permanência ou uma mistura de GEE.”

² 1GtC corresponde a 3,67 GtCO₂

Portanto, o valor de CO₂-eq de qualquer gás de efeito de estufa é obtido multiplicando a quantidade emitida desse GEE pelo seu potencial de aquecimento global (GWP) para um determinado intervalo de tempo (Vasconcellos, 2016).

Para a quantificação das concentrações dos GEE em relação a CO₂, na temperatura média global da superfície é usado o Potencial de Mudança de Temperatura Global (GTP). Este índice, apresentado na Tabela 2.2, é usado para um período de tempo específico de 100 anos e mede a variação da temperatura média global da superfície num determinado ponto após uma emissão de massa unitária de um determinado gás em relação à CO₂ (Toledo, 2019).

Tabela 2. 2: Valores de GWP e GTP

	Tempo de Vida (anos)	GWP		GTP	
		Forçamento para 20 anos	Forçamento para 100 anos	Mudança de Temperatura após 20 anos	Mudança de temperatura após 100 anos
CO ₂	Variável	1	1	1	1
CH ₄	12,4	84	28	64	4
N ₂ O	121	264	268	277	234
CF ₄	50000	4880	6630	5270	8040
JFC-152 ^a	1,5	506	138	174	19

Fonte: (IPCC, 2014 citado por Toledo, 2019)

Em 2018, o IPCC apresentou, na sua obra intitulada “Aquecimento Global de 1.5 °C”, resultados sobre a temperatura média global apontando as actividades antrópicas como sendo as responsáveis pelo aumento da temperatura global em cerca de 1°C acima dos níveis pré-industriais, com uma variação provável de entre 0.8 e 1.2 °C. As projecções apresentadas na mesma obra apontam o possível aumento da temperatura global em 1.5 °C entre 2030 e 2052, caso o aumento actual mantenha o seu ritmo (IPCC, 2018).

As alterações climáticas causadas pelas actividades antropogénicas que resultam nas emissões de CO₂ são irreversíveis numa escala de séculos a milénios, salvo se houver uma grande e contínua remoção líquida deste gás da atmosfera durante um período muito longo. Mesmo que as emissões líquidas do CO₂ oriundo das actividades antrópicas sessem, as temperaturas da superfície permanecerão aproximadamente constantes e em níveis elevados durante muitos séculos (IPCC, 2013).

2.3. Mudanças Climáticas

Variáveis como temperatura, precipitação, pressão atmosférica, concentração de vapor de água e a concentração da água em diferentes estados físicos são determinantes para o estabelecimento do clima de uma determinada região. Portanto, para o estudo do clima é necessário que sejam levados em conta os cinco componentes principais do sistema climático, a saber: atmosfera (camada gasosa que envolve a terra); hidrosfera (conjunto de água superficial e subterrânea); criosfera (superfície coberta de gelo); litosfera (camada da terra que compõe a superfície sólida) e biosfera (conjunto dos seres vivos terrestres e aquáticos). A dinâmica do clima terrestre é determinada pelos fenómenos que ocorrem dentro dos componentes do sistema climático, supracitados, assim como pela interação entre eles (IPCC, 2007 citado por águaBrasil, 2015).

Dos componentes do sistema climático, a biosfera apresenta um grande papel nas questões climáticas, sendo que é nesta camada ou componente onde ocorrem maiores processos de transformação e transferência do carbono. O carbono armazenado nesta camada é regulado e influenciado pelos processos da fotossíntese, processo este, responsável pela transferência do carbono entre a atmosfera e a biosfera, e pela respiração. A decomposição de matéria orgânica é, também, um dos processos responsáveis pela transferência do carbono da biosfera para a atmosfera, na forma de dióxido de carbono, monóxido de carbono ou metano (IPCC, 2007 citado por águaBrasil, 2015).

Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2001), a Mudança Climática “é uma variação estatisticamente significativa nas condições médias do clima ou em sua variabilidade, que persiste por longo período, geralmente décadas ou mais. Esta mudança pode

advir de processos naturais internos ou de forçamentos naturais externos, ou ainda de mudanças antropogênicas persistentes na composição da atmosfera ou no uso do solo” (águaBrasil, 2015).

2.3.1. Mudanças Climáticas Observadas

Em prol das Mudanças Climáticas o IPCC, em 2014, publicou resultados da pesquisa que revelaram que as últimas décadas têm sido acompanhadas por aumento nas temperaturas médias do planeta. Combinando a temperatura dos oceanos e da superfície da terra, a média apresentou um incremento de 0.85 °C durante o período entre 1880 e 2012 aumentando a curvatura crescente da tendência, segundo a Figura 2.3.

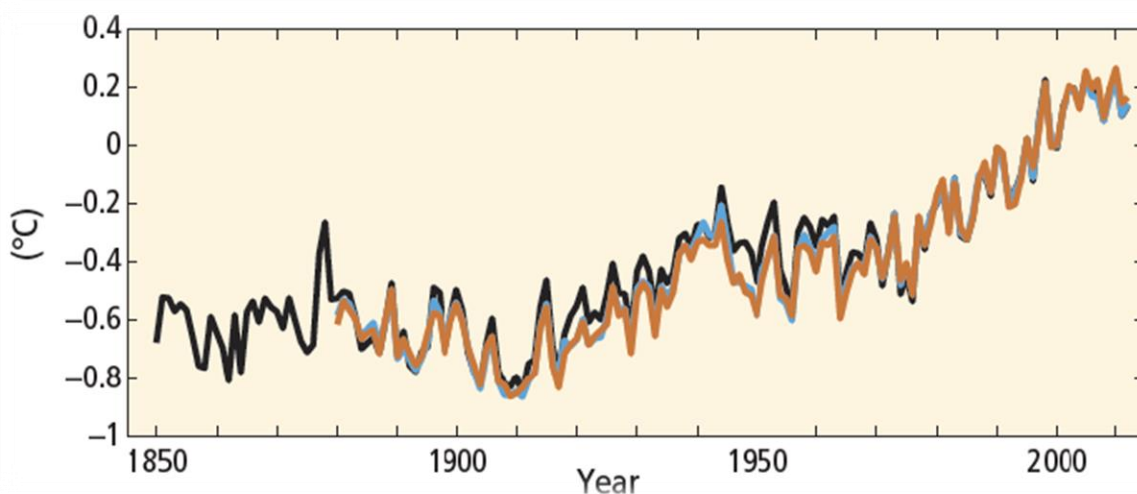


Figura 2. 3: Anomalia combinada da temperatura média global das superfícies terrestres e da superfície do oceano. (Toledo, 2019)

O aumento da temperatura média, notada na Figura 2.4, não foi uniforme para todo o globo terrestre, tendo sido registadas, em várias regiões, variações até 2.5 °C ente 1901 e 2012. Além do aumento na temperatura média, notaram-se no hemisfério norte, alterações nos regimes pluviométricos com provável aumento e, variadas para as demais regiões (Toledo, 2019).

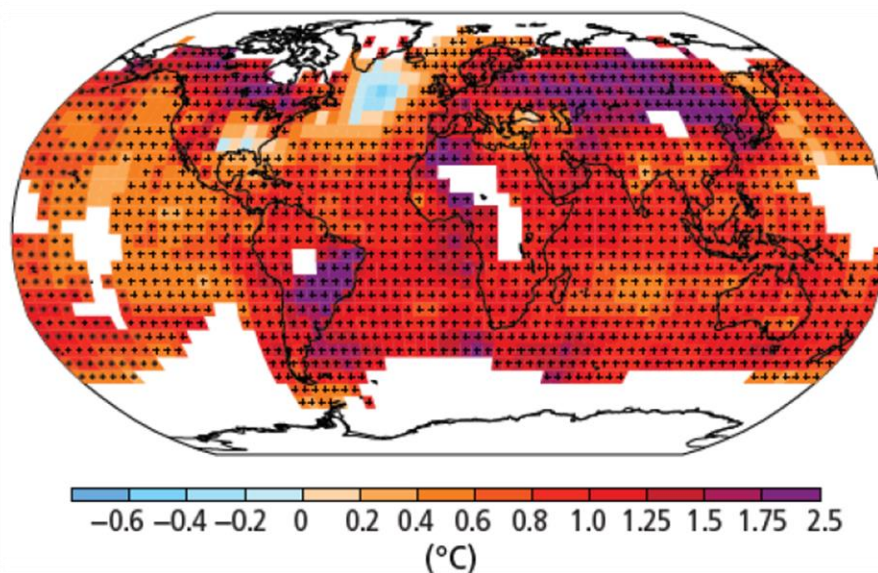


Figura 2. 4: Alterações da temperatura superficial terrestre (Toledo, 2019)

Em 2018, os dados consolidados pela NASA (ver a Figura 2.5) revelam que o ano de 2016 apresentou as mais altas temperaturas da superfície terrestre desde o ano de 1880, com um incremento de 0.99 °C mais quente do que a média dos meados do século XX. Este resultado é mais uma ilustração das Mudanças Climáticas. Esses resultados corroboram com os resultados do IPCC, que ilustra o aumento desigual da temperatura superficial do globo terrestre, segundo a Figura 2.6.

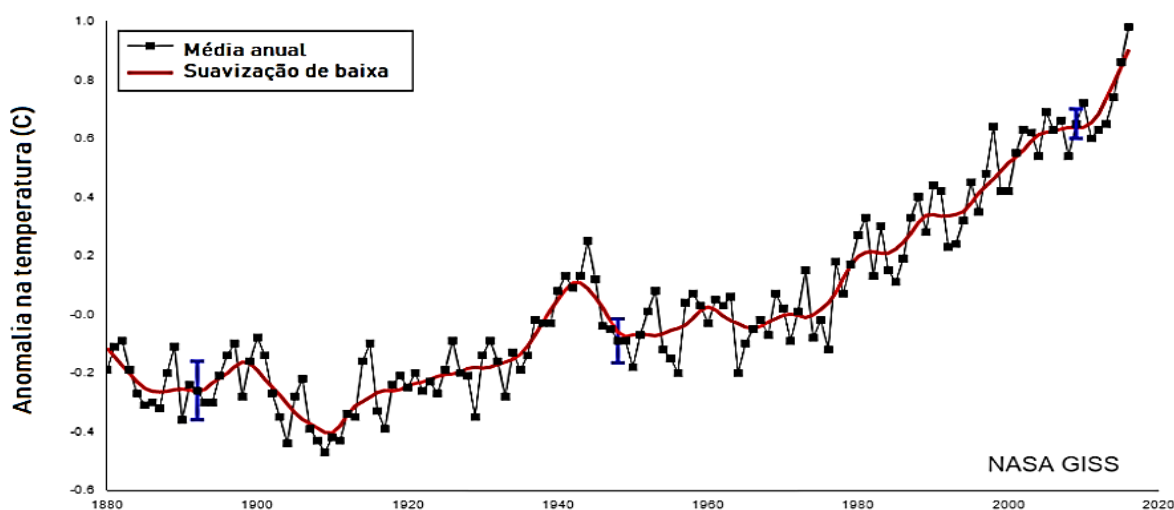


Figura 2. 5: Estimativas médias globais baseadas em dados de terra e oceano, (Toledo, 2019).

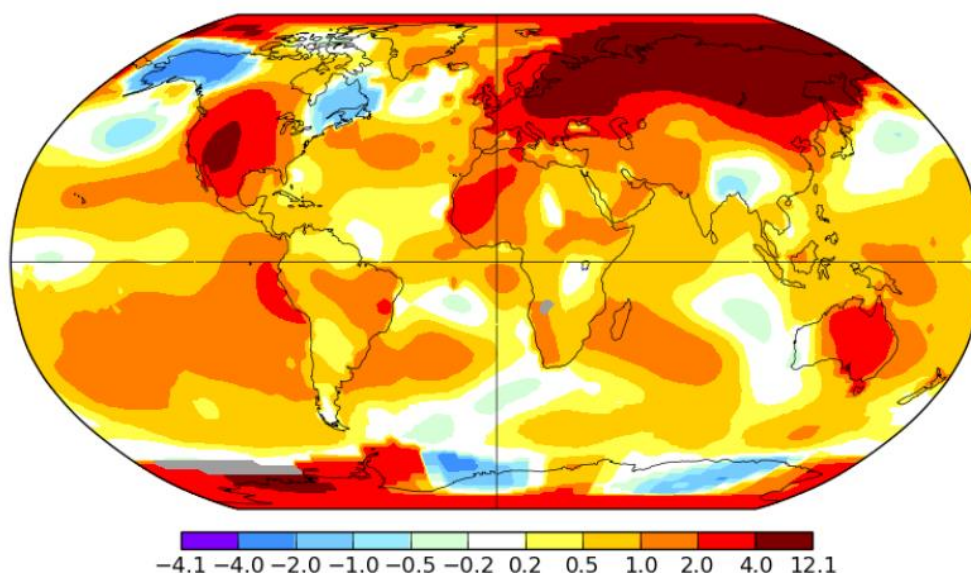


Figura 2. 6: Anomalias térmicas em março de 2017 em comparação com o período de 1951-1980. (GISTEMP, 2018b citado por Toledo, 2019).

2.3.2. Mudanças Climáticas Futuras

No âmbito do Projecto de Cooperação do Modelo Associado Fase 5 (CMIP5), o IPCC, para a realização das projecções climáticas, baseou-se em cenários de forçamentos antropogénicos e em Patamares de Concentração Representativos (RCP), a partir dos quais concluiu que as concentrações atmosféricas do CO₂ serão mais elevadas em 2100 relativamente aos dias de hoje. Esse aumento de concentrações do gás CO₂ deve-se ao aumento adicional das emissões acumulativa deste gás para atmosfera durante o século XXI. Com isso, a contínua emissão de gases de efeito de estufa contribuirá para mais aquecimento e alterações em todos os componentes do sistema climático (IPCC, 2013).

Os modelos usados no CMIP6, que apresentam melhor resolução relativamente aos usados no CMIP5, permitiram o melhoramento na “simulação do estado médio recente da maioria dos indicadores de grande escala da mudança do clima e de muitos outros aspectos do sistema climático”. Os cenários de emissões considerados neste relatório, apontam a possível contínua subida da temperatura da superfície global até pelo menos a metade do século, excedendo os

aquecimentos globais de 1.5 °C e 2 °C no século XXI caso não sejam consideravelmente reduzidas as emissões de CO₂ e outros gases de efeito de estufa nas próximas décadas (IPCC, 2021).

a) Mudanças na temperatura média global da superfície

Segundo os resultados dos cenários RCP, com a exceção do RCP2.6, até o final do século XXI, existe maior probabilidade de a temperatura global da superfície terrestre ultrapassar 1.5 °C relativamente ao período de 1850 a 1900. Nos RCP6.0 e RCP8.5 apontam a possibilidade de se ultrapassar 2 °C e mais provável do que improvável que não exceda 2°C no RCP4.6. Em prol do aquecimento ao longo do século XXI, as alterações do ciclo hidrológico global não são uniformes, sendo que “vai aumentar o contraste na precipitação entre regiões húmidas e secas e entre as estações húmidas e secas, embora possa haver exceções regionais” (IPCC, 2013).

Contudo, com a exceção do RCP2.5, os resultados dos RCP indicam que o aquecimento continuará além de 2100, como se pode observar nas Figuras 2.7 e 2.8 e as alterações do ciclo hidrológico global na Figura 2.10.

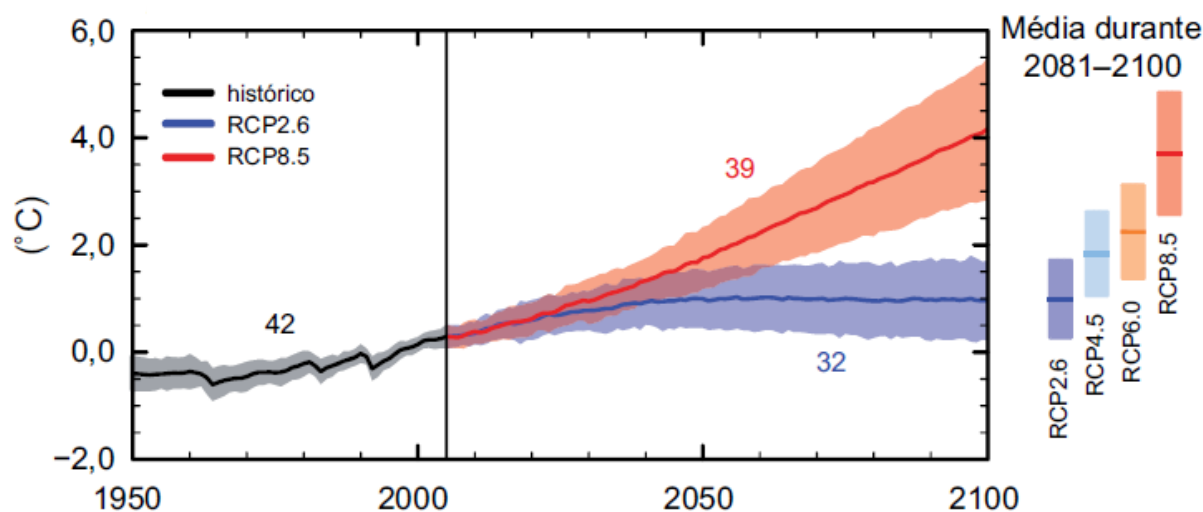


Figura 2. 7: Alteração da temperatura média global da superfície (IPCC, 2013).

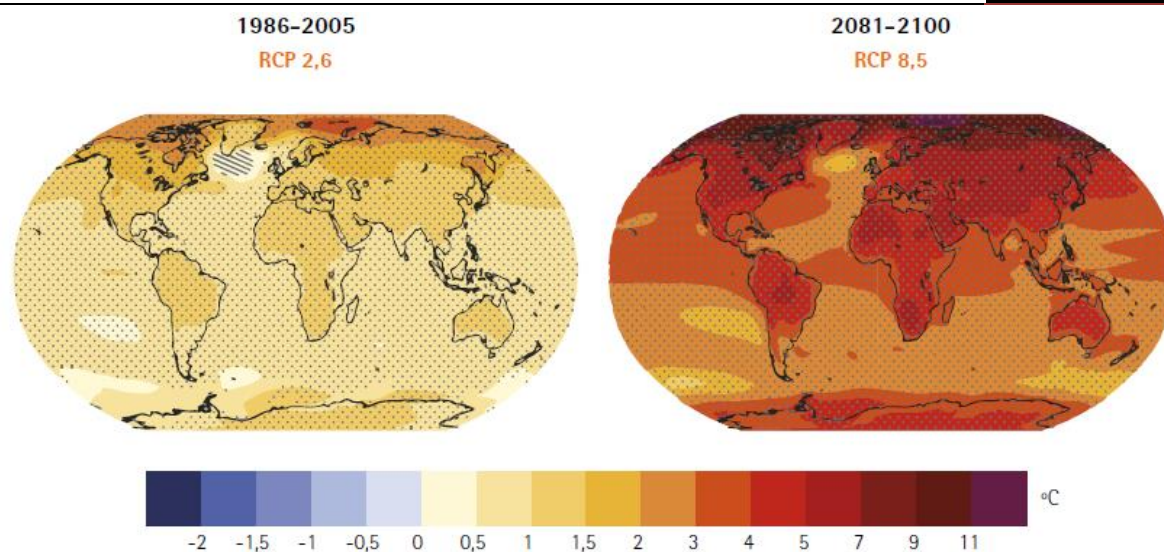


Figura 2. 8: Alteração da temperatura média global da superfície, (IPCC, 2013).

Com a maior precisão em relação aos RCP, os SSP comparam as projecções da temperatura média da superfície global para o período de 2081-2100 com os dados observados no período entre 1850-1900, as quais, segundo o SSP1-1.9 apontam para o aumento da temperatura de 1,0 °C para 1.8 °C; o SSP2-4.5 de 2.1 °C para 3.5 °C e o SSP5-8.5 de 3.3 °C para 5.7 °C. Portanto, considerando o período 1850-1900 como referência, os cenários de emissão intermédias, altas e muito altas (SSP2-4.5, SSP3-7.0 e SSP5-8.5, respectivamente) apontam a excedência do aquecimento de 1.5 °C no século XXI enquanto que no cenário de emissões muito baixas de GEE (SSP1-1.9), “é mais provável do que improvável que a temperatura da superfície global caia para baixo de 1.5 °C até ao fim do século XXI” (IPCC, 2021).

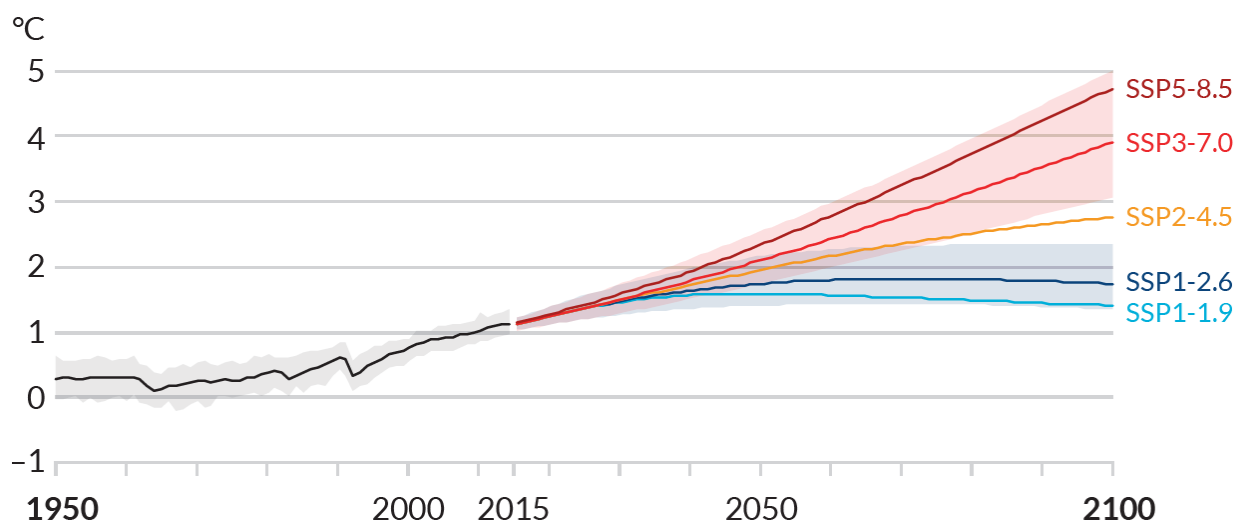


Figura 2. 9: Mudança da temperatura global da superfície em relação a 1850-1900 (IPCC, 2021)

b) Mudanças anual média na precipitação

O impacto do aquecimento global sobre o ciclo de água global ao longo do século XXI não será uniforme em todas as regiões, sendo que poderá aumentar o contraste na precipitação entre as regiões secas e húmidas, assim como entre as estações húmidas e secas (IPCC, 2013). Comparado ao período 1850-1900, as projecções do IPCC (ver a Figura 2.10) realizadas no âmbito do seu relatório AR6 apontam para o aumento da precipitação em altas altitudes, região do oceano Pacífico Equatorial e em certas áreas das regiões de monções e espera-se que a mesma decaia em certas partes das regiões subtropicais e em áreas limitadas dos trópicos (IPCC, 2021).

