

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITECNICA

MARCELLO ESCUDERO ZANARDO

PERSPECTIVAS ENERGÉTICAS PARA O FUTURO DA MOBILIDADE

SÃO PAULO

2019

MARCELLO ESCUDEIRO ZANARDO

PERSPECTIVAS ENERGÉTICAS PARA O FUTURO DA MOBILIDADE

Monografia apresentada ao Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética.

Área de concentração:
Mobilidade, Combustíveis,
Energias renováveis, Geração
distribuída, análise de
investimentos

Orientador: Prof. MSc Ronaldo Andreos.

SÃO PAULO

2019

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catalogação-na-publicação

ZANARDO, MARCELLO ESCUDEIRO
PERSPECTIVAS ENERGÉTICAS PARA O FUTURO DA MOBILIDADE /
M. E. ZANARDO -- São Paulo, 2019.
103 p.

Monografia (Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1.MOBILIDADE 2.GERAÇÃO DISTRIBUÍDA 3.ENERGIA 4.EMISSÃO
DE POLUENTES 5.COMBUSTÍVEIS I.Universidade de São Paulo. Escola
Politécnica. PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia II.t.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a vida, sempre muito generosa comigo.

Aos meus pais que sempre me apoiaram e me incentivaram em todos meus desafios e principalmente pelos inúmeros ensinamentos que levo para toda minha vida.

A minha irmã que é um exemplo de guerreira e me ensinou que sempre conseguimos fazer algo a mais, mesmo quando parece ser impossível.

A minha companheira que sempre esteve ao meu lado não apenas compreendendo o tempo investido, mas me ajudando a todo momento.

As minhas sobrinhas que sempre me deram alegria e energia para fazer essa monografia

Aos meus amigos da turma XV e a todos os outros que conheci e durante essa jornada

Ao meu orientador que sempre teve paciência e coerência em seus posicionamentos.

“Não arriscar nada é arriscar tudo”

Al Gore

RESUMO

A humanidade está passando por uma transição no cenário da mobilidade, temos que definir quais os melhores caminhos seguir, o presente trabalho compila e dá sugestões dos melhores caminhos. Para isso, foi analisado a história que a humanidade teve em relação ao transporte, os contextos nacionais e internacionais de tecnologia, política e ecologia, abordando os principais combustíveis num ambiente de emissões de gases do efeito estufa, custo de implementação da tecnologia VS custo operacional, olhando não apenas para o que está acontecendo no momento mas também olhando para o futuro, com o viés de evoluir em produtos, mas também em gestão do transporte dando eficiência sem necessariamente ter necessidade de se realizar investimentos a escolha da rota a ser seguida foi fundamentada principalmente a partir da conferência das nações unidas sobre mudanças climáticas e nos objetivos do desenvolvimento sustentável (ONU) objetivando um futuro com menores emissões , equidade dos recursos no transporte, como esforço de erradicação da pobreza e desenvolvimento de toda a humanidade.

ABSTRACT

Humanity is going through a transition in the mobility scenario, we have to define which are the best ways to go, the present work compiles and gives suggestions of the best ways. For this, we analyzed the history that humanity had in relation to transportation, the national and international contexts of technology, politics and ecology, addressing the main fuels in a greenhouse gas emission environment, the cost of implementing technology VS operating cost. Looking not only at what is happening now but also looking to the future, with the bias of evolving in products, but also in transport management giving efficiency without necessarily having to make investments. The choice of the route to be followed was based mainly on the United Nations conference on climate change and the goals of sustainable development (UN) aimed at a future with lower emissions, fairness of transport resources, as an effort to eradicate poverty and the development of all humanity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Percentual do consumo de energia dos principais segmentos.....	10
Figura 2 - Percentual do consumo de energia dos principais segmentos no Brasil	11
Figura 3 - Logo da COP24 onde foi apresentado uma proposta para a mobilidade global	13
Figura 4 - Emissões de CO2 no segmento de transporte de acordo com região	13
Figura 5 - Capitais que fizeram o plano de mobilidade Lei 12587/12	15
Figura 6- Fontes de gases do efeito estufa por segmento.....	17
Figura 7- Emissões por tipo de transporte.....	17
Figura 8- Percentual do tipo de transporte	18
Figura 9- Emissões relacionadas ao transporte na Europa	19
Figura 10- Venda de veículos no mundo	19
Figura 11- Regulamento técnico ANP N° 5/2001 (Concentração de Benzeno).	20
Figura 12– Comparação entre gasto energético de um humano e um cavalo.	24
Figura 13– O Teatro do globo terrestre.	26
Figura 14- Consumo de energia no transporte de acordo com a fonte (2000 - 2015)	28
Figura 15- Fonte de energia no transporte do Brasil	29
Figura 16– Recursos energéticos destinados ao setor de transporte.....	30
Figura 17– Consumo de gasolina - Classificações de países 2006	32
Figura 18 – Consumo de gasolina - Classificações de países 2016	32