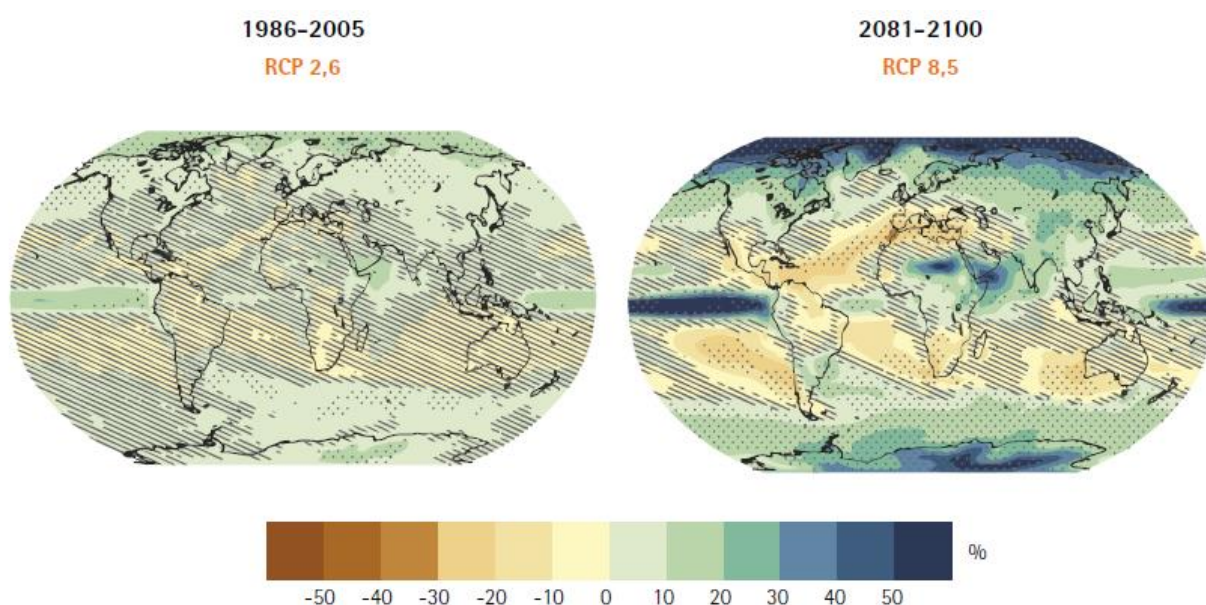


Figura 2. 10: Alteração na precipitação média, (IPCC, 2013).

Segundo o cenário RCP8.5 existe maior probabilidade do aumento na precipitação média anual nas regiões das altas latitudes, do Oceano Pacífico Equatorial e em muitas regiões húmidas de média latitude no final deste século. O mesmo cenário de emissões de GEE projecta uma diminuição na precipitação média em muitas regiões secas subtropicais e de média latitude. O aumento da temperatura média global da superfície poderá aumentar a intensidade e frequência de precipitação extrema até no final deste século na maior parte da região da latitude média e em regiões tropicais húmidas (IPCC, 2013).

c) Mudança global do nível médio do mar

O aumento da temperatura média global continuará a sustentar o aumento global médio das águas do mar durante o século XXI devido ao aumento da temperatura da superfície das águas dos oceanos e da taxa da perda de massa dos glaciares e camadas de gelo (ver a Figura 2.11). Segundo os cenários dos RCP a taxa do aumento do nível médio das águas do mar será, provavelmente, superior à observada no período de 1971 a 2010, (IPCC, 2013).

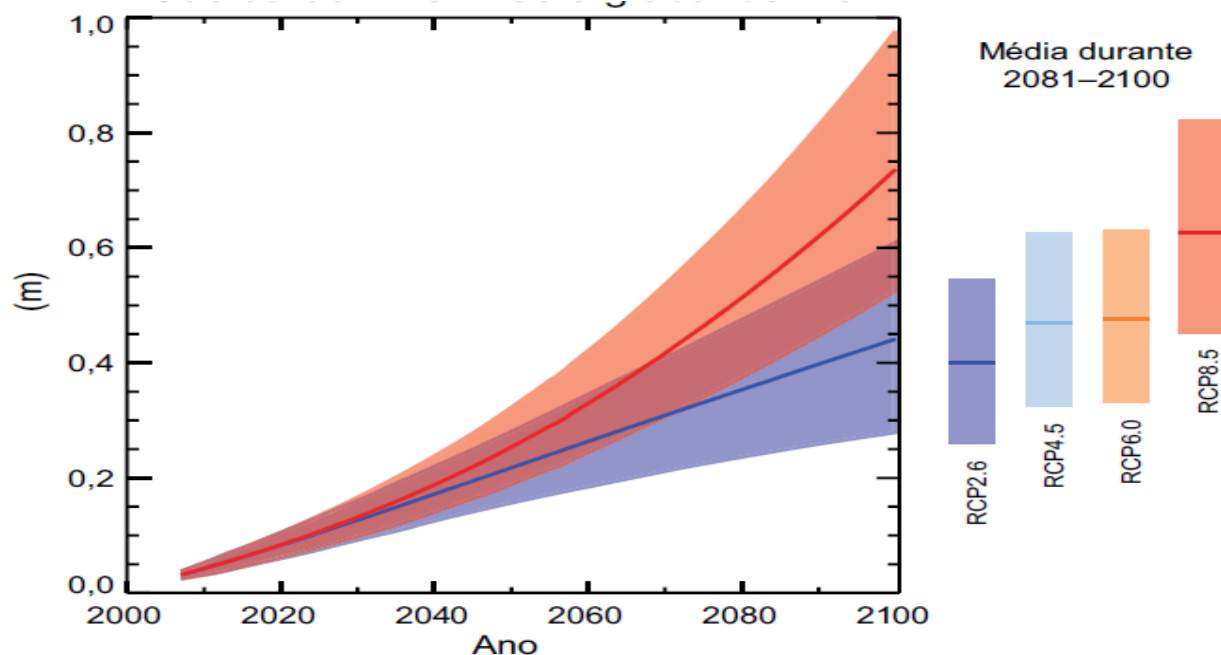


Figura 2. 11: Projeções de aumento médio global do nível do mar ao longo do século XXI(IPCC, 2013).

Segundo os cenários SSP, apresentados na Figura 2.12, é muito provável que o aquecimento do oceano, no resto do século XXI, varie de 2-4 (segundo o SSP1-2.6) a 4-8 vezes (segundo o SSP5-8.5) em relação à mudança observada no período dentre 1971 e 2018. Relativamente ao período de 1995 a 2014 é provável, segundo o cenário de emissões mais baixas de GEE (SSP1-1.9), que o nível médio do mar aumente em 0.28 a 0.55 m até 2100, em 0.32 a 0.62 m para o cenário de emissões baixas (SSP1-2.6), em 0.44 a 0.76 m para o cenário de emissões intermédio (SSP2-4.5) e em 0.63 a 1.01 m para o cenário de emissões muito altas (SSP5-8.5) (IPCC, 2021).

Portanto, o nível médio das águas do mar, quando comparado ao período de 1995 a 2014, poderá aumentar até o ano de 2150 em 0.37 a 0.86 m no cenário de emissões muito baixas (SSP1-1.9), em

0.46 a 0.99 m no cenário de emissões baixas (SSP1-2.6), em 0.66 a 1.33 m no cenário intermédio (SSP2-4.5) e em 0.98 a 1.88 m no cenário de emissões muito altas (SSP5-8.5). Além desse aumento, os cenários apontam também para um contínuo derretimento das montanhas e glaciares polares por um período que varia de décadas a séculos como resultado do efeito dos GEE (IPCC, 2021).

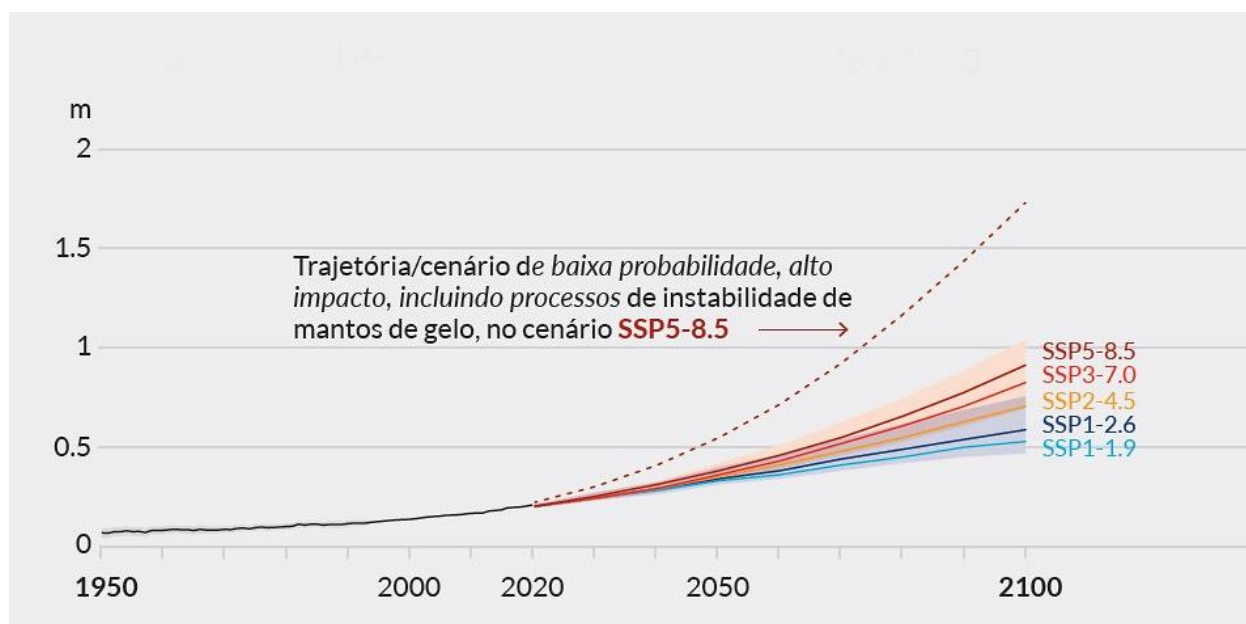


Figura 2. 12: Mudança global do nível médio do mar em relação a 1900 (IPCC, 2021).

Segundo IPCC (2018) os modelos climáticos projectam, em média, um aquecimento global de 1.5 °C em relação aos dias atuais. Os mesmos modelos projectam algumas diferenças nas características climáticas regionais, com aquecimento entre 1.5 °C e 2 °C para regiões terrestres e oceânicas. Essas projecções incluem, também, aumento nos extremos de calor para a maioria de regiões habitadas, aumento na intensidade da chuva em diversas regiões e maior probabilidade de seca e déficit de chuvas em certas regiões.

2.4. Impactos das Mudanças Climáticas

As mudanças climáticas têm impactado negativamente, de forma directa e indirecta, às actividades humanas. As alterações nos padrões da precipitação em intensidade e em quantidade, induzidas pelas mudanças climáticas, afectam os sistemas fluviais alterando regimes de vazão e impactando, conseqüentemente, actividades como a pesca, a navegação e a captação de água para o consumo. As actividades agrícolas são também afectadas pelas alterações nos padrões de precipitação, criando pressão nos custos de alimentos (OPAS, 2008 e Toledo, 2019).

Para além do aumento na frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, as mudanças climáticas, também, impactam negativamente a segurança alimentar e os ecossistemas terrestres, e têm contribuído para a desertificação e degradação da terra em muitas regiões. Tem sido registado, nos últimos anos, aumento na frequência, intensidade e duração de eventos extremos relacionados ao calor, seca e precipitação na maior parte das regiões terrestres como consequência das mudanças climáticas (IPCC, 2020).

Nas últimas décadas tem sido registado maior índice do aumento do nível médio das águas do mar devido ao aumento das taxas do derretimento de mantos de gelo da Groenlândia e da Antártida, assim como perdas contínuas de massa de geleiras e aumento da temperatura das águas do mar. Portanto, combinando o aumento na frequência de eventos climáticos extremos e o aumento do nível médio das águas do mar (NMM), crescem as ameaças climáticas às regiões costeiras (IPCC, 2019).

As mudanças climáticas podem impactar directa ou indirectamente a saúde humana. As ondas de calor ou mortes por outros eventos extremos como ciclones e inundações, constituem exemplos dos impactos directos enquanto que os impactos indirectos podem resultar na alteração de ecossistemas e de ciclos biogeoquímicos, que podem contribuir para o aumento da incidência de doenças infecciosas e não transmissíveis, que incluem a desnutrição e doenças mentais. O aumento na frequência dos eventos climáticos extremos pode afectar a dinâmica das doenças de origem hídrica, como a leptospirose, as hepatites virais, as doenças diarreicas e entre outras (OPAS, 2008).

Os impactos negativos sobre a biodiversidade e ecossistemas que podem resultar do aquecimento global entre 1.5 °C e 2 °C incluem perdas e extinção de espécies. Segundo IPCC (2018) esses impactos serão maiores com o aquecimento global de 2 °C relativamente ao aquecimento global de 1.5 °C. Contudo, limitar o aquecimento global a 1.5 °C diminuiria impactos em ecossistemas terrestres, na perda de água doce e recursos costeiros, quando comparado ao aquecimento de 2°C.

Os eventos climáticos extremos resultantes e intensificados pelas mudanças climáticas impactam, também, sobre as diferentes infraestruturas, como pontes, estradas, hospitais, escolas e entre outras. Portanto, o aumento do NMM também resultante do aquecimento global, intensifica o processo de erosão e culmina também na intrusão salina que afecta negativamente as fontes de subsistência e de rendimento das comunidades (MICOA, 2012).

2.5. Emissões de Transportes

As emissões veiculares são resultantes da queima de combustíveis fósseis e essas emissões são lançadas para a atmosfera sob a forma de gases ou materiais particulados. Todos os compostos químicos emitidos para a atmosfera através dos automóveis são considerados poluentes pela sua capacidade de contaminar o ar e causar efeitos adversos no meio ambiente (Jacondino, 2005).

Em grandes centros urbanos, onde existe elevado grau de mobilidade e grandes frotas veiculares, têm sido registados grandes impactos na saúde humana e no meio ambiente causados pela poluição do ar por veículos automotores que durante o seu funcionamento emitem para a atmosfera poluentes primários como hidrocarbonetos (HCs), óxidos nitrosos (NO_x), monóxido de carbono (CO), material particulado (PM), óxidos de enxofre (SO_x) e aldeídos (R-CHO). O ozono (O₃) é um poluente secundário resultante das reações na atmosfera de poluentes primários e o dióxido de carbono (CO₂) e vapor d'água (H₂O) são compostos resultantes da combustão de combustíveis que não são considerados poluentes, mas têm uma grande influência no EE (Jacondino, 2005; Manzoli, 2009 e Pozzagnolo, 2013).

A quantidade e tipo de poluentes atmosféricos emitidos pelos veículos automóveis dependem do “tipo de combustível utilizado, do tipo de motor, da regularidade de manutenção e do modo como o veículo é conduzido.” Independentemente de estarem ou não operacionais, a maior parte de veículos automóveis pode emitir HC através da evaporação do combustível nos tanques e no

sistema de carburação do motor, mas com a adição de novas tecnologias como catalisadores e injeção eletrônica em veículos automóveis recentes, esse tipo de emissões tem sido reduzido (Pozzagnolo, 2013).

Segundo Toledo (2019), as emissões veiculares de poluentes atmosféricos podem ser categorizadas da seguinte forma:

- Emissões de evaporação: *as oriundas da volatilização dos combustíveis fósseis utilizados;*
- Emissões por abrasão: *geradas pelos desgastes dos freios, embraiagens, pneus e materiais de rodovia;*
- Emissões de escape: *resultam da combustão de combustíveis fósseis e são altamente dependentes do tipo de combustível utilizado e do tratamento pós-combustão.*

Resultados do Relatório sobre a Situação Global dos Transportes e das Alterações Climáticas, publicado em 2018, revelam que “a participação do sector de transportes nas emissões globais de GEE passou de 11% para 14% (dados de 2014)”. Devido ao aumento da demanda e do crescimento de transportes públicos e de mercadoria, registaram-se entre 2000 e 2016 aumentos nas emissões de CO₂ em 92% na Ásia, 84% na África e em 49% na América Latina (Toledo, 2019).

Na categoria de transportes rodoviários tem-se como objectivo principal, analisar as combustões e emissões evaporativas oriundas do uso de combustíveis nos veículos como: “carros de capacidade de até 12 pessoas, com ou sem *catalisador de três vias*³; veículos de carga ligeiros com peso entre 3,500 – 3,900 kg, com ou sem catalisador de três vias; camiões pesados e ônibus; motocicletas; emissões evaporativas de veículos, excepto emissões originadas durante o abastecimento; e emissões de CO₂ provenientes da utilização de aditivos à base de ureia em catalisadores” (Costa, 2012).

2.5.1. Mitigação de Emissões de Transportes

Com o objectivo limitar as tendências crescentes do aumento da temperatura média global, a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC) tem realizado

³O método clássico de pós-tratamento dos gases de escape.

tratado internacional a respeito do meio ambiente, que visam reduzir as emissões de GEE. Em 1992 a UNFCCC, em resposta às emissões de GEE, firmou a Convenção do Clima durante a Eco92, conferência esta que contou com a presença de inúmeros chefes de estado e a ratificação de 175 países (Itaú, 2017).

De entre os diversos tratados que visam reduzir as emissões de GEE, destaca-se o Protocolo de Quioto pela sua relevância e abrangência em convocação de países de todo o mundo, sobretudo os países mais desenvolvidos. O Protocolo de Quioto formalizou o acordo de compromissos diferenciados para os países envolvidos aos quais aplicou obrigações de limitação ou redução de emissões de GEE, em pelo menos 5.2%, para o período entre 2008 e 2012 relativamente aos gases emitidos em 1990 (Ostermayer, 2004; Scarpinella, 2002, p.103 citado por Andrade & Santos, 2009; Itaú, 2017).

O sector de transporte é um dos sectores, a nível global, responsáveis pela queima de combustíveis fósseis que consequentemente resultam na emissão de GEE. A demanda por transportes acompanha o crescimento demográfico e aumenta à medida que as relações econômicas e sociais se tornam mais complexas e intensivas. Em grandes centros urbanos, onde os índices de mobilidade são elevados, o sector de transporte, devido à sua importância, constitui o principal sector de queima de combustíveis fósseis em 95% em todo o mundo (Ferreira, 2011; Rodrigues & Filho, 2016).

Em resposta a crescente demanda de transportes rodoviários, devido ao desenvolvimento urbano em diversos cantos do mundo, têm sido reforçadas as medidas de mitigação das emissões no sector de transportes, destacando: “a transferência modal para transportes de baixa emissão de carbono, incentivando os investimentos em transportes públicos com vista a tornarem-se mais atraentes aos usuários e reduzir o tempo de viagem e a distância; a redução do consumo energético por passageiro através da melhoria do desempenho dos motores, materiais mais leves e novas tecnologias, como veículos elétricos” (IPCC, 2014 citado por Toledo, 2019).

Além das medidas acima citadas existem normas, já adotadas e aplicadas em países e cidades, que contribuem para a limitação das emissões máximas admissíveis dos GEE através de escape ou evaporação de combustíveis, em veículos automóveis, por unidade de distância, tempo ou consumo de energia final. Estas normas especificam, também, a qualidade dos combustíveis,

exigindo a eliminação do chumbo e as reduções de forma gradual do teor máximo de enxofre, de tal forma a reduzir as emissões de GEE em diferentes frotas de veículos automóveis em todos os locais onde elas são aplicadas (Ferreira, 2011; Toledo, 2019).

2.6. Transportes urbanos rodoviários e ferroviários em África e em Moçambique

O sector de transportes divide-se em: transportes rodoviários, transportes off-road, transportes ferroviários, transportes aquaviários, transportes aéreos. A presente pesquisa tem como foco os transportes rodoviários e ferroviários, por serem os que mais contribuem para a mobilidade em Moçambique.

O transporte constitui uma actividade essencial para a vida humana, no que concerne a dinamização das suas actividades sociais e económicas, tornando-as mais flexíveis e menos complexas. O desenvolvimento acompanhado pelo crescimento demográfico, industrial e económico, demanda por transporte, pois fomenta a necessidade de grandes volumes de deslocamento de bens e de materiais para diferentes cantos do Mundo. Ao longo do século XX, os combustíveis fósseis, como o petróleo, gás natural e carvão, sustentaram o desenvolvimento económico mundial, principalmente no âmbito da transferência ou mobilidade de recursos naturais (Ferreira, 2011).

Grande parte da população do continente africano vive numa situação de pobreza e sem poder financeiro para adquirir um veículo motorizado próprio o que faz com que seja dependente de serviços colectivos e semicolectivos de transportes para se deslocar. Portanto, em todo o continente africano prevalecem os transportes rodoviários os quais constituem cerca de 80% de todo o tráfego no continente e 90% quando considerando apenas o trânsito de passageiros (Nações Unidas, 2009 citadas por Araújo, 2010).

Um dos factores que contribui para o aumento na demanda de transportes nos centros urbanos é a migração de pessoas de zonas rurais às cidades que causa aumento na taxa de mobilidade. Com isso, projecta-se que o crescimento da população urbana africana e asiática esteja acima de 1.9 bilhão em 2030 e 3.3 bilhões em 2050, fazendo com que os dois continentes representem em 86% do total do crescimento populacional mundial em 2050. Portanto, este crescimento urbano e da população urbana poderão aumentar pressão sobre o sector de transportes, por ser este o

responsável pela mobilidade de pessoas e de bens e pela dinamização da economia de diferentes países destes continentes (Mabucanhane, 2018).

Os transportes existentes em África são geralmente caracterizados por: “mau estado da rede e reduzida conectividade fornecida; capacidade institucional e individual inadequada; impacto negativo no ambiente; custos elevados; fraca segurança; sistemas informáticos inadequados e recursos financeiros limitados” (Araújo, 2010).

Segundo o relatório das Nações Unidas publicado em 2009, em África, o custo de transportes é mais elevado relativamente ao rendimento médio deste continente e ao dos restantes continentes, sendo que em média, a despesa com viagens urbanas, nas cidades africanas, representa 21.7% do PIB o que torna o serviço de transporte altamente dispendioso para muitos cidadãos africanos (Araújo, 2010).

O Instituto Superior de Transportes e Comunicação (ISUTC), em 2007 e a Agência de Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional (USAID), em 2008, realizaram estudos em Moçambique sobre a funcionalidade dos transportes urbanos onde associaram “o fracasso da oferta de transportes urbanos de passageiros à desproporcionalidade entre as inflexíveis e duradouras tarifas de operação definidas pelo governo, com o poder destas tarifas para assegurar a manutenção e desenvolvimento expansionista das companhias operadoras” (Mabucanhane, 2018).

Segundo o relatório do Instituto Nacional de Estatística (INE) publicado em 2021, relativo à estatística dos transportes e comunicações, tem sido verificada a oscilação no registo de automóveis de 2018 a 2020 em todo o país, sendo que a maior aderência ao registo foi registada na província e cidade de Maputo.

2.6.1. Transporte urbano rodoviário nas cidades de Maputo e Matola

Resultados do estudo da USAID realizado em 2008 revelam que devido à menor capacidade de manutenção de autocarros, dos 35 autocarros dos Transportadores Públicos de Maputo (TPM), que circulavam num determinado dia, 8 destes registavam avarias e mais de 50 % saíam da rota de circulação por ano, reduzindo desta forma, a capacidade de resposta à demanda de transporte. Aliado a este factor, o desprezável grau de capitalização das associações, as inflexíveis tarifas de

operação de transportes contribuíram para a entrada de negócio de transporte de passageiros de carros de caixa aberta e os camiões, os quais são designados “*my loves*”, cujo seu pico de operação foi registado ente os anos 2014 e 2017 (Mabucanhane, 2018).

Resultados do estudo realizado por Vieira, Dadá, & Martins em 2014, em prol dos transportes públicos rodoviários na cidade de Maputo, revelam que o sector privado de transportes é o maior provedor de serviços de transporte público rodoviário. O transporte público rodoviário de passageiros na cidade de Maputo é geralmente efectuado pelos semicolectivos de 18 lugares vulgarmente conhecidos como “*chapas*”, minibus “ou coaster” de 25 lugares, carrinhas de caixa aberta (*my loves*), autocarros de 42 lugares (ver a Figura 2.13) e veículos ligeiros privados de em média 5 lugares (ver a Figura 2.14).



Figura 2. 13: Transporte Público de Passageiro de 42 lugares (o autor)



Figura 2. 14: Veículo ligeiro particular de em média 5 lugares (o autor).

A maior parte das cidades africanas tais como as cidades da Matola e Maputo partilham a mesma cronologia no que concerne a evolução dos seus sistemas de transportes públicos. Nas cidades da Matola e Maputo existia inicialmente, em cada cidade, empresa que assegurava os transportes as quais após a descolonização foi nacionalizada e regulada pelo Estado. Devido à insuficiência de subsídios para assegurar a funcionalidade, o serviço de transportes deteriorou-se e perdeu a capacidade de renovar a frota de veículos, o que culminou na insuficiência da oferta de transportes, levando as autoridades a autorizar a operação de veículos não licenciados, principalmente os semicolectivos, fazendo com que estes aproveitem a oportunidade de negócio e contribuam para responder a demanda de transportes (Araújo, 2010 e Vieira, Dadá, & Martins, 2014).

Entre a década de 90 e 2006 a operação dos semicolectivos ganhou espaço nas cidades de Maputo, Matola e outras regiões urbanas circunvizinhas e à medida que novas zonas residenciais surgiam, aumentava a demanda de transportes rodoviários de passageiros o que culminou na expansão deste sector. Portanto, o aumento do preço de combustíveis contribuiu para a redução da rentabilidade dos transportes o que contribuiu para as alterações de suas tarifas e, situações como congestionamento e a limitação aos veículos de capacidade inferior a 25 lugares constituem factores que contribuíram para o aumento de dificuldades dos operadores (Araújo, 2010).



Figura 2. 15: Semicolectivo privado de 18 lugares ou “*chapa*” (o autor)

Dados da Associação dos Transportadores de Maputo (ATROMAP), indicam que entre o período de 2005 a 2010 registou-se um decréscimo do número de semicolectivos em 62%. Apesar da divergência que se pode verificar quando comparados estes dados aos da USAID (2008), que indicam que dos 3,700 veículos que existiam em 2006, apenas 60% estariam operacionais, é evidente a redução ou a insuficiência do número de semicolectivos em circulação o que tem aumentado o número de horas de espera dos passageiros nas paragens nas horas de ponta (Araújo, 2010).

No que concerne à operacionalização dos “*chapas*”, foram criadas associações de transportes semiolectivos os quais operam por áreas geográficas e têm como objectivo gerir as rotas de transportes. Na região da Cidade de Maputo existe a ATROMAP que é responsável pela gestão de rotas desse espaço geográfico e a gestão das rotas da Cidade da Matola e entre Matola e Maputo é da responsabilidade da União das Cooperativas de Transportes da Matola (UNICOTRAMA). Além da gestão de rotas, essas entidades têm como responsabilidade disciplinar a actividade através da supervisão do licenciamento de rotas e a verificação do cumprimento dos regulamentos internos. Portanto, estas associações pertencem à Federação Moçambicana dos Transportadores Rodoviários (FEMATRO) que é a mediadora na relação com as diversas entidades governamentais (Araújo, 2010).

Portanto, com vista a reduzir a insuficiência de transportes rodoviários de passageiros nas cidades de Maputo, Matola e outras áreas que compreende a zona metropolitana de Maputo, o Ministério dos Transportes e Comunicações, em 2022 reforçou as frotas de transporte público de passageiros com 80 autocarros movidos a gás, os quais, foram entregues às empresas municipais de transportes de Maputo e Matola para a sua operacionalização (MTC, 2022).

2.6.2. Transporte urbano ferroviário nas cidades de Maputo e Matola

Os transportes ferroviários urbanos, até 2010, não apresentavam dimensões relevantes à resolução de problemas de transportes nas cidades de Maputo e Matola, sendo que das poucas vezes que estes exerciam suas actividades de transporte de passageiros, não conseguiam dar uma boa cobertura durante as horas de ponta. Aliando-se ao facto da fraca cobertura, os comboios de passageiros apresentavam reduzidas capacidades de carga de passageiros, tornando mais difícil responder à demanda por transportes durante as horas de ponta (Araújo, 2010).

Em resposta à crescente demanda por transportes nos seios das urbes e em particular nas cidades de Maputo e Matola, o governo tem vindo a propor medidas alternativas que visam responder essa demanda na região Metropolitana do Grande Maputo⁴, como por exemplo, a construção de uma

⁴ área ao sul de Moçambique, nas margens da Baía de Maputo que inclui além do município de Maputo, as cidades de Boane, Matola e o distrito de Marracuene.

linha férrea dedicada ao transporte de passageiros através da empresa Portos e Caminhos de Ferro de Moçambique (CFM) (AIM, 2023).

Ainda no âmbito da busca de melhores respostas à demanda por transportes na região Metropolitana do Grande Maputo, em 2017 a empresa *Sir Motors* em parceria com os CFM implementaram o projecto MetroBus, que combina operações ferroviárias e rodoviárias através de automotoras com carruagens e uma frota de autocarros. As operações ferroviárias foram inicialmente realizadas através de quatro automotoras com quatro carruagens cada, com capacidade de transportar 540 passageiro em cada viagem. Em 2023, os CFM introduziram uma automotora com cinco carruagens com capacidade para transportar 633 passageiros por cada viagem (Marcos, 2017; UCCLA, 2017 e Borges, 2023).

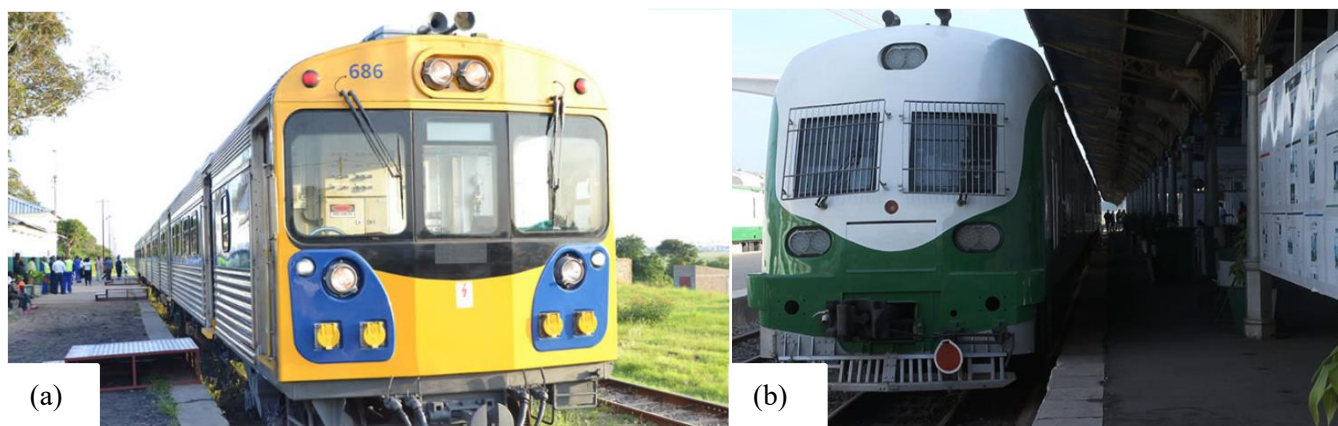


Figura 2. 16: (a) Automotora da MetroBus com capacidade de transportar 540 passageiros e (b) Automotora dos CFM com capacidade de transportar 633 passageiros (Marcos, 2017 e Borges, 2023).

2.6.3. Uso do Gás Natural Veicular (GNV) nos transportes públicos nas cidades de Maputo e Matola

Em resposta às medidas de mitigação das mudanças climáticas estabelecidas pela Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudanças do Clima (UNFCCC) no quadro do acordo do Paris, o Governo de Moçambique aprovou em dezembro de 2018, uma Estratégia Operacional da Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) que preconiza a massificação do transporte de baixo carbono através do uso de gás natural veicular, (INAGE, 2019).

A Agência Metropolitana de Transportes de Maputo (AMT) e a AutoGás, AS, no seu Memorando de Entendimento para a promoção do uso do GNV nos transportes públicos da área metropolitana da província de Maputo estabeleceram uma promoção conjunta de projectos específicos de interesse de ambas as instituições e a mobilização de recursos necessários para a materialização e viabilização dos mesmos. O primeiro projecto do Memorando visava importar 80 autocarros de 40 lugares movidos a GNV, com os quais se esperava promover uma poupança de aproximadamente 50 milhões de meticais/ano nos custos de combustíveis (INAGE, 2019).

As cidades de Maputo e Matola são as que apresentam maior concentração de veículos convertidos para o sistema de GNV (ver a Figura 2.17), a nível de Moçambique. Apesar do aumento apreciável do número de parques de automóveis em Moçambique, o número de carros convertidos não cresce na mesma proporção, sendo que até 2020, o país contava com apenas três mil viaturas já convertidas para o sistema GNV (O.ECONÓMICO, 2020).

Um dos factores motrizes que leva à morosidade no aumento considerável do número de viaturas convertidos a GNV é o custo da compra do kit de conversão, que em média chega a atingir cerca de 130 mil meticais, dependendo do tipo de viatura (Manjate, 2022).



Figura 2. 17: Transporte de passageiros com o sistema de gás natural veicular (O.ECONÓMICO, 2020).

CAPÍTULO 3: METODOLOGIA

Nesta secção pretende-se elucidar as formas pelas quais a pesquisa será realizada, partindo da descrição detalhada dos materiais e métodos que serão empregues para responder os objectivos da pesquisa.

3.1. Descrição da área de estudo

O Município da Matola está localizado no Sul de Moçambique e concretamente na província de Maputo a uma distância média de cerca de 20 km da Cidade de Maputo. Este Município ocupa uma área de cerca de 368, 4 Km² e situa-se entre os paralelos de aproximadamente 25°41'36"S e 25°50'36"S e entre os meridianos 32°24'02"E e 32°35'12"E (Miquidade, 2018).

Na Tabela 3.1 estão representados os distritos e postos administrativos das cidades de Maputo e Matola, A cidade da Matola possui 3 Postos Administrativos nomeadamente Matola Sede, Machava e Infulene, sendo que o primeiro Posto apresenta bairros na sua totalidade com características urbanas e os dois últimos com bairros com características urbanas, per-urbanas e rurais (Miquidade, 2018). A cidade de Maputo localizada a norte da província de Maputo faz fronteira com o distrito de Marracuene, a noroeste e a oeste com o município da Matola e distrito de Boane e, a sul, com o distrito de Matutuine, todos pertencentes à província de Maputo. O Município de Maputo subdivide-se em 7 distritos todos com características urbanas. (Cumbane, 2015).

Tabela 3. 1: Distritos e postos administrativos das cidades de Maputo e da Matola

Cidade de(a)	Distritos e/ou postos administrativos
Maputo	kaMpfumo, Nhlamankulu, kaMaxakeni, kaMavota, KaMubukwana, kaTembe e kaNyaka
Matola	Quantidade de Bairros
	Matola Sede 13
	Machava 14
	Infulene 15

Na Figura 3.1 está representado o mapa que ilustra a localização geográfica das cidades de Maputo e Matola, assim como suas delimitações com outras regiões da província de Maputo.

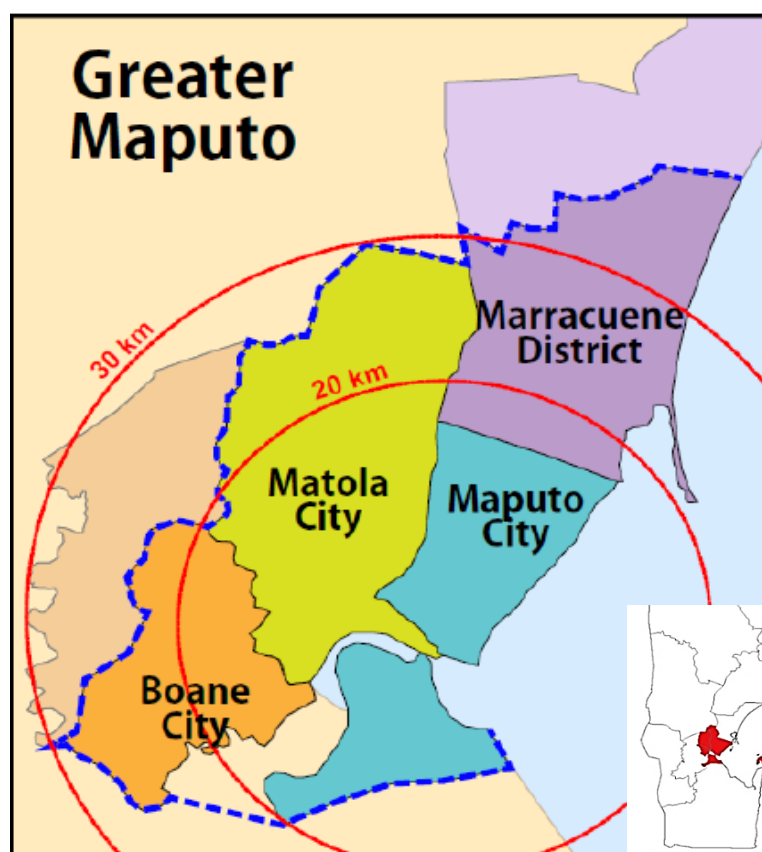


Figura 3. 1: Delimitação geográfica das cidades de Maputo e Matola (adaptado de CMM (2014)).

3.2. Materiais

Para que sejam alcançados os objectivos da presente pesquisa recorrer-se-á a revisão da literatura para o enriquecimento dos conteúdos e ajudar para melhor entendimento e discussão dos resultados e, serão aplicados métodos quantitativos e o *software* Low Emissions Analysis Platform (LEAP), com os quais será possível criar uma linha de base e projectar as emissões, com a finalidade de quantificar a redução das emissões actuais e futuras de GEEs através da conversão de motores a Gasolina para o Gás Natural Veicular (GNV).

Para a determinação das emissões de GEE serão aplicados os métodos *Tier-1* ou *Top – Down*, um dos métodos recomendados pelo IPCC no âmbito da elaboração de inventários de emissões de

GEE resultantes do consumo de combustíveis fósseis e será usado o Excel para a organização dos dados, realização de cálculos complementares e produção de gráficos.

3.2.1. Software LEAP

O LEAP é uma ferramenta (ou software) usada para criar modelos de estudos ligados ao planeamento energético integrado e possibilita a apresentação e elaboração de matrizes energéticas tendo em conta a relação entre a energia e o meio ambiente. Esta ferramenta baseia-se no método *bottom-up* e consiste essencialmente em modelo energético-ambiental baseado em cenários orientados pela demanda de energia (demand-driven) (Santos, Cruz, & Magalhães, 2010).

Dentre diversas análises que podem ser efectuadas através do uso do LEAP, destacam-se:

- Análises de políticas energéticas;
- Análise de políticas ambientais;
- Estudos de Mitigação de Gases de Efeito de Estufa;
- Planeamento energético integrado.

No âmbito da determinação de cenários de demanda energética, o LEAP atribui os fluxos energéticos entre as diversas tecnologias de abastecimento energético incluindo o cálculo do uso de recursos, impactos ambientais e estima as necessidades de ampliação de processos de produção de energia assim como os custos associados. (Santos, Cruz, & Magalhães, 2010).

3.2.2. Dados

Para a realização desta pesquisa foram usados dados de:

- i) Transportes públicos rodoviários de passageiros que faziam a rota cidade da Matola – cidade de Maputo entre 2017 e 2018 registados na FEMATRO;
- ii) Veículos ligeiros de passageiros da Província de Maputo e Cidade de Maputo extraídos das Estatísticas dos Transportes e Comunicações do INE de 2019;
- iii) Autocarros e comboios (ou automotoras) de transporte de passageiros da Metrobus e de Caminhos de Ferro de Moçambique extraídos de informações da imprensa.

Em termos de dados socioeconômicos, foram igualmente usados dados do PIB *per-capita* e da demografia da região urbana extraídos do site do INE, referentes à mesma área de estudo e ao ano de 2018, assim como, foram igualmente usados dados do custo da conversão de veículos para GNV referentes ao ano de 2024, extraídos de informações da imprensa.

Na Tabela 3.2 encontram-se representados os diferentes tipos de veículos de transportes rodoviários e ferroviários de passageiros para a rota da Cidade da Matola e Cidade de Maputo, assim como os respectivos tipos de combustíveis e os valores médios da economia de combustível. Para melhor avaliar o consumo de combustível para as diferentes categorias de veículos dentro das urbes serão utilizados valores médios de consumo de combustível em litros por 100 km, em que para os semicolectivos movidos a gasolina, o consumo médio de combustível é de cerca de 12 l/100 km e 8.4 m³ /100 km quando convertidos a GNV; para os veículos ligeiros particulares a gasolina temos 7.8 l/100 km; para os autocarros a diesel 41.5 l/100 km; enquanto que para os comboios a diesel 320 l/100 km (Nylund, Erkkilä, & Hartikka, 2007; TOYOTA, 2016; Talaiekhozani, Ghafarpassand, Talaei, Neshat, & Eydivandi, 2017; SLOCAT, 2021; Kalra, et al., 2023).

Tabela 3. 2: Tipos de veículos de transporte de passageiros e economia de combustível

Sector	Subsector	Categoria	Capacidade média	Tipo de Combustível	Economia de combustível (km/l ou km/dm ³)
Transportes Rodoviários	Transporte de passageiros	<i>Chapas</i>	18 lugares	Gasolina	8.33
				GNV	11.90
Autocarros		40 lugares	Diesel	4.55	
			Gasolina	12.79	
Ligeiros		5 lugares	GNV	18.30	
			Comboio	540 lugares	Diesel
Transportes ferroviários					

Independentemente da marca ou modelo do veículo, a economia de combustível pode ser afectada através de factores tais como: (i) do modo de condução, (ii) da velocidade a que o veículo segue, (iii) da idade e condições do veículo, (iv) do tempo e da temperatura, das condições da estrada e do tráfego, (v) do uso de ar-condicionado e (vi) entre outros factores que requerem mais esforço da parte mecânica do veículo (EnerGuide, 2024).

3.3. Métodos

Desde 1996, nas suas publicações, como por exemplo, no relatório intitulado “Orientação de *Boas Práticas*” publicado em 2006, o IPCC tem apresentado metodologias fundamentais para a estimativa de emissões de gases de veículos. Estas metodologias têm sido as mesmas com a excepção dos factores de emissão quem têm vindo a mudar. As abordagens metodológicas utilizadas na estimativa de GEEs e bastante enfatizadas nas publicações do IPCC são basicamente a: *Top-down* e a *Bottom-up* (Bin, 2008; Álvares, 2003 citado por Castro, 2011).

Em 2006, por meio de directrizes (Guidelines) o IPCC indicou as metodologias de estimativas de emissões de GEE por certos níveis de detalhamento, denominando-os por *Tier 1*, *Tier 2* e *Tier 3*. Os *Tiers* são denominados níveis de refinamento de emissões, isto é, quanto maior o *Tier*, mais refinada é a metodologia e mais precisos se asseguram os resultados. Portanto, a precisão dos resultados está relacionada com a complexidade dos cálculos, quantidade dos dados e nível de detalhamento de informações de entrada requeridas. (Castro, 2011; ANAC, 2019).

Gases como CH₄, N₂O, CO e NO_x oriundos das emissões veiculares, também contribuem de forma directa ou indirecta para o efeito de estufa. Estes gases são difíceis de estimar com precisão, pois, seus factores de emissão para além de serem extremamente reduzidos quando comparados aos do CO₂, dependem de outros factores como o detalhado conhecimento da tecnologia da motorização, das condições de manutenção dos motores e entre outras características de operação. Portanto, os cálculos das emissões de GEE podem ser feitos recorrendo a seus respectivos factores de emissão e à quilometragem média percorrida (*Tier-2* ou *Bottom-UP*) ou a partir da quantidade de combustível consumido (*Tier-1* ou *Top-Down*) (Ostermayer, 2004).

3.3.1. Método Top-Down (*Tier 1*)

O método *top-down* baseia-se na estimativa de emissões de gases a partir da quantidade de vendas totais de combustível, assegurando que o combustível vendido para fins de transportes rodoviários sem especificar o tipo de veículo rodoviário que vai utilizar esse combustível. Este método considera os factores de emissão de cada combustível os quais estão baseados no poder calorífico de cada combustível, tendo em conta a fração de combustível que é oxidada e o seu conteúdo de carbono (Borsari & Assunção, 2006; Castro, 2011).

Na estimativa das emissões, multiplica-se a quantidade total de combustível consumido, contabilizado em unidades de energia (Joule), pelo seu respectivo factor de emissão (em kg/Joule), (Castro, 2011).

Para tal, é necessário que seja convertido o consumo aparente (CA) de cada combustível, medido na sua unidade original, para a unidade comum de energia, recorrendo, primeiro, a multiplicação do valor do consumo do combustível pelo factor de conversão tep^5 por unidade de combustível (tep/unidade), e depois transformar as quantidades de energia em tep para o terajoule (TJ). Segundo o relatório do IPCC – EFDB o valor médio do tep é aproximadamente $41,866 \times 10^{-3}$ TJ (Bin, 2008; IPCC, 2020).