Figura 19– Evolução da produção de açúcar, etanol anidro e etanol hidratado	34
Figura 20– Variação do preço da gasolina desde 2001	35
Figura 21– Variação do preço do etanol desde 2001	35
Figura 22– Razão entre preço da gasolina e do etanol desde 2001	36
Figura 23– Descritivo de componentes para implementação do GNV	38
Figura 24 – Fluxo de caixa para implementação do GNV	38
Figura 25 – Histórico de vendas de combustíveis no Brasil (bilhões de litros e GNV bilhões de m ³)	39
Figura 26 – Disponibilidade de postos GNV no Brasil	40
Figura 27– Imposto de gasolina no Brasil.....	41
Figura 28 – Imposto de GNV no Brasil	42
Figura 29– Consumo do GNV no Brasil por região	43
Figura 30– Comparativo de custo por combustível	45
Figura 31– Fluxo de caixa	46
Figura 32– Densidade energética por combustível	48
Figura 33– Medidas de concentração de MP10 na região metropolitana de SP	49
Figura 34– Demanda nacional de biodiesel.....	50
Figura 35– Matéria prima para produção de Biodiesel	51
Figura 36– Impacto nas emissões de poluente no biodiesel	52
Figura 37– Diagrama de fase do hidrogênio.....	53
Figura 38 – Poder calorífico de diferentes combustíveis	54
Figura 39– Densidade dos combustíveis com variação de pressão	55
Figura 40– Método de transporte de hidrogênio.....	55

Figura 41– Inflamabilidade dos combustíveis	56
Figura 42– Percentual de utilização das matérias primas para produção de hidrogênio.....	58
Figura 43– Tipos de veículos híbridos	59
Figura 44– Hibrido por tipo de tração	60
Figura 45– Comparativo de um carro gasolinhas/etanol vs hibrido	61
Figura 46– Fluxo de caixa para carro gasolinhas/etanol vs hibrido	62
Figura 47– Comparativo entre emissões de poluentes e os limites no mundo	63
Figura 48– Enfield 800.....	64
Figura 49– Comparativo de um carro gasolinhas/etanol vs elétrico	66
Figura 50– Fluxo de caixa para carro gasolinhas/etanol vs elétrico	66
Figura 51 Comparaçao entre emissões por tipo de energia primária	67
Figura 52– CO ₂ equivalente de veículos elétricos por pais.....	68
Figura 53– CO ₂ equivalente de veículos elétricos por pais plotado no mapa	69
Figura 54-Análise de ciclo de vida de patinete elétrico.....	70
Figura 55– Análise probabilística de Monte Carlo de um patinete elétrico	71
Figura 56 – Modo de operação de um veículo autônomo.....	72
Figura 57– Comparaçao do custo do quilometro por passageiro (em franco suíço CHF) de diferentes modos de transporte com e sem veículos autônomos.....	73
Figura 58– Hyperloop	74
Figura 59– Principais questões para a utilização dos Drones de maneira massiva	75
Figura 60– Objetivos do desenvolvimento sustentável.....	76
Figura 61– Emissões no setor de transporte	77
Figura 62– Variação de emissões com o avanço do tempo	78