Para a conversão das medidas de consumo de combustível para a unidade comum de energia pode ser aplicada a equação abaixo:

$$CC = CA \times F_{conv} \times 41,866 \times 10^{-3} \times F_{corr} \quad \text{Equação (3.1)}$$

Onde: **CC** é o consumo de energia em TJ; **CA** é o consumo de combustível (m^3 , ℓ , kg); **Fconv** é o factor de conversão da unidade física da quantidade de combustível para tep segundo o poder calorífico superior (PCS) do combustível e **Fcorr** é o factor de correção de PCS para poder calorífico inferior (PCI). Os valores de **Fconv** variam de acordo com o tipo de combustível utilizado ($1m^3 = 0,770 \text{ tep}$ para gasolina automotiva e $1m^3 = 8.8 \times 10^{-4} \text{ tep}$ para o gás natural seco). Segundo o IPCC, o valor de **Fcorr** para os combustíveis sólidos e líquidos é de 0,95 e 0,90 para os gasosos.

Os combustíveis apresentam diferentes valores do teor de carbono, pelo que apresentam, também, diferentes valores de factores de emissão (**Femiss**). Portanto, a quantidade do carbono emitida na queima de combustível, pode ser calculada segundo:

$$QC = CC \times F_{emiss} \times 10^{-3} \quad \text{Equação (3.2)}$$

Onde: **QC** é o conteúdo de carbono expresso em gigagrama de carbono (GgC); **CC** é o consumo de energia em TJ; **Femiss** é o factor de emissão de carbono (tC/TJ) e $10^{-3} = \text{tC/GgC}$.

⁵ tep - toneladas equivalentes de petróleo.

Em 1996, o IPCC estabeleceu os valores de F_{emiss} para cada combustível que estão representados na Tabela 3.3:

Tabela 3. 3: Factores de emissão, segundo IPCC.

Combustível	F_{emiss} (tC/TJ)
Gasolina	18,90
Óleo Diesel (Diesel)	20,20
Álcool Anidro	14,81
Etanol	14,81
Gasol (Gasolina C)	17,88
Biodiesel (B5)	19,29
Gás Natural	15,30
GPL	17,20

Fonte: IPCC (1996); Mafra, Eidelman, & Alvim (2006); Lira & Vasconcelos (2016).

Atendendo a quantidade de carbono emitida durante a combustão de um determinado combustível, as emissões de CO₂ podem ser estimadas segundo a equação 3.3. Considerando os pesos moleculares do Carbono (12) e do Oxigênio (16), o peso molecular do gás dióxido de carbono (CO₂) é 44. Portanto, 44CO₂ corresponde a 12 tC ou 1 ton⁶ de CO₂ equivale a 0,2727 tC. (Rodrigues & Filho, 2016).

$$ECO_2 = QC \times 44/12 \quad \text{Equação (3.3)}$$

Onde: ECO_2 é a emissão de CO₂ e QC é o conteúdo de carbono.

3.3.2. Método *Bottom-Up* (Tier 2)

Este método consiste na estimativa de emissões a partir da actividade de cada classe de veículo com características similares. Com o nível mais elevado de detalhamento que *top-down*, o *bottom-up* além de se identificar a categoria-chave com diferentes factores de emissão, tem em conta o tipo de veículo, o tipo de tecnologia de controle de emissões e o tipo de combustível consumido (Castro, 2011).

⁶ ton-tonelada

Recorrendo a este método, pode-se, igualmente, determinar as emissões de GEE através da quilometragem média percorrida anualmente por cada classe de veículos, assim como pela quantidade de veículos dessa classe e pelos respectivos factores de emissão expressos em kg/km, aplicando a equação 3.4. Este método é mais complexo, relativamente ao *top-down*, pois exige maior detalhamento de dados (Castro, 2011; Pádua, 2014).

$$E_{Total\ i} = \sum(N_{classe\ a} \times FE_{i\ classe\ a} \times km\ médio_{ano,classe\ a}) \quad \text{Equação (3.4)}$$

Onde: $E_{Total\ i}$ representa as emissões totais do gás “i”; $N_{classe\ a}$ é a frota estimada para a classe-chave “a”; $FE_{i\ classe\ a}$ é o factor de emissão para o gás “i” na classe “a” em kg/km; $km\ médio\ ano, classe\ a$ é a distância média percorrida pela classe “a” em um ano, em km/ano.

O IPCC enfatiza nos seus relatórios de 1996 e 2006 que as emissões do gás CO₂ são melhor calculadas recorrendo a quantidade e tipo de combustível queimado, tendo em conta o seu teor de carbono e as emissões correspondentes de CO₂, (Tier-1 ou Top-Down). Portanto, a determinação deste gás recorrendo à distância percorrida ou o consumo de combustível desagregado (Bottom-Up) é considerada menos correcta relativamente ao uso da quantidade total do combustível vendido (Top-Down) (Ostermayer, 2004; Castro, 2011).

3.3.3. Elasticidade no sector de transporte de passageiros

Kawamoto (1998) e Carvalho (2012) citados por Siqueira (2021) definem elasticidade como função que permite relacionar o preço e a quantidade de bens ou serviços demandados, considerando a sensibilidade entre as diferentes variáveis económicas. Por sua vez, pode-se interpretar a elasticidade como “uma variação percentual que ocorre na quantidade da demanda e resulta em uma variação de 1% no valor do atributo”.

É importante que no sector de transporte de passageiros, estudos sobre a elasticidade sejam realizados relacionando a demanda de passageiros por transportes não apenas ao preço, mas também a outras variáveis tais como a renda, a taxa de emprego e o nível geral de riqueza de um país, que constituem factores económicos determinantes do uso de transportes. Portanto, o preço e a renda constituem as principais variáveis envolvidas no estudo da elasticidade, não sendo

desprezáveis as outras variáveis de ocorrência que podem ser consideradas no estudo da elasticidade (Carvalho, 2016).

Segundo PALOT (2012) citado por Carvalho (2016) a renda, a taxa de emprego e o nível geral de riqueza de um país ou uma determinada região quando traduzidos em um indicador de actividade económico constituem um dos principais determinantes do uso do transporte público.

A elasticidade-preço da demanda é responsável por relacionar a sensibilidade da demanda e as variações de preços. No caso do sector de transportes público, esta pode ser aplicada para relacionar a demanda de passageiros com a tarifa paga pela utilização do transporte público, (Carvalho, 2016). Portanto, essa relação pode ser dada pela equação 3.5 abaixo representada:

$$E_p = \frac{\text{Var.}\% Q_x}{\text{Var.}\% P_x} \quad \text{Equação (3.5)}$$

Onde E_p é a elasticidade-preço da demanda, $\text{Var.}\%Q_x$ é a variação percentual da quantidade utilizada pelo serviço e $\text{Var.}\%P_x$ é a variação percentual do preço do serviço prestado.

No sector de transportes a equação 3.4 representa a relação entre a variação percentual da quantidade de passageiros pagantes transportados ($\text{Var.}\%Q_x$) e a tarifa média real paga pelos passageiros ($\text{Var.}\%P_x$).

A partir dos resultados obtidos aplicando a Equação (3.4), pode-se concluir se a demanda de passageiros é elástica (quando $|E_p| > 1$), inelástica (quando $|E_p| < 1$) ou possui elasticidade unitária (quando $|E_p| = \pm 1$) (Carvalho, 2016).

- Uma demanda elástica é verificada quando a variação percentual da quantidade de passageiros transportados é maior que a variação percentual da tarifa. Esta situação pode ser, numa situação extrema, verificada quando $|E_p| = \infty$, onde se pode afirmar que a quantidade de passageiros transportados pode variar sem que haja modificação na tarifa ou em qualquer outra variável explicativa.
- Uma demanda inelástica é verificada quando a variação percentual da quantidade de passageiros transportados é menor que a variação percentual da tarifa. Uma situação extrema ocorre quando $|E_p| = 0$, onde se pode afirmar que qualquer variação na tarifa ou

em qualquer outra variável explicativa não afectará a quantidade de passageiros transportados.

- A demanda de elasticidade unitária ocorre quando se verifica uma igualdade entre as variações percentuais da quantidade de passageiros transportados e a tarifa.

3.3.4. Análise económica da conversão de veículos para GNV

Para além do estudo da viabilidade da conversão de veículos para GNV é importante, também, fazer uma análise da viabilidade financeira do projecto, tendo em conta factores como o investimento, o lucro e os possíveis riscos sobre o investimento.

No estudo da viabilidade económica da conversão de veículos para GNV, para além do custo total da conversão, devem ser levados em consideração indicadores tais como, a economia em combustível (ou o ganho mensal provocado pela conversão), o tempo de Retorno do Investimento (*payback period*) e o Retorno sobre o Investimento (ROI) (Bastos & Fortunato, 2014).

Na Tabela 3.4 estão representadas as variáveis económicas, economia de combustível para os diferentes veículos assim como, a distância média anual percorrida, necessárias para a determinação dos indicadores necessários para a análise da viabilidade económica da conversão de veículos para GNV. De referir que os custos de combustíveis por quilómetro foram calculados com base na tabela de preço/litro e/ou preço/dm³ de combustíveis do ano de 2024 afixados pela Autoridade Reguladora de Energia (ARENE).

Tabela 3. 4: Variáveis económicas e distância média anual percorrida por diferentes tipos de veículos entre as Cidades da Matola e de Maputo

		Semicolectivo	Ligeiro particular
Economia de combustível	Gasolina (km/l)	8.33	12.79
	GNV (Km/dm ³)	11.90	18.30
Custo de combustível por km	Gasolina MZN/km)	10.35	6.74
	GNV (MZN/km)	3.74	2.43
Distância média anual (km/ano)		65,371.43	14,560.00

i) Custo total de conversão (Cc)

O Custo total de conversão (Cc) ou investimento inicial, representa os gastos realizados no investimento ou acção a partir da qual esperam-se benefícios futuros (De Carvalho, 2019). Portanto, na Tabela 3.5 estão representadas as variáveis económicas afixadas pela AutoGás em 2024, relevantes para a determinação do Custo total da conversão de veículos para o GNV (Da Câmara, 2024). O Custo total da conversão pode ser determinado somando o custo total do Kit GNV com a mão de obra e valor total anual que seria usado para abastecer o veículo após sua conversão para GNV (Klann & Tomasi, 2010).

Tabela 3. 5: Variáveis económicas e o custo total da conversão de veículos para GNV.

Descrição	Semicolectivo	Veículo ligeiro
Custo do Kit GNV completo com mão de obra	80,000.00 MZN	48,000.00 MZN
Custo anual de combustível (GNV)	244,566.05 MZN	35,421.38 MZN
Custo total (Cc)	324,566.05 MZN	83,421.38 MZN

ii) Economia anual em combustível

No âmbito da avaliação económica da conversão de veículos para GNV é importante considerar-se o ganho resultante do uso do GNV relativamente a Gasolina e/ou Diesel, pois este indicador é relevante para o estudo de fluxos de caixa, para este caso de estudo (Bastos & Fortunato, 2014). Portanto, a economia anual em combustível (ou ganho em combustível) pode ser determinada através da Equação (3.6), que relaciona o custo total do GNV e da gasolina e/ou Diesel, consumidos em um ano.

$$Eco = (C_{C.OR} - C_{GNC}) \times d \quad \text{Equação (3.6)}$$

Onde: **Eco**-corresponde ao ganho anual pelo combustível (ou Economia anual em combustível), $C_{C.OR}$ -custo por km do combustível original, C_{GNC} -custo por km de GNV e **d**-corresponde a distância média anual (em km) percorrida entre as cidades de Maputo e Matola.

iii) Período de Retorno do Investimento (*Payback Period*)

O *payback period* é um indicador utilizado no estudo da viabilidade económica de um investimento, pois, mede ou informa sobre o tempo necessário para a recuperação do investimento efectuado na implementação projecto. Este indicador é determinante para a aceitação ou rejeição de investimento sobre um determinado projecto, uma vez que a sua interpretação traz para o investidor uma ideia de liquidez e segurança do seu investimento, pois quanto menor for o tempo de retorno do seu investimento menos arriscado se torna o projecto (De Souza, 2006).

O *payback period* (PBP) simples pode ser calculado através da Equação (3.7) a qual relaciona o investimento inicial num determinado projecto e os lucros (ou entradas de caixa) num determinado período, gerados pelo mesmo projecto (De Carvalho, 2019). Para o caso da conversão de veículos para o GNV, o investimento inicial é tido como custo total da conversão (C_c) e as entradas de caixa como sendo o lucro ou economia com o combustível (Eco).

$$PBP = \frac{C_c}{Eco} \quad \text{Equação (3.7)}$$

Onde: **PBP** corresponde ao Período de Retorno do Investimento, **Cc**-Custo Total da Conversão e **Eco**-Economia Anual em Combustível.

Importa referir que o *Payback period* na sua análise não são considerados factores económicos tais como a inflação e/ou a depreciação da moeda, o que faz com que quanto maior for o tempo de retorno, maior também será o risco do investimento sobre o projecto (De Carvalho, 2019).

iv) Retorno sobre o Investimento (ROI)

O Retorno sobre o Investimento (*Return on Investment* (ROI)) é um indicador económico que permite determinar a rentabilidade resultante de um investimento num determinado período de vida útil do projecto. Para além de proporcionar a taxa de rendimento produzida pelo investimento, o ROI tem sido uma ferramenta de auxílio na tomada de decisões no âmbito da avaliação de um investimento (Schaicoski, 2002).

Portanto, o ROI pode ser determinado matematicamente relacionando o retorno obtido (ou o lucro) e o custo total do investimento (Paduam, 2015). Aplicando este conceito na conversão de veículos, o ROI pode ser determinado recorrendo à equação abaixo indicada:

$$ROI = \frac{Eco - Cc}{Cc} \times 100\% \quad \text{Equação (3.8)}$$

Onde: **ROI**-representa o Retorno sobre o Investimento, **Cc**-Custo Total da Conversão e **Eco**-Economia Anual em Combustível.

3.4. Cenários e pressupostos

Para uma avaliação realista da situação dos transportes e das emissões de GEE neste sector, assim como para uma melhor busca de alternativas viáveis para a mitigação e adaptação face aos eventos climáticos, a pesquisa apresenta um Cenário de Referência que descreve a situação actual e a perspectiva do Governo de Moçambique (GM) no que concerne ao sector dos transportes e as acções em prol da mitigação das mudanças climáticas e propõe dois cenários de mitigação, sendo um Intermédio e outro Optimista que trazem de forma clara propostas de redução de emissões de GEE no sector de transportes para a mitigação das mudanças climáticas e a adaptação através do uso do gás natural em substituição do diesel e da gasolina.

Segundo os dados do INE relativos à projecção do crescimento demográfico entre 2017 e 2050, verifica-se uma redução na taxa do crescimento demográfico ao longo dos anos nas cidades de Maputo e da Matola, de 2.43 em 2018 para 1.88 em 2040. Segundo Alves & Bruno (2023) o elevado crescimento demográfico não constitui atrito ao desenvolvimento de um país, pois este pode concorrer para um elevado índice de população jovem que quando bem capitalizada pode contribuir de forma positiva no desenvolvimento de um país ou uma região. Portanto, o transporte é um dos elementos chaves para o desenvolvimento país, na medida em que este dinamiza a mobilidade de pessoas entre diferentes pontos da cidade e do país.

3.4.1. Cenário de Referência

Este cenário compreende as tendências atuais do sector de transporte rodoviário e ferroviário de passageiros, dominado pelo uso de diesel e gasolina, combustíveis com elevado teor CO₂-eq relativamente ao gás natural atualmente com pouco investimento. A elevada precariedade de infraestruturas de transportes de passageiros, como por exemplo, maior número de semicolectivos em mau estado mecânico, poucos autocarros e estradas em más condições, constituem factores que contribuem para maior consumo de combustível pelos veículos e consequentemente para a libertação de levadas quantidades de GEE como resultado da queima de elevadas quantidades de combustíveis.

As más condições de infraestruturas não contribuem apenas para o aumento do consumo de combustíveis, mas também contribuem para a fraca resposta à elevada demanda por estes serviços o que dificulta a mobilidade e a flexibilidade das actividades laborais da população dependente deste sector para a sua deslocação. Portanto, pode-se evidenciar este facto da fraca resposta à demanda de transporte recorrendo aos dados da demanda publicados em 2013 no “Plano Director dos Transportes Urbanos da Região Metropolitana de Maputo”, que prevê para 2035, aumento da demanda na região do Grande Maputo em 2.1 vezes do que a demanda registada em 2012.

No âmbito de materialização da redução de emissões de GEE, o GM através da Estratégia de Transição Energética (ETE) prevê a implementação, a curto prazo, de medidas de baixo carbono nos transportes públicos através do uso gradual de GNV e de veículos elétricos. Para a região metropolitana de Maputo, a estratégia prevê a transição em 25 % até 2030 e em 75% até 2040 do tráfego rodoviário de passageiro para modos partilhados, isto é, maior uso de transporte rápido por autocarro (BRT) relativamente a veículos particulares. No que concerne a descarbonização dos transportes ferroviários, a ETE prevê ainda a transição em 100% dos caminhos-de-ferro a diesel para a electricidade em todo o país, começando pela linha Sul de Ressano Garcia antes de 2030 (BR, 2023).

A Estratégia de Desenvolvimento a Longo Prazo de Baixas Emissões com Gases de Efeito de Estufa (LT-LEDS) publicada em 2022 prevê a penetração do GNV no sector de transporte em mais de 10% até 2050 em quase toda a frota nacional de veículos. Portanto, aplicando essa taxa sobre a quantidade inicial de veículos a GNV nas cidades de Maputo e Matola, prevê-se para 2040 a

penetração do GNV em 8.9 % de toda a frota de transportes nessa rota cidade de Maputo-cidade da Matola.

3.4.2. Cenários de Mitigação

Os Cenários de Mitigação, nomeadamente, o Intermédio e o Optimista, espelham as taxas de crescimento demográfico e de *PIB per capita* do Cenário de Referência, e estes têm como base a criação e implementação de melhores tecnologias para o sector de transportes com vista a melhorar a economia do combustível dos veículos e contribuir para a redução dos GEE pela queima de elevadas quantidades de combustíveis durante as viagens.

O **Cenário Intermédio** prevê a penetração do GNV em 12% do total de veículos rodoviários da frota em estudo, possibilitando o melhoramento na intensidade energética em pelo menos 14%. Para além da penetração de GNV para os autocarros, este cenário prevê, também, aumento no uso de autocarros em 50% de toda a frota até 2040.

O **Cenário Optimista** perspectiva uma maior penetração do GNV reactivamente aos cenários de Referência e Intermédio, prevendo o seu uso em 15% do total de veículos rodoviários da frota em estudo, possibilitando desta forma o melhoramento na intensidade energética em pelo menos 18%. Com vista a aumentar o uso dos transportes públicos de passageiros e reduzir os veículos particulares, este cenário prevê o aumento no uso de autocarros em 60% até 2040.

Para além de contribuírem para o aumento no uso de autocarros nos transportes de passageiros, estes cenários concorrem para a criação de um sistema de transportes de passageiros que responda com maior eficácia à demanda por transportes. Esse conjunto de factores poderá contribuir para que se opte mais pelos transportes colectivos de passageiros concorrendo desta forma para menos tráfego nas estradas devido à redução da quantidade de veículos particulares e de semicolectivos. Esta dinâmica além de contribuir para redução do tempo de viagens e do consumo de combustíveis, também concorre para redução das emissões de GEE, abrindo uma janela rumo à mitigação das mudanças climáticas e a adaptação deste sector às mudanças climáticas.

Contudo, na Tabela 3.6 está representada a breve descrição dos cenários assim como os pressupostos a serem considerados na modelação. Tendo em conta as projecções da demografia do INE, as previsões da penetração do GNV no sector dos transportes da LT-LEDS, em prol do melhoramento da matriz energética no sector transportes, foi determinada a percentagem da penetração do GNV para os cenários de mitigação assim como as possíveis reduções na intensidade energética, resultantes desta penetração.

3.5. Passageiro-quilómetro

Passageiro-quilómetro (passageiro-km) é uma unidade de medida que representa o transporte de um determinado passageiro por um tipo de transporte bem definido (rodoviário, ferroviário, aéreo, marítimo, fluvial, etc) ao longo de um quilómetro. Portanto, esta medida determina-se multiplicando a quantidade total de passageiros transportados pela distância percorrida (EU, 2024). Por exemplo, 100 passageiros-km pode referir 5 pessoas viajando 20 km ou uma pessoa viajando 100 km. Esta medida pode ser determinada aplicando a seguinte equação:

$$Pkm = PT \times DP \quad \text{Equação (3.9)}$$

Onde: **Pkm**- representa o número de passageiros transportado por km; **PT** – número de passageiros transportados num determinado período e **DP** – distância percorrida no mesmo período de tempo.

Tabela 3. 6: Cenários e pressupostos considerados na modelação do sector dos transportes na rota Cidade de Maputo - Cidade da Matola

Cenários	Descrição	Taxa de crescimento anual do PIB Per Capita	Crescimento demográfico	Projecto de uso de GNV nos transportes rodoviários de passageiros	Intensidade energética
<i>Referência</i>	Cenário realístico de condições precárias de transportes de passageiros.	Crescimento em 3.42% até 2040	Taxa de crescimento anual de 2.76% até 2040	Uso de GNV em 8.9% no total da frota de transportes até 2040	Redução na intensidade energética em 10% até 2040.
<i>Intermédio</i>	Cenários de desenvolvimento, implementação de novas tecnologias (incluindo a maior penetração do GNV) e melhoria do sistema de transportes rodoviários.	Crescimento segundo o Cenário de Referência.	Crescimento segundo o Cenário de Referência.	Uso de GNV em 12% no total da frota de transportes em 2040.	Redução na intensidade energética em 14% até 2040.
<i>Optimista</i>		Crescimento segundo o Cenário de Referência.	Crescimento segundo o Cenário de Referência.	Uso de GNV em 15% no total da frota de transportes em 2040.	Redução na intensidade energética em 18% até 2040.

3.6. Estrutura do modelo do LEAP

A estrutura representada na Figura 3.2 descreve as quatro principais etapas da modelação do sector dos transportes de passageiros com recurso a plataforma LEAP:

- i) A primeira etapa consiste na determinação da demanda por transportes de passageiro partindo da relação entre a quantidade total da frota de transportes de passageiros e a quantidade total de passageiros transporta por essa frota.
- ii) A segunda etapa consiste na determinação da elasticidade entre a demanda por transporte de passageiro e o PIB *per capita*. Com esta relação, entre a demanda por transportes de passageiros e o PIB *per capita*, pretende-se avaliar o impacto que a variação deste factor económico tem sobre o uso dos transportes entre as cidades de Maputo e Matola.
- iii) A terceira etapa consiste na elaboração dos cenários de emissões. Esta elaboração é feita relacionando três variáveis, nomeadamente, a variação percentual da demanda por diferentes tipos de veículos; elasticidade demanda por transporte-PIB *per capita* e a gradual do GNV nos transportes.
- iv) A quarta etapa é relativa à produção de resultados referentes aos cenários de emissão tendo em conta as percentagens da penetração gradual do GNV até 2040 e as respetivas reduções da intensidade energéticas. Ainda nesta etapa, são produzidas as projecções da(s): demanda por transporte de passageiro; emissões de gases de efeito de estufa e das emissões evitadas pelos cenários Intermédio e Optimista em relação ao cenário de Referência.

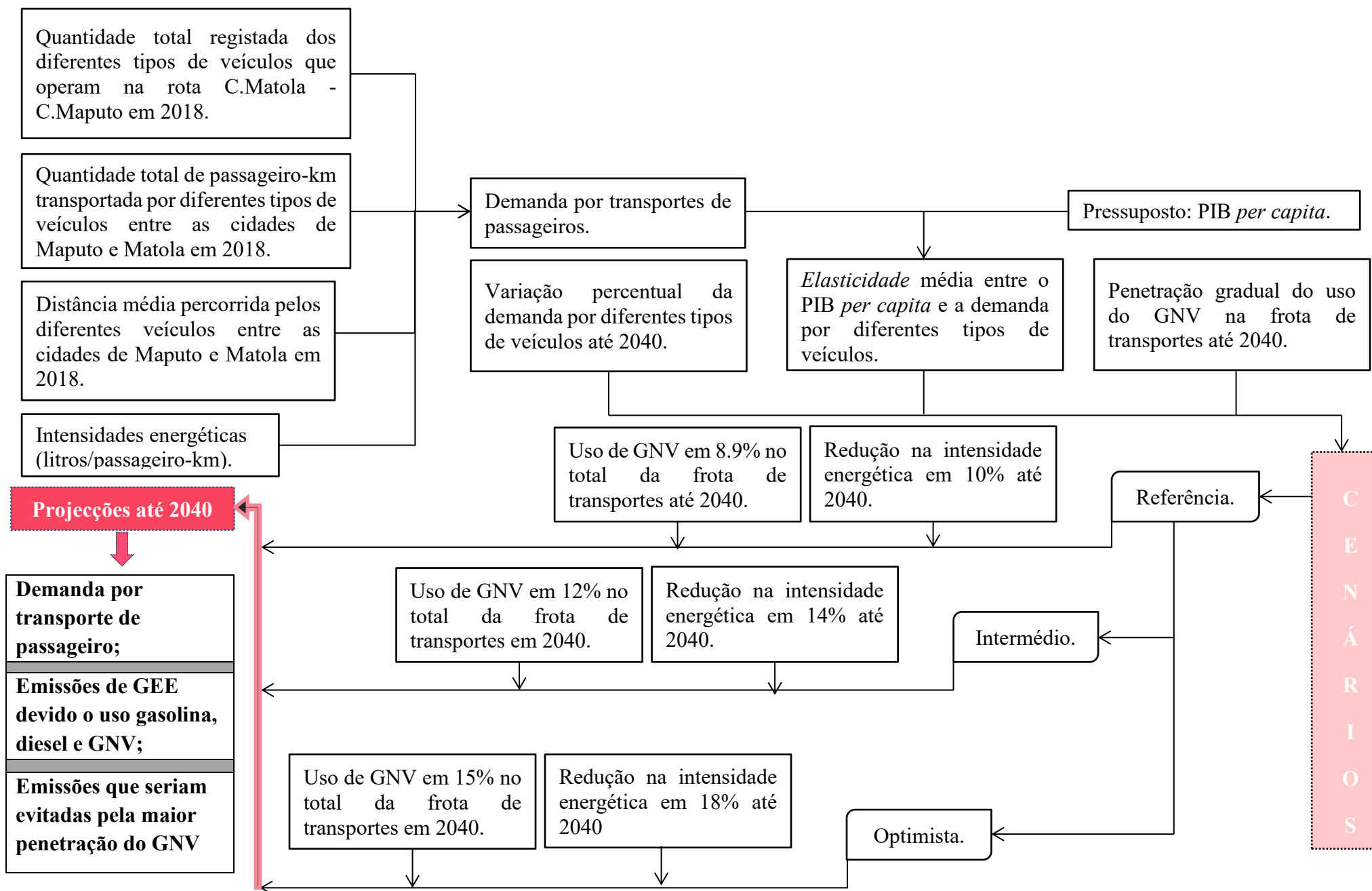


Figura 3. 2: Estrutura do modelo do LEAP

CAPÍTULO 4: RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta secção são apresentados os resultados da pesquisa, alguns quais sob forma de gráficos e tabelas, em resposta aos objectivos traçados e aos problemas de pesquisa colocados. São, igualmente, apresentadas as discussões dos resultados desta pesquisa com os das pesquisas de outros autores, realizadas para mesma área de estudo.

4.1. Demanda por transportes entre 2018 e 2040

O crescimento demográfico nos centros urbanos contribui para o aumento na demanda por transportes, pois este sector fornece serviços que dinamizam a mobilidade de pessoas e de bens em diferentes pontos dentro e fora das urbes. Atendendo aos dados do crescimento demográfico e com base na relação entre o PIB per capita e a demanda por transportes rodoviários de passageiros entre as cidades da Matola e de Maputo, com elasticidade de 2.5 calculada aplicando a Equação 3.4, projectou-se a demanda por transportes para um período de 21 anos, tendo sido observado o aumento na demanda que vai de 155.02 mil em 2018 para 986.61 mil passageiros- km em 2040, correspondente a uma taxa média de crescimento anual de cerca de 9%.

Na Tabela 4.1 está representada uma parte dos dados da projecção da demanda por transporte rodoviário de passageiros entre as cidades da Matola e de Maputo, podendo se notar o aumento da quantidade de passageiro-km ao longo dos anos.

Tabela 4. 1: Demanda por transportes rodoviários de passageiros.

Anos	Demanda por transporte				
	2018	2025	2030	2035	2040
Passageiro-km (10 ³)	155.20	279.56	425.63	648.02	986.61

Na Figura 4.1 está representada a projecção da demanda por transportes rodoviários de passageiros obtida relacionando o PIB *per capita* e a demanda por transporte e atendendo o crescimento demográfico. Com base nestes resultados da projecção, espera-se uma tendência crescente na busca de serviços de transportes de passageiros entre as cidades de Maputo e da Matola. Contudo, há um alinhamento entre estes resultados da projecção da demanda por transportes com a meta número 10 do quadro de principais indicadores e metas da Estratégia Nacional de Desenvolvimento (ENDE) que também prevê um aumento de transporte de

passageiros de 54,402 Pkm para 79,650 Pkm entre 2025 e 2044, em resposta ao crescimento demográfico e à demanda por transporte.

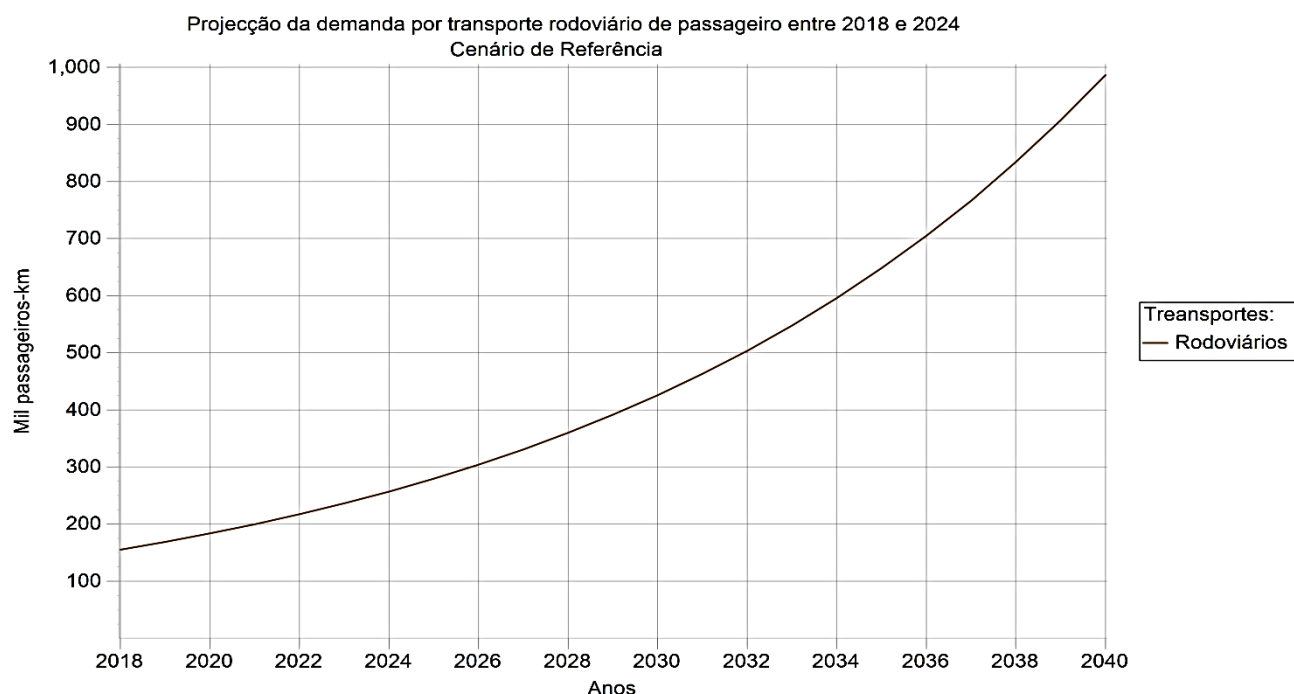


Figura 4. 1: Projeção da demanda por transportes rodoviários entre 2018 e 2040.

No que concerne aos transportes ferroviários de passageiros, tendo em conta a relação entre o PIB *per capita* e o acesso aos transportes urbanos de passageiros, constata-se através da Tabela 4.2, aumento da demanda por estes serviços entre 2018 e 2040, de 115.51 a 226.32 passageiro-km, com uma taxa média de crescimento anual de cerca de 3%.

Tabela 4. 2: Demanda por transportes ferroviários de passageiros.

Anos	Demanda por transporte				
	2018	2025	2030	2035	2040
Passageiro-km	115.51	136.66	161.69	191.29	226.23

O aumento da demanda por transportes ferroviários de passageiros ilustrado na Figura 4.2 pode contribuir de forma positiva para as reduções consideráveis das emissões de GEE no sector de transportes, uma vez que GM, através da Estratégia de Transição Energética (ETE), prevê uma transição energética a 100% de diesel para electricidade renovável até 2030. Além da redução das emissões de GEEs devido à transição energética para energias limpas, o aumento na demanda por

transportes ferroviários pode aliviar o tráfego rodoviário, contribuindo desta forma, para maior flexibilidade na mobilidade urbana e no desenvolvimento das urbes.

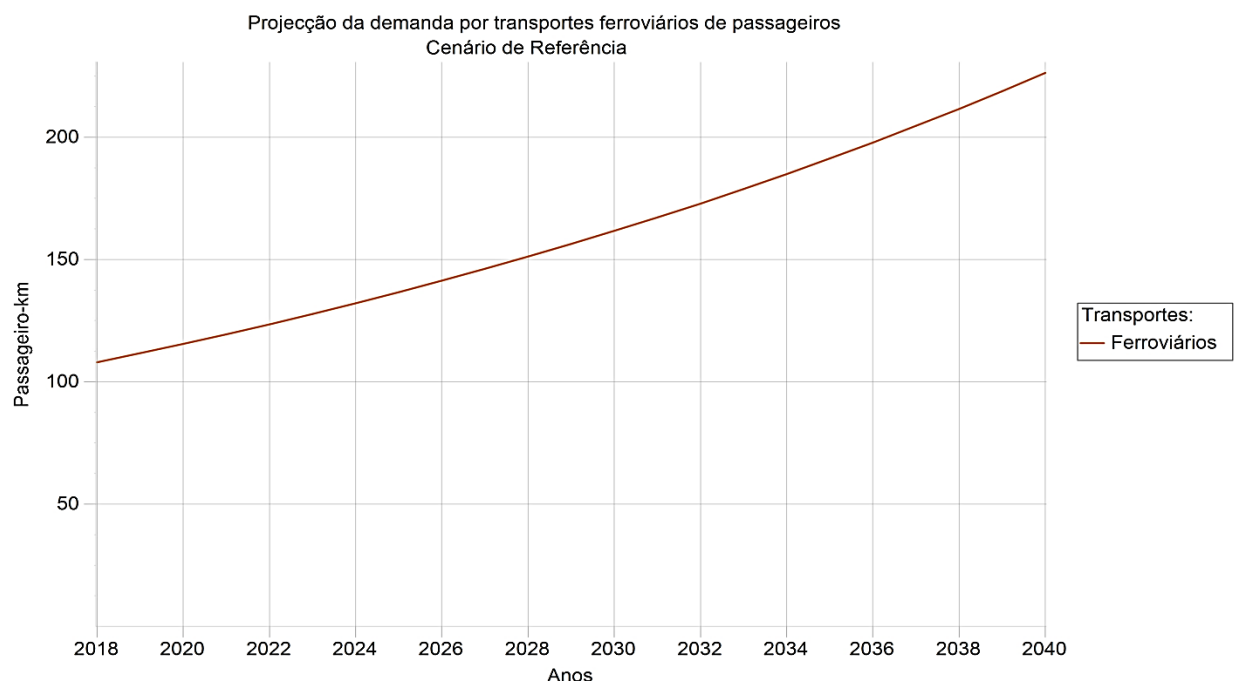


Figura 4. 2: Projeção da demanda por transportes ferroviários entre 2018 e 2040.

Quanto à demanda por transportes privados (ou particulares), como forma de reduzir o tráfego rodoviário e o consumo elevado de combustíveis devido a longas horas de viagens, principalmente nas horas de ponta, GM através da Estratégia de Transição Energética prevê a transição do tráfego rodoviário particular de passageiros para modos partilhados, em 75 % até 2040.

Baseando-se na Estratégia de Transição Energética criou-se a Tabela 4.3 referente ao Cenário de Referência na qual são apresentadas variações percentuais no uso dos transportes privado ou público (modo partilhado) de 2019 a 2040 com o crescente uso dos transportes públicos.

Tabela 4. 3: Variação percentual da demanda de passageiro-km por transportes privados e/ou públicos rodoviários de passageiros.

Anos	Demanda de passageiro-k por transporte (%)				
	2018	2018-2025	2025-2030	2030-2035	2035-2040
Transporte público	--	23.82	17.01	17.02	17.01
Transporte privado	--	-23.82	-17.01	-17.02	-17.01

Na Figura 4.3 ilustra-se a projecção da demanda por transportes rodoviários de passageiros entre 2018 e 2040, onde nota-se a transição massiva no uso de veículos particulares para o modo partilhado. Esta medida de transição de tráfego rodoviário particular para modos partilhados é potencialmente determinante na redução do tráfego rodoviário e das emissões de GEEs resultantes da queima de combustíveis por veículos uma vez que para além do uso de transportes partilhados, vai se adoptando o GNV como combustível de transição nos transportes urbanos de passageiros.

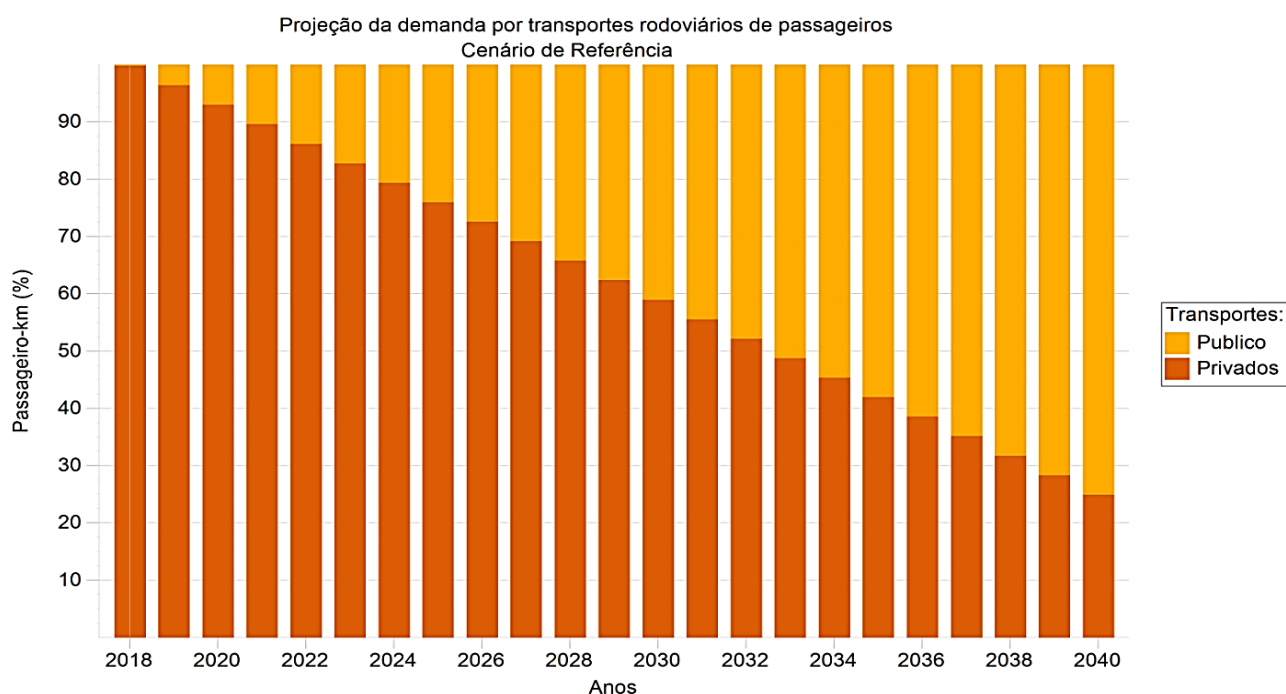


Figura 4. 3: Projecção da demanda por transportes rodoviários entre 2018 e 2040

4.2. Emissão de GEE nos transportes de passageiros

Em resposta ao Acordo de Paris que vigora desde novembro de 2016, o GM, através da Estratégia Nacional de Adaptação e Mitigação das Mudanças Climáticas (ENAMMC), tem desenvolvido diversas actividades em diferentes áreas sectoriais, em prol da resiliência climática e da mitigação de GEE. No sector de energia, uma das acções estratégicas de mitigação é a promoção da urbanização com baixo teor de carbono começando, para o sector de transportes de passageiros, pela promoção do uso do GNV. Deste modo, a LT-LEDS estima que até 2050 a penetração do GNV cubra cerca de 10% do total da frota de veículos no país (GM, 2022).

Considerando as projecções da LT-LEDS e a ETE no que concerne a transição para baixas emissões de GEE, e tendo em conta que a frota de veículos rodoviários em Moçambique é

representada maioritariamente pela província e cidade de Maputo em 79% segundo os dados do INE de 2018, e as taxas de crescimento da penetração do GNV crescem até cerca de 10% em 2050, estima-se que até 2040 8.9% da frota de veículos de transportes rodoviários de passageiros entre as cidades da Matola e de Maputo será movida a GNV.

A projecção do CO₂-eq apresentada na Figura 4.4 resulta da queima de combustíveis fósseis pelos transportes rodoviários de passageiros entre os anos de 2019 e 2040. Estas emissões do Cenário de Referência apresentam uma tendência crescente que pode se justificar pelo aumento da demanda por transportes rodoviários e pelos transportes nas cidades de Maputo e Matola, impulsionado pelo crescimento demográfico e aumento da mobilidade entre as duas cidades.

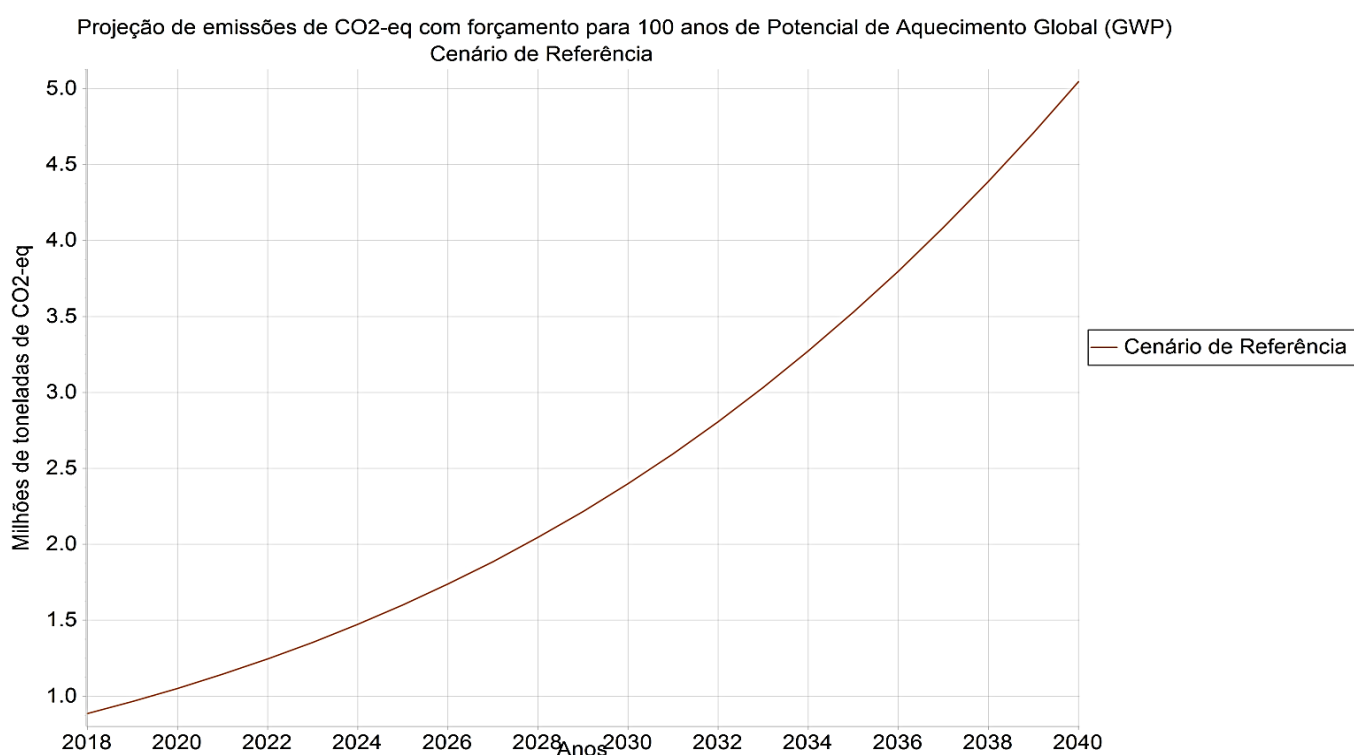


Figura 4. 4: Projecção de emissões de CO₂-eq no Cenário de Referência, com forçamento para 100 anos de Potencial de Aquecimento Global (GWP).

Nota-se na Figura 4.4, um aumento no nível de emissões em pelo menos 4.16 MtCO₂-eq, resultantes da subida de 0.89 MtCO₂-eq em 2018 para 5.05 MtCO₂-eq em 2040. A quantidade de emissões prevista neste cenário para o ano de 2040 corresponde cerca de 40% das emissões totais do sector de transportes a nível do país, previstas para 2040 na LT-LEDS. Partindo do princípio

de que a província e cidade de Maputo apresentam maior frota de transportes, considera-se aceitável a percentagem de emissões do cenário de referência em relação as emissões previstas pelo GM através da LT-LEDS.

Durante o período da projecção deste cenário espera-se uma emissão acumulada de GEE em pelo menos 57.28 MtCO₂-eq, resultantes da queima de combustível no sector de transportes de passageiros nas cidades de Maputo e da Matola. Esta tendência do aumento das emissões no sector de transportes é também prevista pelo GM através dos resultados da LT-LEDS publicada em 2022, que mostram um aumento no nível de emissões de 2.83 MtCO₂-eq em 2015 para 12.73 MtCO₂-eq em 2040 a nível nacional, resultando em um incremento no nível de emissões em pelo menos 9.9 MtCO₂-eq entre 2015 e 2040.

4.3. Mitigação de GEE pela penetração de GNV nos transportes de passageiros

Com objectivo de promover o desenvolvimento de baixo carbono e a adaptação às MC, foram criados dois Cenários alternativos de Mitigação de GEE que apostam no uso do GNV no sector de transportes rodoviários de passageiros. Com a implementação dos Cenários Intermédio e Optimista nota-se através do gráfico representado na Figura 4.5, uma redução nas emissões de GEE até 2040, reactivamente ao Cenário de Referência que espelha a realidade actual do país e as expetativas futuras do GM.

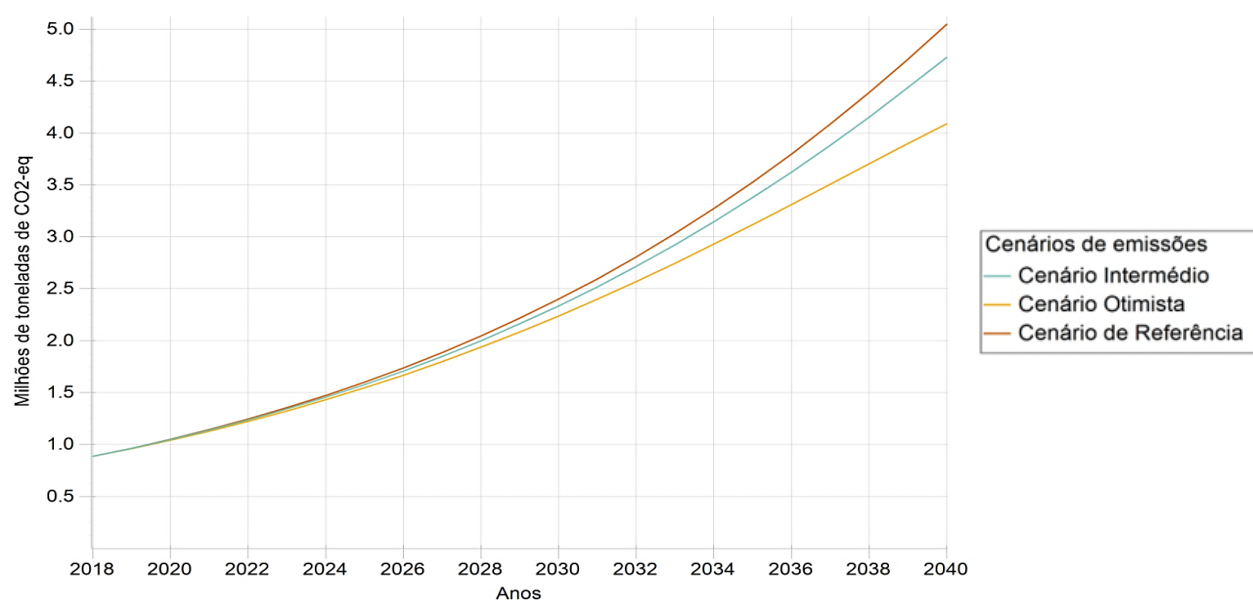


Figura 4. 5: Projecção de emissões de CO₂-eq dos Cenários de Referência e de Mitigação, com forçamento para 100 anos de Potencial de Aquecimento Global (GWP).

As reduções nas emissões de GEE verificadas nos Cenários Intermédio e Optimista estão ligadas aos pressupostos de maior penetração do GNV nos transportes rodoviários de passageiros e a promoção de maior uso de autocarros reactivamente aos veículos particulares e aos semicolectivos, conforme explicado na secção 3.4.2 do Capítulo 3. A Promoção do uso de autocarros e GNV visa reduzir o tráfego e o tempo de viagem, principalmente nas horas de ponta, contribuindo, assim, para a redução na quantidade de combustível usado e consequentemente nas emissões de GEE.

Na Tabela 4.4, estão apresentadas as reduções de CO₂-eq resultantes da implementação dos Cenários Intermédio e Optimista. Apesar do aumento inevitável das emissões de GEE verificado no gráfico da Figura 4.6 ao longo dos anos que se pode explicar pelo aumento na quantidade de veículos de transporte de passageiro em resposta à demanda por estes serviços, é possível também notar as reduções das emissões de CO₂-eq nos Cenários de mitigação em relação ao Cenário de Referência.

Tabela 4. 4: Quantidade de CO₂-eq reduzida entre 2019 a 2040 nos cenários de mitigação entre.

Anos	Cenários de emissão					Total de GEE evitados
	2018	2025	2030	2035	2040	
	Referência					
MtCO ₂ -eq	0.89	1.60	2.40	3.53	5.05	--
	Intermédio					
MtCO ₂ -eq	--	- 0.02	- 0.07	- 0.15	- 0.32	- 2.07
	Optimista					
MtCO ₂ -eq	--	- 0.05	- 0.16	- 0.41	- 0.96	- 5.74

Com a penetração do GNV em 12% na frota dos transportes entre as cidades de Maputo e Matola e a promoção do uso dos autocarros em 50%, o Cenário Intermédio possibilita um melhoramento na intensidade energética em 14% e uma redução nas emissões de GEE em aproximadamente 4% correspondentes a 2.07 MtCO₂-eq, reactivamente ao Cenário de Referência entre 2019 e 2040. Na Figura 4.6 ilustra-se a projecção das emissões possíveis de evitar pela implementação do Cenário Intermédio, relativamente ao Cenário de Referência.

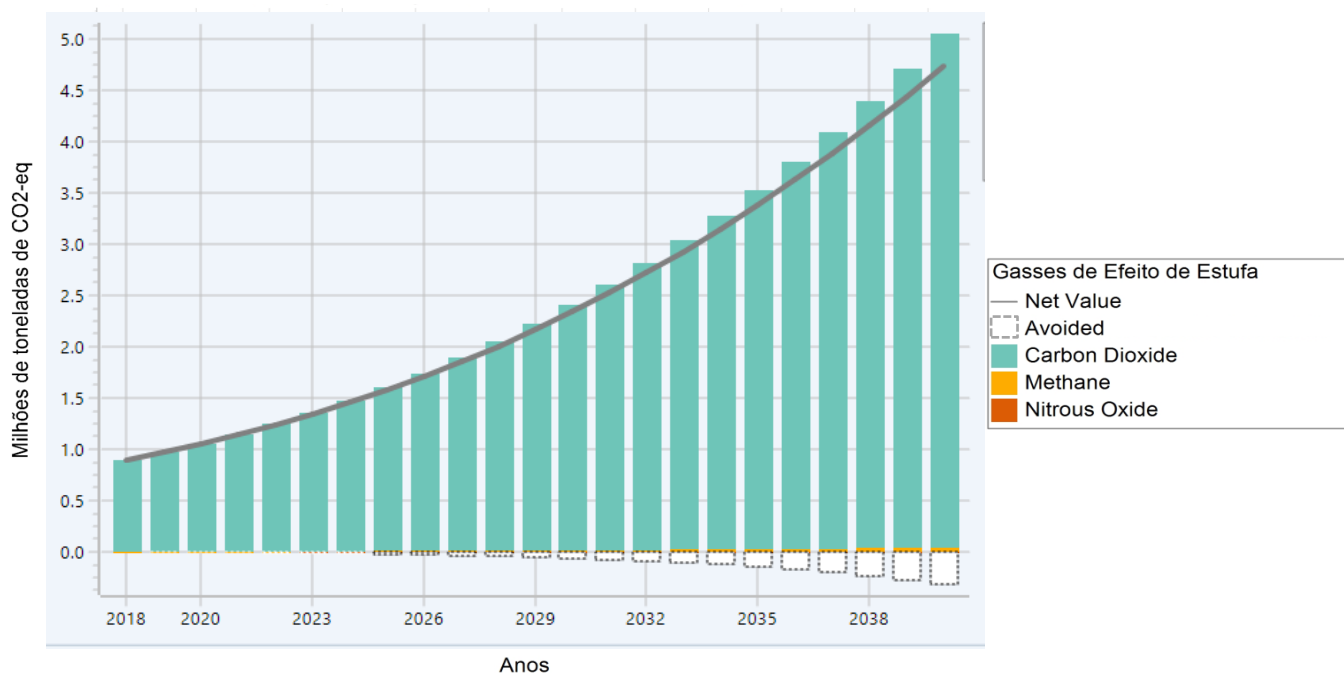


Figura 4. 6: Quantidade de CO₂-eq que seria evitada no Cenário Intermédio em relação ao Cenário de Referência.

O Cenário Optimista projectado no gráfico da Figura 4.7, constitui uma alternativa mais ambiciosa para a mitigação de emissões, tendo como principal objectivo promover o uso do GNV em maior percentagem no âmbito do desenvolvimento do baixo carbono. Este cenário prevê a penetração do GNV em 15 % na frota dos transportes nas cidades de Maputo e da Matola, assim como o uso dos autocarros em 60%, possibilitando o melhoramento na intensidade energética em 18% e uma redução nas emissões de GEE em cerca de 10%, correspondente a 5.74 MtCO₂-eq, reactivamente ao Cenário de Referência entre 2019 e 2040.

O Cenário Optimista constitui uma das medidas mais sustentáveis para o sector dos transportes em prol do desenvolvimento do baixo carbono, pois garante maior uso do gás, um dos recursos actualmente explorados no país, garantindo reduções nas emissões de GEE reactivamente ao uso do diesel e da gasolina. Além de mitigar emissões, este cenário pode contribuir para o crescimento económico do país ao reduzir o custo de importação, de combustíveis como diesel e gasolina, atraindo mais investimentos no sector energético.

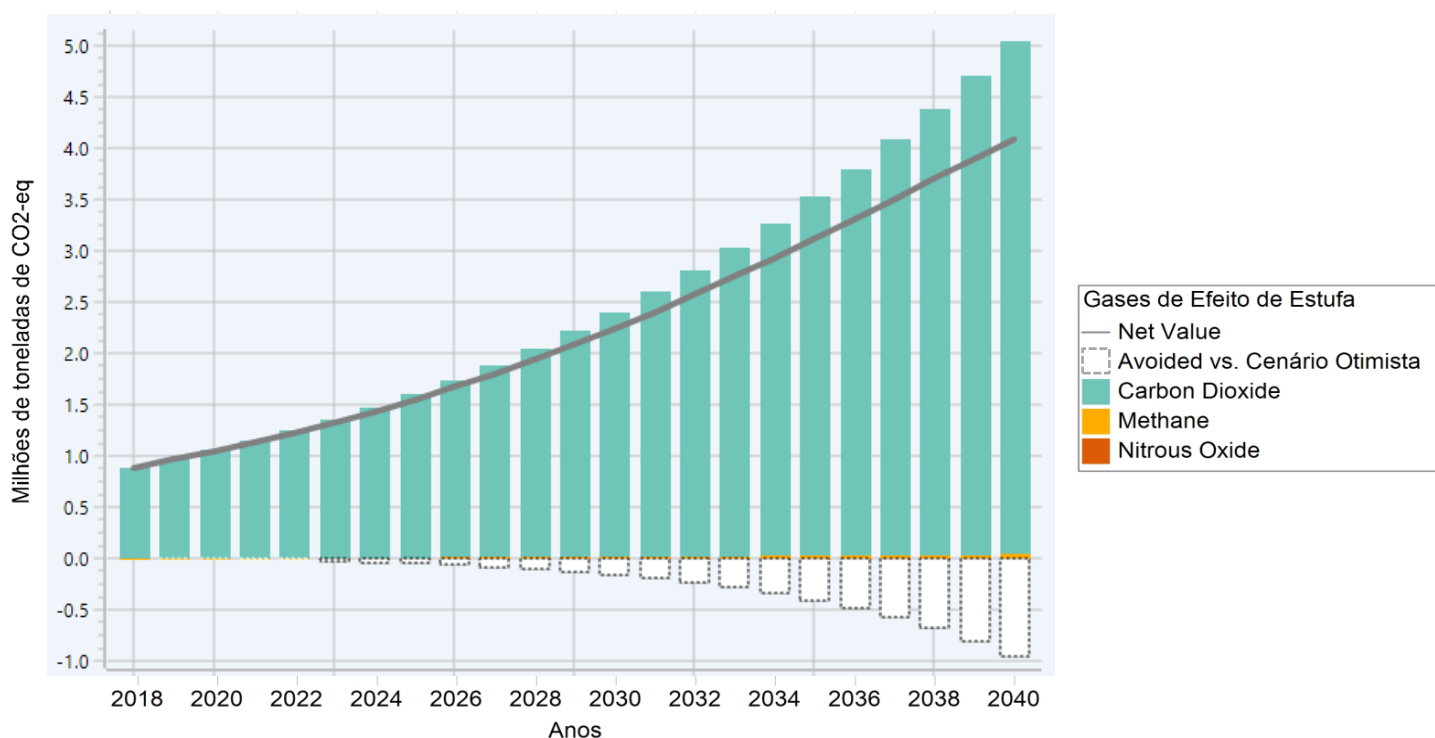


Figura 4. 7: Quantidade de CO₂-eq que seria evitada pelo Cenário Optimista sobre o Cenário de Referência.

4.4. Viabilidade económica da conversão de veículos para GNV

Para além de avaliar a viabilidade ambiental do uso do GNV em relação ao uso de outros combustíveis fósseis nos transportes de passageiros é também importante avaliar o custo-benefício dessa conversão. Portanto, nesta secção são apresentados os resultados que poderão servir de auxílio para a tomada de decisão no âmbito da mitigação das MC pela implementação do desenvolvimento do baixo carbono.

4.4.1. Economia anual em combustível

A economia no consumo de combustível é um dos factores importantes para a tomada de decisão na aquisição de um veículo ou na conversão deste para o sistema mais viável para o ambiente. Portanto, aplicando a Equação (3.6), após a conversão do veículo semiolectivo movido a gasolina para o sistema GNV, espera-se que, em um ano, a poupança de combustível seja cerca de 432,028.24 MZN. Para um veículo ligeiro a gasolina, espera-se, passado um ano, uma poupança

de cerca de 62,782.18 MZN. É importante referir que os valores de poupança foram calculados tendo em conta a tabela de preço/l ou preço/dm³ afixados pela ARENE no ano de 2024.

Na Tabela 4.5, são apresentados resultados do cálculo do custo anual dos combustíveis, tendo em conta em conta a economia de combustível dos veículos, o custo do combustível por litro ou por dm³ e a distância média anual percorrida. Estes cálculos não levam em consideração a inflação ou a depreciação da moeda, isto é, parte-se do princípio de que o preço dos combustíveis mantem-se constante durante um ano.

Tabela 4. 5: Custo do combustível por km e o custo total do combustível consumido em um ano.

Tipo de Veículo	Combustível	Custo (MZN/km)	Custo (MZN/ano)
Semicolectivo	Gasolina	10.35	676,594.29
	GNV	3.74	244,566.05
Ligeiro particular	Gasolina	6.74	98,203.56
	GNV	2.43	35,421.38

4.4.2. Período de Retorno sobre o Investimento (*Payback Period*)

No âmbito do estudo da viabilidade económica da conversão dos veículos a gasolina para GNV, foi determinado o tempo da recuperação do capital investido para a conversão, apresentado na Tabela 4.6, aplicando-se a Equação (3.7).

Tabela 4. 6: Valores do Período de Retorno sobre o Investimento para a Conversão.

Tipo de Veículo	Custo total do investimento (MZN)	PayBack Period (meses)
Semicolectivo	83,421.38	09
Ligeiro particular	324,566.05	16

Segundo os resultados apresentados na Tabela 4.6, o *payback period (PBP)* esperado após a conversão de um semicolectivo a gasolina para GNV é de cerca de 0.75 e de cerca de 1.33 anos para os veículos ligeiros, ou seja, após a conversão dos veículos para GNV, serão necessários cerca de 9 meses para a recuperação do valor total investido na conversão de um semicolectivo e cerca de 16 meses para a recuperação do investimento efectuado para a conversão de um veículo ligeiro.

Comparando os valores do *PBP* obtidos ao tempo médio para a requalificação dos cilindros a GNV, de cerca de 5 anos segundo SCANIA (2023), os Períodos de Retorno sobre o Investimento para os dois tipos de veículos em causa, podem ser considerados economicamente viáveis. No entanto, é importante referir que estes resultados não levam em consideração inflação ou a depreciação da moeda com o tempo, isto é, consideram constantes todos os indicadores usados para a determinação do *PBP*.

4.4.3. Retorno sobre o Investimento (ROI)

Tendo em conta que as variáveis necessárias para a determinação do Retorno sobre o Investimento têm como base do cálculo um período de tempo de um ano, foram determinados a partir da Equação (3.8), os valores do ROI resultante da conversão do semicolectivo e do veículo ligeiro particular.

O valor do ROI resultante da conversão do semicolectivo para GNV é de cerca de 33.11%, o que significa que, para cada metical (1 MZN) investido nessa conversão, existe um retorno de cerca de 0.33 MZN para um período de um ano. Isso significa que para o valor total investido na conversão do semicolectivo, espera-se que passado um ano após a conversão tenha lucro sobre o combustível de cerca de 27, 529. 06 MZN. Na Figura 4.9, está representada a projecção do ROI para um período de 17 anos, a partir da qual observa-se um aumento de 0.33 para 5.53 MZN no retorno (ou lucro) gerado por cada metical (1 MZN) investido na conversão.

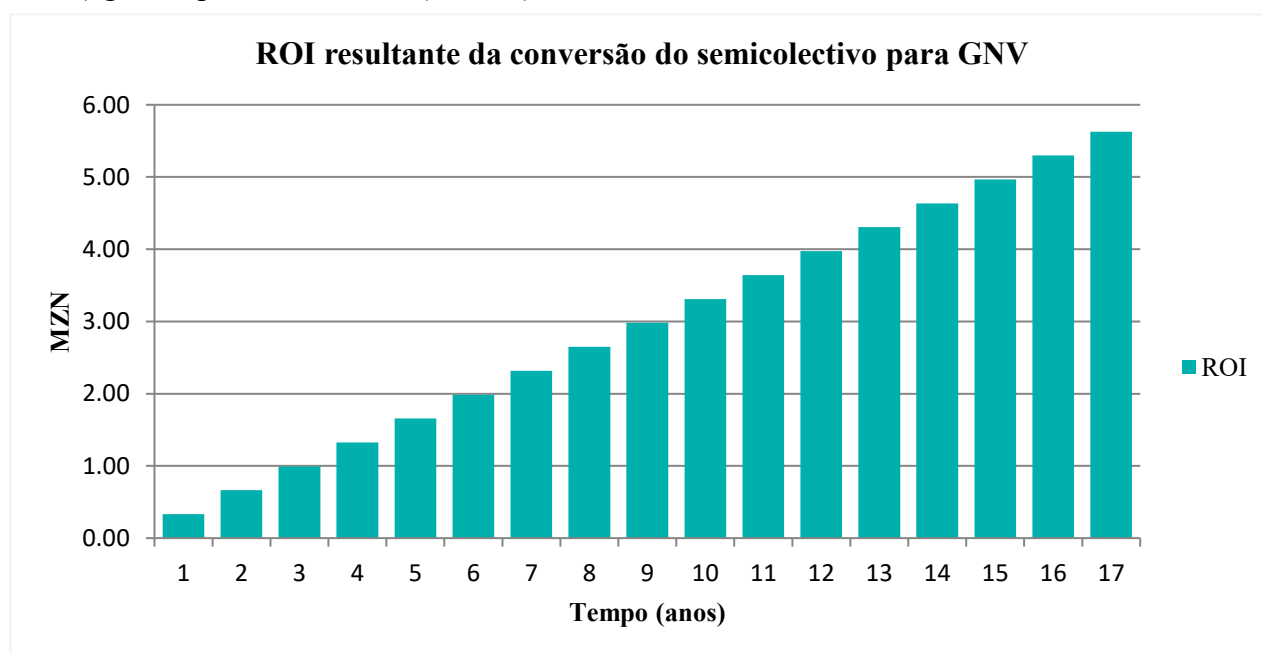


Figura 4. 8: Projecção do ROI resultante da conversão do semicolectivo para GNV.

Os ROIs apresentados nas Figuras 4.8 e 4.9, foram determinados com base na tabela de preços de conversões de veículos estabelecida pela Autogás em 2024 assim como na tabela de preços de combustíveis estabelecida pela ARENE (anexo 1) para o mesmo ano.

Para o veículo ligeiro particular foi determinado o ROI de cerca de -24.74% o que significa para cada metical (1 MZN) investido na conversão do veículo ligeiro para GNV existe um prejuízo de cerca de 0.25 MZN durante um ano. Isso significa que para o valor total investido na conversão do ligeiro particular, espera-se que passado um ano após a conversão do veículo, tenha-se um prejuízo de cerca de 81, 141. 51 MZN. Esse facto ocorre porque ainda não se atingiu o tempo total da recuperação do valor investido, isto é, ainda não iniciou o processo de geração de lucros. Na Figura 4.9, está representada a projecção do ROI para um período de 17 anos correspondente ao período de 2024 a 2040, a partir da qual observa-se só começa-se a gerar o lucro no segundo ano, após o *payback period*.

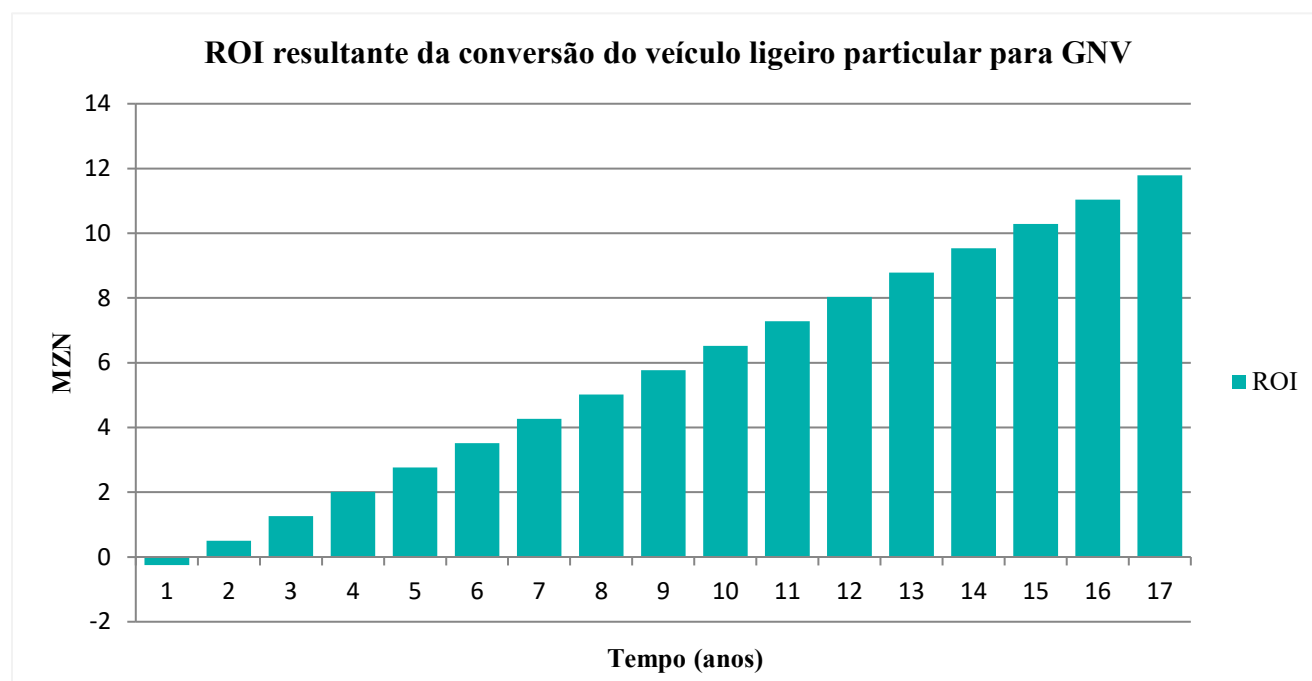


Figura 4. 9: Projecção do ROI resultante da conversão do veículo ligeiro particular para GNV.

Na conversão de um semicolectivo para GNV o PBP obtido foi de cerca de 9 meses e a partir desse período até completar os 12 meses, cada metical investido terá um retorno (ou lucro) de cerca de 0.33 MZN, correspondente a um total de cerca de 27, 529. 06 MZN. Em contrapartida, na conversão do veículo ligeiro particular para GNV o PBP obtido foi de cerca de 16 meses e o ROI

calculado com base em 12 meses, apresenta um prejuízo de cerca de 81, 141. 51 MZN pois o valor investido na conversão ainda não terá sido recuperado na sua totalidade. Isto deve-se ao facto de que o período total esperado para a recuperação do valor investido não ter sido alcançado, pelo que o ROI só será positivo após 16 meses desde a conversão do veículo.

Esses resultados são uma ilustração clara da relação existente entre os dois indicadores PBP e ROI, onde o prejuízo registado no ROI do veículo ligeiro particular ocorre porque o PBP é maior do que o tempo base usado para calcular o ROI, enquanto que na conversão do semicolectivo esperam-se ganhos em combustível um ano após a conversão porque PBP é menor do que o tempo base usado para calcular o seu ROI.

Contudo, importa referir que além de benefícios ambientais do uso do GNV e da elevada eficiência energética dos motores a GNV quando comparados a outros motores a gasolina e/ou diesel, o uso do GNV concorre para a redução do custo de manutenção de veículos e ainda fornece a opção de se usar um outro combustível secundário. Além das vantagens anteriormente citadas, os motores a GNV apresentam baixo desempenho reactivamente aos motores a diesel e a gasolina e espera-se que com as novas tecnologias disponíveis como a introdução de turbocompressores, responsáveis por aumentar a eficiência volumétrica do motor, o desempenho de motores a GNV seja alavancado (Pavani, 2012).

4.5. Análise de Sensibilidade da conversão de veículos para GNV

Para análise económica do projecto foram usados dados do custo total da conversão de veículos (incluindo todos os elementos necessários) e do preço de combustíveis. Importa referir que variações no custo total da conversão dos veículos para GNV e flutuações do preço podem afectar directamente os resultados dos indicadores económicos apresentados nesta pesquisa, isto é, se o preço do combustível baixar, o PBP de cada tipo de veículo apresentado na pesquisa pode ser reduzido e o ROI pode ser alcançado em menos tempo do que o esperado, não obstante, o aumento do preço dos combustíveis pode aumentar o PBP e atrasar o ROI, tornando o investimento pouco rentável para a vida útil dos veículos devido às condições de infraestruturas dos transportes a nível nacional.

Portanto, para a redução de riscos de investimentos pode se recorrer, para além apresentados na pesquisa, a outros indicadores económicos como **payback descontado** pois durante a sua aplicação leva-se em consideração a depreciação da moeda ao longo do tempo, fazendo com que o rendimento do projecto seja mais coerente, pois são descontadas as taxas de inflação ao longo do período útil do investimento (Pereira, 2022).

4.6. Benefícios económico, social e científico da pesquisa

Moçambique é actualmente um dos países produtores e exportadores de gás natural a nível mundial e o uso do gás natural do sector dos transportes não só trará benefícios ambientais ou climáticos, mas sim concorre para o desenvolvimento da economia nacional pela redução de importação de combustíveis como gasolina e/ou diesel e abrindo mais oportunidades de negócios e de empregabilidade, pois fomenta o aumento de postos de abastecimentos para responder a demanda nos diferentes pontos do país.

Com a quantificação de emissões de GEE a nível do sector de transportes entre as cidades de Maputo e da Matola, esta pesquisa trás consigo a dimensão da contribuição, tanto a nível de emissões quanto a nível da mitigação de GEE, da região do grande Maputo, fornecendo dados específicos de uma determinada região para futuras pesquisas científicas, uma vez que maior parte de trabalhos feitos da mesma natureza têm sido realizado em grande escala, isto é, a nível nacional.

Os resultados desta pesquisa podem ser integrados nos NDCs e na operacionalização dos pilares da Estratégia de Transição Energética em níveis locais, pois a representação da contribuição em termos de emissões de GEE do sector de transportes de passageiros a nível das cidades de Maputo e da Matola até 2040 com base nas condições actuais deste sector dá a visão geral da pegada do carbono do sector. As propostas de mitigação também apresentadas ilustram de forma clara o quão com o uso dos recursos naturais nacionais pode se contribuir para o desenvolvimento de baixo carbono no sector de transportes de passageiros. Contudo, a implementação dos resultados desta pesquisa em grande escala pode contribuir para elevadas reduções de GEE e possibilitar o aumento de créditos de carbono do país os quais podem ser comercializados e contribuir para o desenvolvimento socioeconómico do país.

CAPÍTULO 5: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusões

O desenvolvimento socioeconómico e o crescimento demográfico nos centros urbanos têm impulsionado o aumento da demanda por transportes, tornando este sector crucial para a mobilidade nos diferentes sectores. Este facto pode ser fundamentado pelos resultados do Cenário de Referência, em que se espera atingir uma demanda por transportes rodoviários de passageiros de cerca de 986.61 mil passageiros-km e cerca de 226.32 passageiro-km para os transportes ferroviários até 2040, correspondente a um aumento de 84% e de 52%, respectivamente, entre as Cidades de Maputo e Matola.

Este crescimento na demanda por transportes contribui para o aumento significativo de emissões de GEEs, o que surge a necessidade de medidas de mitigação, tendo em consideração os compromissos que GM assumiu no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climática (CQNUMC). Com efeito, segundo o Cenário de referência que é baseado nas perspectivas do GM e na situação actual do sector de transportes de passageiros, prevê-se uma emissão acumulada de cerca de 57.28 MtCO₂-eq entre 2018 e 2040 resultante do aumento de níveis de emissões de 0.89 MtCO₂-eq em 2018 para 5.05 MtCO₂-eq em 2040, com uma taxa de crescimento média anual de cerca de 8%.

Com vista a analisar a mitigação de emissões de GEE através da promoção de um desenvolvimento de baixo carbono, foram criados dois Cenários alternativos de Mitigação de GEE que promovem o uso do GNV no sector de transportes rodoviários de passageiros. Com a implementação dos Cenários Intermédio e Optimista, na frota dos transportes entre as cidades de Maputo e da Matola, espera-se uma a redução nas emissões acumuladas entre 2018 e 2040 em 4% correspondente a 2.07 MtCO₂-eq e em 10% correspondente 5.74 MtCO₂-eq, respetivamente, em relação ao Cenário de Referência.

Para a análise da viabilidade económica com vista à tomada de decisão sobre o investimento, foram calculados indicadores económicos, Período de Retorno sobre o Investimento (PBP) e Retorno sobre o Investimento (ROI) na perspectiva da promoção do desenvolvimento de baixo carbono. Deste modo, os resultados do PBP mostram que, após o investimento para a conversão de um

semicolectivo e um veículo ligeiro particular serão necessários, para recuperar o capital investido, cerca de 9 meses e de 16 meses, respectivamente. E quanto retorno sobre o capital investido (ROI), espera-se para o semicolectivo, que um após a conversão o projecto tenha lucrado cerca de 27, 529. 06 MZN e no mesmo período, espera-se o veículo ligeiro particular, tenha ainda um prejuízo de cerca de 81, 141. 51 MZN. O prejuízo registado para os veículos ligeiros num período de um ano após a conversão ocorre porque o Período de Retorno sobre o Investimento é maior do que o tempo base usado para calcular o Retorno sobre o Investimento, isto é, apenas passados 16 meses que o valor investido passará a gerar lucros. Importa referir que estes dois indicadores não levam em consideração a depreciação da moeda e nem seus impactos no preço de combustíveis, diferente do indicador payback descontado

Com base nos resultados alcançados nesta pesquisa e, com recurso aos cenários considerados, pode-se constatar que o uso do GNV, como combustível alternativo nos transportes rodoviários de passageiros, pode contribuir significativamente para o desenvolvimento de baixo carbono neste sector conforme preconizado pelo GM através da Estratégia Nacional de Adaptação e Mitigação das Mudanças Climáticas (ENAMMC). Uma implementação mais abrangente desta medida pode trazer vantagens ambientais e socioeconómicas contribuindo de forma positiva para a mitigação da mudança climática, pela redução das emissões dos GEEs, bem como na balança de pagamento, pela redução de divisas dedicadas a aquisição de combustíveis que o país importa para alimentar o sector dos transportes.

5.2. Recomendações

Nos últimos anos têm se registado aumento na frequência e intensidade dos eventos climáticos, resultantes das MCs com consequências nefastas, a nível global, incluindo Moçambique, em particular. Como forma de minimizar os impactos futuros, várias actividades têm sido desenvolvidas em prol da redução das emissões de GEE responsáveis pelas MCs. No caso particular de Moçambique, Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental (MICOA) elaborou um estudo no qual indica que os eventos climáticos extremos resultantes e intensificados pelas mudanças climáticas têm impactos negativos sobre as diferentes infraestruturas.

Contudo, como forma de mitigar as emissões e contribuir para o desenvolvimento de baixo carbono, recomenda-se para o sector dos transportes de passageiros:

- a) A conversão de veículos movidos a gasolina para o GNV, com vista a reduzir as emissões de GEE e aumentar o ganho económico que pode resultar dessa conversão;
- b) A promoção do uso de modo partilhado de transportes, com vista a reduzir a quantidade de veículos nas vias públicas, o que concorre para a redução do tempo de viagem, melhorando assim a dinâmica da mobilidade.
- c) A manutenção das infraestruturas dos transportes para que o fluxo dos veículos não seja comprometido o que pode, também, aumentar a vida útil dos transportes, pois as estradas danificadas têm impactos negativos sobre a mecânica dos veículos.
- d) A implementação de veículos elétricos para o efeito de transporte público visto que constituem uma alternativa sustentável para o ambiente e para o desenvolvimento de baixo carbono;
- e) A implementação dos resultados desta pesquisa a nível das cidades ou centros urbanos com elevados índices de mobilidade com vista a promover o desenvolvimento de baixo carbono e aumentar o crédito do carbono do país, garantindo mais oportunidades para fundos do desenvolvimento.
- f) Recomenda-se também a integração dos resultados desta pesquisa nos NDCs, como vista a expandir a contribuição do sector dos transportes a nível da região metropolitana do grande Maputo, para a mitigação dos GEE e sua contribuição para os créditos de carbono.

BIBLIOGRAFIA

1. águaBrasil. (2015). *As Mudanças Climáticas: Riscos e Oportunidades*. Brasil: Banco do Brasil.
2. AIM. (02 de Abril de 2023). *Agência de Informação de Moçambique*. Obtido em 04 de Setembro de 2024, de Agência de Informação de Moçambique: <https://aimnews.org/2023/04/02/cfm-defende-construcao-de-uma-linha-ferrea-dedicada-ao-transporte-de-passageiros/>
3. Alves, C. F. (2018). *Relatório de atividade profissional Ao abrigo do Despacho RT-38/2011*. Braga: Universidade do Minho.
4. Alves, J. E., & Bruno, M. A. (2023). *População e crescimento econômico de longo prazo no Brasil: como aproveitar a janela de oportunidade demográfica?* São Paulo: IBGE.
5. ANAC, A. N. (2019). *Metodologia de cálculo- Inventários de Emissões Atmosféricas*. São Paulo: ANAC.
6. Andrade, R. T., & Santos, E. M. (2009). Quantificação das Emissões de Gases Efeito Estufa – GEEs – Segundo Matriz Energética Diesel ou GNV no Transporte Público por Ônibus em Natal–RN. *Redalyc*, 3, 3-15.
7. Araújo, A. R. (2010). *Estudo do funcionamento dos transportes públicos em Maputo e desenvolvimento de ações de melhoria*. Porto: FEUP.
8. Ayoade, J. O. (1996). *Introdução à Climatologia para os Trópicos*. Rio de Janeiro: BERTRAND BRASIL S.A.
9. Bastos, S. A., & Fortunato, G. (3 de Junho de 2014). Conversão de Veículos Flex para o Gás Natural: Problema de Escassez e Contribuição à Sustentabilidade. *MACKENZIE*, XV, 171-194.
10. Bin, M. V. (2008). *Logística e Meio Ambiente – o Caso do Escoamento da Soja de Mato Grosso a Rotterdam*. FLORIANÓPOLIS, SC: UFSC.
11. Borges, A. (03 de Julho de 2023). *O País*. Obtido em 04 de Setembro de 2024, de O País: <https://opais.co.mz/cfm-introduz-carreira-que-liga-marracuene-a-cidade-de-maputo/>
12. Borsari, V., & Assunção, J. V. (2006). As Emissões de Gases de Efeito Estufa por Veículos Automotores Leves. *InterfacEHS*, 1-17.
13. BR, B. D. (29 de Dezembro de 2023). *Estratégia de Transição Energética 2023-2050. Estratégia de Transição Energética Justa (ETE)*. Cidade de Maputo, Maputo, Moçambique: BOLETIM DA REPÚBLICA.

14. Carvalho, H. d. (2016). *Elasticidade da demanda de passageiros na cidade do Rio de Janeiro: uma análise de curto e longo prazo*. Rio de Janeiro: PCU-Rio.
15. Castro, H. P. (2011). *Inventário de Emissões de Dióxido de Carbono Produzido por Veículos Automotivos no Estado da Paraíba Durante os Últimos 11 Anos*. Campina Grande: uepb.
16. CMM. (2014). *Comprehensive Urban Transport Master Plan for the Greater Maputo*. Cidade de Maputo: JICA.
17. Costa, B. L. (2012). *Quantificação das Emissões de CO₂ Geradas na Produção de Materiais Utilizados na Construção Cível no Brasil*. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE.
18. Cumbane, R. N. (2015). *Análise do Risco de Incêndios Urbanos no Município de Maputo em Moçambique*. Lisboa: ICLIP.
19. Da Câmara, E. (01 de Junho de 2024). *A tendência mais moderna da comunicação em jornalismo, CÂMARA MEN*. Obtido em 2024 de Outubro de 19, de CÂMARA MEN: <https://camaramen.co.mz/7119/autogas-anuncia-reducao-em-50-do-custo-de-conversao-de-viaturas-para-uso-de-gas/>
20. De Carvalho, D. M. (2019). *Análise da Viabilidade Financeira da Aplicação de Kit GNV em Veículos Leves*. João Pessoa: UFPB.
21. De Souza, M. K. (2006). *Uma Contribuição a análise das decisões de investimento privado sob a ótica do ponto de equilíbrio do investimento -PEI-considerando o valor do dinheiro no tempo*. RECIFE: UNIFEP.
22. EnerGuide. (2024). *2024 Fuel Consumption Guide*. Government of Canada.
23. EU, E. U. (10 de Outubro de 2024). *Passenger transport activity*. Obtido em 25 de Junho de 2025, de European Environment Agency: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/sustainability-of-europes-mobility-systems/passenger-transport-activity>
24. Ferreira, L. A. (Agosto de 2011). Transporte, Mudanças Climáticas e a Importância dos Co-benefícios na Definição de Medidas de Mitigação para o Setor. *Revista de Saúde Meio Ambiente e Sustentabilidade*, 6(2), 1-25.
25. GM. (2022). *Estratégia de desenvolvimento a longo prazo de baixas emissões de gases com efeito de estufa (LTS-LEDS)*. Maputo: Carbon Counts Company (UK) Ltd.
26. INAGE. (08 de Outubro de 2019). *Portal do Governo de Moçambique*. Obtido em 19 de Novembro de 2022, de Portal do Governo de Moçambique:

<https://portaldogoverno.gov.mz/por/Imprensa/Noticias/AMT-e-a-Autogas-assinam-memorando-de-entendimento>

27. INE. (2022). *Instituto Nacional de Estatística*. Obtido em 30 de Outubro de 2023, de Instituto Nacional de Estatística: https://www.ine.gov.mz/web/guest/d/quadros_pib-provincial-2011-2021_-_provisorio-2021
28. INE. (09 de Setembro de 2023). *Quadros-PIB provinial 2011-2021*. Obtido em 19 de Outubro de 2023, de Instituto Nacional de Estatística: https://www.ine.gov.mz/web/guest/d/quadros_pib-provincial-2011-2021_-_provisorio-2021
29. IPCC. (2013). *Alterações Climáticas 2013*. Painel Intergovernamental Sobre Mudança do Clima. Lisboa: IPMA.
30. IPCC. (2018). *Aquecimento Global de 1,5°C*. Suíça: IPCC.
31. IPCC. (2019). *O Oceano e a Criosfera em um Clima em Mudança*. Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC). Brasil: IPCC.
32. IPCC. (2020). *Database on Greenhouse Gas Emission Factors (IPCC-EFDB)*. Bratislava: IPCC.
33. IPCC. (2020). *Mudança do Clima e Terra*. Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). Brasil: IPCC.
34. IPCC. (2021). *Mudança do Clima 2021 - A Base Científica*. Suíça: IPCC.
35. Itáú, A. M. (2017). *Mudanças Climáticas e seus impactos*. Brasília : Itáú.
36. Jacondino, G. B. (2005). *Quantificação das Emissões Veiculares Através do Uso de Simuladores de Tráfego*. Porto Alegre: UFRGS.
37. JICA. (2014). *Comprehensive Urban Transport Master Plan for the Greater Maputo*. Cidade de Maputo: Municipal Council of Maputo.
38. Kalra, N., Molina, E., Syme, J., Esteves, F., Cortés, H., Rodríguez, M. T., . . . Vogt, A. (2023). *Costos y beneficios de lograr la carbono-neutralidad en América Latina y el Caribe*. BID.
39. Klann, R. C., & Tomasi, G. (Novembro de 2010). Análise de viabilidade de instalação de kit gnv em veículos com a utilização do valor presente líquido e taxa interna de retorno. *Revista Catarinense da Ciência Contábil*, 9(27), 09-24.
40. Lira, W. G., & Vasconcelos, C. R. (Outubro de 2016). Estimativa e Análise da Compensação da Emissão de CO₂ da Frota de Veículos Oficial da UFPB Através do Plantio de Mudas de Espécies Nativas. *ENEGEP*, 1-8.

41. Mabucanhane, N. (2018). Repensando o modelo dos transportes públicos urbanos de passageiros: um olhar à gestão da demanda nas cidades de Maputo e Matola. *Espaço e Economia*, 1-13.
42. Macamo, G. (2019). A Caminho da "Cidade": Os Custos do Transporte Coletivo de Passageiro para os Residentes dos Subúrbios do Grande Maputo. *FRIENDRICH EBERTO STIFTUNG*, 1-9.
43. Mafra, O., Eidelman, F., & Alvim, C. F. (2006). *Avaliação das Emissões de CO2 pelo Uso do Processo "Top-Down Estendido" entre 1970 e 2004*. Brasília: e&e.
44. Manjate, L. (30 de Maio de 2022). *MZNEWS*. Obtido em 25 de Novembro de 2022, de MZNEWS Investa na Informação de Qualidade: <https://mznews.co.mz/autogas-esta-longe-de-amortizar-investimento-no-gnv/>
45. Manzoli, A. (2009). *Análise das Emissões Veiculares em Trajectos Urbanos Curtos com Localização por GPS*. São Carlos: USP.
46. Marcos, J. (18 de Dezembro de 2017). *O País*. Obtido em 04 de Setembro de 2024, de O País: <https://opais.co.mz/projecto-metrobus-arranca-com-viagem-experimental/>
47. Matula, E. D., Ponzoni, F. J., & Chaves, J. M. (2018). Análise Espaço-temporal dos Índices de Cobertura Vegetal no Município da Matola, Moçambique. *Redalyc*, 371-385.
48. MCM, M. C. (2014). *Comprehensive Urban Transport Master Plan for the Greater Maputo (Final Report Executive Summary)*. Maputo: Japan International Cooperation Agency.
49. Menezes, M. M. (2016). *Avaliação da Poluição Atmosférica Veicular com o Modelo Aermod em Avenida de Aracaju – SE*. São Cristóvão: UFS.
50. MICOA. (2012). *Estratégia Nacional de Adaptação e Mitigação de Mudanças Climáticas 2013 - 2025*. MINISTÉRIO PARA A COORDENAÇÃO DA ACÇÃO AMBIENTAL. Maputo: MICOA.
51. Miquidade, A. A. (2018). *Morfologia Urbana da Matola: Tendências de Crescimento da Cidade*. Porto: UFLUP.
52. MTA. (2021). *Actualização da Primeira Contribuição Nacionalmente Determinada de Moçambique à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (UNFCCC) Moçambique 2020 - 2025*. Maputo: Caos Lda. and CEAGRE.
53. MTC. (25 de Fevereiro de 2022). *MTC*. Obtido em 07 de Agosto de 2022, de Ministério dos Transportes e Comunicações (MTC): <https://www.mtc.gov.mz/index.php/sobre-o->

ministerio/departamento-de-aquisicoes?view=article&id=160:grande-maputo-recebe-mais-80-autocarros&catid=8

54. Nylund, N. O., Erkkilä, K., & Hartikka, T. (2007). *Fuel consumption and exhaust emissions of urban buses | Performance of the new diesel technology*. Finland: VVT.
55. O.ECONÓMICO. (07 de Fevereiro de 2020). *O.Económico Report*. Obtido em 25 de Novembro de 2022, de O.ECONÓMICO: <https://www.oeconomico.com/custos-de-conversao-afugentam-potenciais-consumidores/>
56. OPAS, O. P.-A. (2008). *Mudanças Climáticas e ambientais e seus efeitos na saúde: Cenários e incertezas para o Brasil*. Brasília: OPAS/OMS.
57. Ostermayer, F. (2004). *Estudo das Emissões de Gases Formadores do Efeito de Estufa e Balanço Resultante da Conversão de Motores à Gasolina, de uma Frota de Veículos Leves, para Gás Natural e Álcool Hidratado*. Porto Alegre (RS): UFRGS.
58. Pádua, Z. M. (2014). *Avaliação das Emissões de CO₂ por Veículos de Transporte de Cargas Pelo Método Botton-up em Rodovias com Pista Dupla e Simples*. Araraquara: UNIARA.
59. Paduam, T. C. (2015). *Método para retorno sobre investimento após a implementação do software*. Cornélio Procópio: UTFPR.
60. Pavani, R. H. (2012). *Análise das Vantagens e Desvantagens no Uso do Gás Natural em Veículos de Passeio*. São Caetano do Sul: CEUN-EEM. Obtido em 04 de Setembro de 2025
61. Pereira, R. M. (2022). *Análise de Viabilidade Econômica para um Sistema Alternativo de abastecimento de GNV*. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Educação Superior. Rio de Janeiro: CEFET. Obtido em 04 de Setembro de 2025, de <https://www.cefet-rj.br/attachments/article/2943/An%C3%A1lise%20Viabilidade%20Econ%C3%B4mica%20p%20Sistema%20Alternativo%20de%20Abastecimento%20de%20GNV.pdf>
62. Perim, T. M., Caetano, C. ., Barroca, S. H., Pimenta, D. P., & Almeida, C. F. (2017). Correlações Entre Transporte e Desenvolvimento Econômico Aplicadas ao Turismo: Uma Análise a Partir do Município de Calda Novas / Go - Brasil. *UNIFACS, XVIII*, 256-272.
63. Pozzagnolo, M. (2013). *Análise das Emissões de Gases em Veículos Automotores do Ciclo Otto*. Lajeado: UNIVATES.
64. Rodrigues, P. M., & Filho, P. A. (2016). Quantificação das Emissões de Dióxido de Carbono (CO₂) por Veículos Automotores na Cidade de Boa Vista/Rr – 2005 a 2015. *O Pluris*, 1-12.

65. Santana, A. L., & Aroucha, M. O. (2017). *Custos dos Serviços de Transporte Público por Ônibus*. São Paulo: ANTP.
66. Santos, A. H., Cruz, R. A., & Magalhães, R. N. (2010). As Potencialidades e Restrições do LEAP para o Desenvolvimento de Matriz Energética. *Congresso Brasileiro de Planejamento Energético*, 1-7.
67. SCANIA. (2023). *Manual do sistema gás natural veicular (GNV) original SCANIA*. São Bernardo do Campo – SP: Scania Brasil.
68. Schaicoski, J. C. (2002). *A utilização do ROI na análise de projetos da tecnologia da informação*. Florianópolis: UFSC.
69. Siqueira, A. F. (2021). *Análise de Factores Que Impactam a Demanda no Transporte Ferroviário de Cargas*. Aparecida de Goiânia: UFG.
70. SLOCAT. (2021). *Tracking Trends in a Time of Change: The Need for Radical Action Towards Sustainable Transport Decarbonisation, Transport and Climate Change Global Status Report*. secretariat of the SLOCAT Partnership. SLOCAT.
71. Talaiekhosani, A., Ghafarpassand, O., Talaei, M. R., Neshat, N., & Eydivandi, B. (2017). Evaluation of Emission Inventory of Air Pollutants From Railroad and Air Transportation in Isfahan Metropolitan in 2016. *Journal of Air Pollution and Health*, 1-17.
72. Toledo, A. L. (2019). *Emissões de Gases de Efeito Estufa da Mobilidade Urbana: O Caso de Natal*. Rio de Janeiro: COPPE, UFRJ.
73. TORRES, F. T., & MACHADO, P. J. (2008). *Introdução à Climatologia*. Geographica.
74. TOYOTA. (2016). *Hiace Specifications*. TOYOTA, Toyota believes. New Zealand: TOYOTA.
75. UCCLA. (22 de Novembro de 2017). *UCCLA_ União das Cidades Capitais de Língua Portuguesa*. Obtido em 04 de Setembro de 2024, de UCCLA: <https://www.uccla.pt/noticias/metro-bus-arranca-dentro-de-semanas-em-maputo>
76. Vasconcellos, P. d. (2016). *Efeito Estufa: Causas Antropogênicas*. São Paulo: USP.
77. Vieira, K. d., Dadá, Y. A., & Martins, M. (2014). *Transportes Públicos Rodoviários na Cidade de Maputo: entre os TPM e os My Loves*. Maputo: OMR.
78. Wang, C., Cai, W., & Lu, X. C. (07 de Julho de 2007). CO2 mitigation scenarios in China's road transport sector. *Energy Conversion and Management*, 48, 2119-2118.

APÊNDICE

Apêndice 1: Quantidade de veículos registados e a quantidade média de passageiro-km transportada em 2018

Categoria	Capacidade média	Quantidade de veículos registados	Tipo de Combustível	Quantidade transportada (Passageiro-km)
Semicolectivo	18 lugares	239	Gasolina	156.69
		4	GNC	3.6
Autocarros	40 lugares	105	Diesel	62.50
Veículos particulares	5 lugares	619,934	Gasolina	154,983.50
Comboio	540 lugares	4	Diesel	108

Apêndice 2: Quantidade de veículos de transporte e distâncias médias percorrida por dias úteis em 2018

Categoria	Capacidade média	Quantidade de veículos registados	Média de viagens por dia	Distância média percorrida por dia (km/dia)
Semicolectivo	18 lugares	239	14	280
Autocarros	40 lugares	105	6	120
Veículos particulares	5 lugares	619,934	2	40
Comboio	540 lugares	4	2	40

Apêndice 3: Variação percentual da demanda de passageiro-km por transportes privados e/ou públicos rodoviários de passageiros.

Anos	Demanda de passageiro-k por transporte (%)				
	2018	2025	2030	2035	2040
Transporte público	0.14	23.96	40.97	57.99	75.00
Transporte privado	99.86	76.04	59.03	42.01	25.00

Apêndice 4: Pressupostos e demanda por transportes

	Cenário de Referência				
	Unidade	2018	2025	2030	2040
Crescimento demográfico	x10 ³ Pessoas	2.43	2.31	2.20	1.88
PIB <i>Per Capita</i>	x10 ³ MZN	70.30	88.96	105.25	147.32
Demanda de transportes	x10 ³ Passageiro-km	155.31	187.92	215.32	282.70

Apêndice 5: Emissões de GEE pelos diferentes cenários.

Anos	Cenários de emissão				
	2018	2025	2030	2035	2040
	Referência				
MtCO₂-eq	0.89	1.60	2.40	3.53	5.05
	Intermédio				
MtCO₂-eq	0.89	1.58	2.34	3.38	4.73
	Optimista				
MtCO₂-eq	0.89	1.55	2.24	2.12	4.09

ANEXOS

Anexo 1: Tabela de Preços de combustíveis

EVOLUÇÃO DE PREÇOS DE PRODUTOS PETROLÍFEROS



Mês	2010				2011				2012				2013				2014			
	Gasolina	P.Illumin.	Gasóleo	GPL	Gasolina	P.Illumin.	Gasóleo	GPL	Gasolina	P.Illumin.	Gasóleo	GPL	Gasolina	P.Illumin.	Gasóleo	GPL	Gasolina	P.Illumin.	Gasóleo	GPL
Janeiro	23.10	15.58	22.45	40.93	40.00	24.11	30.98	52.84	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46
Fevereiro	23.10	15.58	22.45	40.93	40.00	24.11	30.98	52.84	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46
Março	23.10	15.58	22.45	40.93	40.00	24.11	30.98	52.84	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46
Abril	26.57	17.92	24.70	42.77	44.00	26.52	34.08	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46
Maio	31.09	20.61	28.16	44.48	44.00	26.52	34.08	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46
Junho	37.02	24.11	30.98	48.93	44.00	26.52	34.08	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46
Julho	37.02	24.11	30.98	48.93	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46
Agosto	40.00	24.11	30.98	52.84	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46
Setembro	40.00	24.11	30.98	52.84	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46
Outubro	40.00	24.11	30.98	52.84	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46
Novembro	40.00	24.11	30.98	52.84	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46
Dezembro	40.00	24.11	30.98	52.84	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46

Mês	2015				2016				2017					2018					2019				
	Gasolina	P.Illumin.	Gasóleo	GPL	Gasolina	P.Illumin.	Gasóleo	GPL	Gasolina	P.Illumin.	Gasóleo	GPL	GNV	Gasolina	P.Illumin.	Gasóleo	GPL	GNV	Gasolina	P.Illumin.	Gasóleo	GPL	GNV
Janeiro	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46	50.02	33.06	45.83	58.54	24.50	62.06	44.73	56.43	68.43	29.62	68.73	50.33	65.56	64.13	31.97
Fevereiro	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46	50.02	33.06	45.83	58.54	24.50	62.06	48.98	56.43	68.43	29.62	68.73	50.33	65.56	64.13	31.97
Março	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46	56.06	41.61	51.89	61.08	25.59	65.01	50.46	61.16	65.18	31.54	68.73	50.33	65.56	64.13	31.97
Abril	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46	56.06	41.61	51.89	61.08	25.59	65.01	50.46	61.16	65.18	31.54	67.07	49.08	64.55	63.26	30.35
Maio	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46	56.06	41.61	51.89	61.08	25.59	66.03	50.33	62.92	60.94	31.97	67.07	49.08	64.55	63.26	30.35
Junho	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46	57.89	39.65	50.48	40.67	27.09	66.59	50.33	62.92	60.33	31.97	67.07	49.08	64.55	63.26	30.35
Julho	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46	56.59	39.65	50.48	40.74	26.77	66.59	50.33	62.92	60.33	31.97	67.07	49.08	64.55	63.26	30.35
Agosto	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46	57.68	40.67	53.38	48.91	27.77	69.53	50.33	64.66	61.13	31.97	66.49	48.44	63.51	61.23	30.35
Setembro	47.52	28.64	36.81	55.46	47.52	28.64	36.81	55.46	57.68	40.11	53.38	58.04	27.74	69.53	50.33	64.66	61.13	31.97	66.49	48.44	63.51	61.23	30.35
Outubro	47.52	28.64	36.81	55.46	50.02	33.06	45.83	58.54	59.52	43.32	53.38	58.04	28.22	69.53	50.33	64.66	61.13	31.97	66.49	48.44	63.51	61.23	30.35
Novembro	47.52	28.64	36.81	55.46	50.02	33.06	45.83	58.54	62.72	44.73	56.43	70.41	29.18	68.73	50.33	65.56	64.13	31.97	66.49	48.44	63.51	61.23	30.35
Dezembro	47.52	28.64	36.81	55.46	50.02	33.06	45.83	58.54	61.12	44.73	56.43	70.11	29.39	68.73	50.33	65.56	64.13	31.97	66.49	48.44	63.51	61.23	30.35

Mês	2020					2021					2022					2023					2024				
	Gasolina	P.Illumin.	Gasóleo	GPL	GNV	Gasolina	P.Illumin.	Gasóleo	GPL	GNV	Gasolina	P.Illumin.	Gasóleo	GPL	GNV	Gasolina	P.Illumin.	Gasóleo	GPL	GNV	Gasolina	P.Illumin.	Gasóleo	GPL	GNV
Janeiro	66.49	48.44	63.51	61.23	30.35	62.50	43.24	57.45	58.18	30.00	69.04	47.95	61.71	71.02	32.69	86.97	75.58	87.97	90.01	43.73	86.25	87.05	91.23	86.05	44.52
Fevereiro	66.49	48.44	63.51	61.23	30.35	62.50	43.24	57.45	58.18	30.00	69.04	47.95	61.71	71.02	32.69	86.97	75.58	87.97	90.01	45.16	86.25	87.05	91.23	86.05	44.52
Março	66.49	48.44	63.51	61.23	30.35	62.50	43.24	57.45	58.18	30.00	77.39	50.16	70.97	80.49	37.09	86.97	75.58	87.97	90.01	45.16	86.25	87.05	91.23	86.05	44.52
Abril	66.49	48.44	63.51	61.23	30.35	62.50	43.24	57.45	58.18	30.00	77.39	50.16	70.97	80.49	37.09	86.97	75.58	87.97	90.01	45.16	86.25	87.05	91.23	86.05	44.52
Maio	64.22	48.44	60.15	61.23	30.35	62.50	43.24	57.45	58.18	30.00	83.30	71.49	78.97	85.53	40.52	85.49	79.64	94.75	90.01	45.16	86.25	87.05	91.23	86.05	44.52
Junho	64.22	45.24	58.95	58.18	30.35	62.50	43.24	57.45	58.18	30.00	86.97	75.68	87.97	85.53	40.52	85.49	79.64	94.75	90.01	45.16	86.25	87.05	91.23	86.05	44.52
Julho	64.22	45.24	58.95	58.18	30.35	62.50	43.24	57.45	58.18	30.00	86.97	75.58	87.97	102.02	43.73	86.25	71.37	91.23	86.05	44.52	86.25	87.05	91.23	86.05	44.52
Agosto	64.22	45.24	58.95	58.18	30.35	62.50	43.24	57.45	58.18	30.00	86.97	75.58	87.97	102.02	43.73	86.25	71.37	91.23	86.05	44.52	86.25	87.05	91.23	86.05	44.52
Setembro	64.22	45.24	58.95	58.18	30.35	62.50	43.24	57.45	58.18	30.00	86.97	75.58	87.97	102.02	43.73	86.25	71.37	91.23	86.05	44.52	86.25	87.05	91.23	86.05	44.52
Outubro	64.22	45.24	58.95	58.18	30.35	62.50	43.24	57.45	58.18	30.00	86.97	75.58	87.97	102.02	43.73	86.25	71.37	91.23	86.05	44.52	86.25	87.05	91.23	86.05	44.52
Novembro	62.50	43.24	57.45	58.18	30.00	69.04	47.95	61.71	71.02	32.69	86.97	75.58	87.97	102.02	43.73	86.25	71.37	91.23	86.05	44.52	86.25	87.05	91.23	86.05	44.52
Dezembro	62.50	43.24	57.45	58.18	30.00	69.04	47.95	61.71	71.02	32.69	86.97	75.58	87.97	95.84	43.73	86.25	87.05	91.23	86.05	44.52	86.25	87.05	91.23	86.05	44.52

Anexo 2: Tabela de dados de transportes rodoviários fornecidos pela ULTRAMAP



UTRAMAP 510/2023

A

Agência Metropolitana de Transporte de Maputo

Assunto: Dados da Cidade da Matola para Cidade de Maputo

UTRAMAP (União dos Transportadores Semi-colectivos da Província de Maputo) constituído aos 28 de Junho de 1998; na primeira série nº 29, é assediado na autarquia da Matola no bairro do Infulene "A", Rua das flores nº 1545 primeiro andar.

Vem por este meio em resposta, a Agência Metropolitana de Maputo Solicitação de dados dos Transportes da Associação Utranap da Cidade da Matola para Cidade de Maputo.

Rotas	Nº de Pessoas	Nº de carros	Viagens/dia	2018
Patrice Lumumba	18	40	14	10.080
Machava Socimol	18	8	14	2.016
Malhanpsene	18	50	14	12.600
C. Matola	18	4	10	720
Fomento	18	25	14	6.300
C. 700	18	35	14	8.820
Mozal	40	5 Coaster	8	1.600
Liberdade	18	50	14	12.600
Matola C	18	12 + 4 a gás	14	3.024
Nova Coca-Cola	18	15	12	3.240
Boane	40	7 Coaster	10	2.800
	10	5 mini-buses	18	900
Marracuene	18	190	10	34.200

Sem mais no momento os nossos melhores cumprimentos.

Maputo aos 26 de Abril de 2023



À

Agência Metropolitana de Transportes de Maputo

Assunto: Envio de dados de mini-Bus, que operavam no Semi colectivo no ano de 2017.

A ULTRAMAP (União dos Transportadores Semi-colectivo da Província de Maputo)

Serve desta para enviar à sua Excia os dados de Mini-Bus que operavam no ano de 2017.

Rotas	Nº de Mini-Bus
Patrice Lumumba	36
Machava Socimol	12
Malhanpsene	45
Cidade da Matola	7
Fomento	23
Cinema 700	32
Mozal	4
Liberdade	45
Matola C	15
Nova Coca-Cola	14
Boane	11
Marracuene	180
Total	424

Maputo, aos 07 de Fevereiro de 2024

O Presidente



Anexo 3: Dados referentes aos valores do PIB per capita entre 2011 e 2021, (INE, 2022)

Quadro 4. Produto Interno Bruto *Per Capita* por Regiões, Províncias e País, 2011 - 2021

Regiões/Províncias	Valores em Meticals a Preços Correntes										
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Norte	12 479	13 634	13 613	14 946	16 470	18 252	17 861	18 487	19 062	19 673	20 292
Niassa	8 838	9 287	8 864	9 878	10 702	11 882	12 963	12 934	12 683	13 523	15 157
Cabo Delgado	11 507	12 663	13 728	14 395	16 032	18 048	16 823	17 297	16 788	16 731	16 893
Nampula	13 995	15 387	15 097	16 873	18 619	20 550	19 819	20 731	22 029	22 862	23 358
Centro	12 347	13 509	13 373	15 128	16 675	19 713	21 134	21 209	23 438	22 735	23 436
Zambézia	9 143	9 967	9 952	11 379	12 374	15 103	16 094	15 608	16 283	15 952	16 499
Tete	11 039	12 629	12 420	14 396	15 617	18 543	20 847	21 437	28 159	26 031	28 367
Manica	9 660	9 969	10 067	11 086	11 923	14 923	16 709	17 164	18 887	18 064	18 800
Sofala	23 733	26 035	25 562	28 567	32 540	36 554	36 806	37 187	38 052	38 230	37 259
Sul	37 138	39 601	40 435	46 286	52 646	60 560	68 544	73 183	75 165	75 491	77 029
Inhambane	23 387	25 346	26 305	31 827	35 876	43 433	62 387	70 755	56 157	64 947	67 272
Gaza	15 743	16 658	16 337	18 544	20 423	23 607	26 421	27 913	29 689	30 966	33 387
Maputo Província	46 518	48 042	49 151	55 533	63 181	68 592	67 848	70 271	78 988	70 407	69 625
Maputo Cidade	65 896	71 807	73 305	82 831	95 164	112 308	131 436	139 470	151 790	156 999	161 885
Moçambique	18 136	19 574	19 703	22 181	24 789	28 486	30 165	31 329	32 833	32 718	33 498

Anexo 4: Taxas de crescimento anual do PIB *per capita*

	2011	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	
Pib per capita (MZN)	46518	48042	49151	55533	63181	68592	67848	70271	78988	70407	69625	
Taxa de variação (%)	----	3.28	2.31	12.98	13.77	8.56	-1.08	3.57	12.40	-10.86	-1.11	
											Taxas média de crescimento anual	3.42

Anexo 5: Plataforma usada para calcular o consumo de veículo após conversão de gasolina para GNV,

Economia com uso de GNV

Distância percorrida por dia (KM)

Tipo de transito

Tipo de combustível

Preço do litro

KM por litro de Gasolina

Capacidade cilindro GNV

Preço do M³ de GNV

CALCULAR **LIMPAR**

Resultado

Informação	Valor
Distância por Km/M³	11.90 Km/M³
Autonomia com GNV	160.70 Km
Seu gasto com gasolina é de	R\$ 4,00
Seu gasto com GNV será de	R\$ 1,00
Economia mensal de	R\$ 3.030,19
Economia anual de	R\$ 36.362,30
Prazo médio de amortização	0.9 meses

CALCULAR NOVAMENTE

Resultado

Informação	Valor
Distância por Km/M³	18.30 Km/M³
Autonomia com GNV	247.10 Km
Seu gasto com gasolina é de	R\$ 380,20
Seu gasto com GNV será de	R\$ 137,40
Economia mensal de	R\$ 242,78
Economia anual de	R\$ 2.913,35
Prazo médio de amortização	10.7 meses

CALCULAR NOVAMENTE

Anexo 6: Dados de veículos rodoviários ligeiros extraídos do anuário do INE

Quadro 4.3. Parque Automóvel por província, 2017 - 2019

Classe	Ligeiros			Pesados			Tractores			Quantidade (%) 2018
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019	
Niassa	3,334	5,444	5,667	1,104	2,757	2,886	211	1,831	1,860	1%
C. Delgado	7,949	8,414	9,240	2,121	4,718	5,152	250	2,101	2,472	1%
Nampula	6,577	32,096	33,269	2,107	16,579	17,180	188	7,665	7,968	4%
Zambézia	29,832	3,414	3,482	7,373	569	617	1,015	1,020	1,031	0%
Tete	11,168	11,427	11,818	2,727	4,822	4,999	326	2,882	3,026	1%
Manica	41,336	17,552	17,848	10,549	9,150	9,320	1,621	5,319	5,417	2%
Sofala	19,665	47,128	50,482	5,333	17,665	18,072	1,252	12,197	13,384	6%
Inhambane	17,118	18,242	19,205	3,372	14,195	14,995	131	2,652	2,761	2%
Gaza	17,960	19,106	20,072	4,016	12,470	13,104	250	4,036	4,346	2%
P. Maputo	285,366	298,409	311,893	63,109	205,839	215,041	2,198	57,780	59,889	79%
C. Maputo	295,359	321,525	352,631	65,816	234,816	260,656	3,775	56,177	59,195	
TOTAL	735,664	782,757	835,607	167,627	523,580	562,022	11,217	153,660	161,349	