Figura 63– Roteiro com os principais pontos para atingir os objetivos da mobilidade	79
Figura 64 – Conexão entre o roteiro principais pontos com as ODS	80
Figura 65– Impactos da ação por componente	80
Figura 66– Carbono equivalente por quilometro e relação ao tipo de transporte	82
Figura 67– Números propostos para transformação urbana.	83
Figura 68– Suprimento de energia de baixo carbono	84
Figura 69– Caminho para eficientização por tipo de transporte ao longo do tempo	85
Figura 70– Cadeia Logística da produção de café para o Starbucks	87
Figura 71– Cadeia de abastecimento do Starbucks	88
Figura 72– Objetivos para a cadeia logística.....	89
Figura 73– Metas para diminuição ou compartilhamento de viagens	90
Figura 74– Mudanças na infraestrutura ao longo do tempo	92
Figura 75– Perspectivas para as ferramentas econômicas de baixo carbono	93
Figura 76– Informações sobre o desempenho do brasil para atingir os desafios da mobilidade	94
Figura 77– Variação de emissões de CO ₂ ao longo da história.....	95

LISTA DE SIGLAS

COP – United Nations Climate Change Conference

REN – Renewable Energy Policy Network

BEN- Balanço Energético Nacional

OIAC – Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles

CNPBz - Comissão Nacional Permanente do Benzeno

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

OECD - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

PLD – Preço de Liquidação das Diferenças

GNV – Gás Natural Veicular

GNL – Gás Natural Liquefeito

IEMA –Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

EESI – Enviromental and Energy Study Institute

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

SLoCaT - Sustainable, Low Carbon Transport

OECD - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

IAA – Instituto do Açúcar e do Álcool

ARSESP - Agência Reguladora de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	10
1. ESTADO DA ARTE	12
1.1. MOBILIDADE.....	12
1.2. CENÁRIO GLOBAL DA MOBILIDADE.....	12
1.3. CENÁRIO BRASILEIRO DE MOBILIDADE.....	14
1.4. EMISSÕES LIGADAS A MOBILIDADE.....	15
2. EVOLUÇÃO DA MOBILIDADE VS EVOLUÇÃO DA ENERGIA.....	21
2.1. PRÉ HISTÓRIA E IDADE ANTIGA	21
2.2. IDADE MÉDIA	25
2.3. IDADE MODERNA E COMTEMPORÂNEA	27
3. APLICAÇÕES DA ENERGIA NA MOBILIDADE	28
3.1 FONTE DE ENERGIA PARA A MOBILIDADE	30
3.2 GASOLINA	31
3.3 ETANOL	33
3.4 GÁS NATURAL -GNV.....	37
3.5 MELHOR OPÇÃO ECONOMICA PARA AUTOMÓVEIS	44
3.6 DIESEL	48
3.6 HIDROGÊNIO	53
3.7 VEICULOS HIBRIDOS	59
3.8 VEICULOS ELÉTRICOS.....	64
4. NOVAS TECNOLOGIAS NO SETOR DE TRANSPORTE.....	72
4.1. VEICULOS AUTÔNOMOS.	72

4.2.	HYPERLOOP.....	74
4.3.	DRONES	75
5.	ROTAS PARA O DESENVOLVIMENTO DA MOBILDADE	76
5.1.	TRANSFORMAÇÃO URBANA.....	81
5.2.	ENERGIA DE BAIXO CARBONO.....	83
5.3.	EFICIENTIZAÇÃO	84
5.4.	OTIMIZAÇÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS	86
5.5.	DIMINUIÇÃO DAS VIAGENS	89
5.6.	SOLUÇÕES PARA AREAS RURAIS	90
5.7.	ADAPTAÇÃO.....	91
5.8.	INSTRUMENTOS ECONOMICOS.....	92
5.9.	PROXIMOS PASSOS PARA O DESENVOLVIMENTO DA MOBILIDADE...	93
6.	CONCLUSÃO.....	95
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98

INTRODUÇÃO

O objetivo do presente trabalho é sintetizar o futuro da mobilidade ao longo do tempo, a partir de um panorama tecnológico, social e político, para assim ajudar a sociedade a traçar a rota para a melhor(es) soluções de acordo com o período e evolução da sociedade.

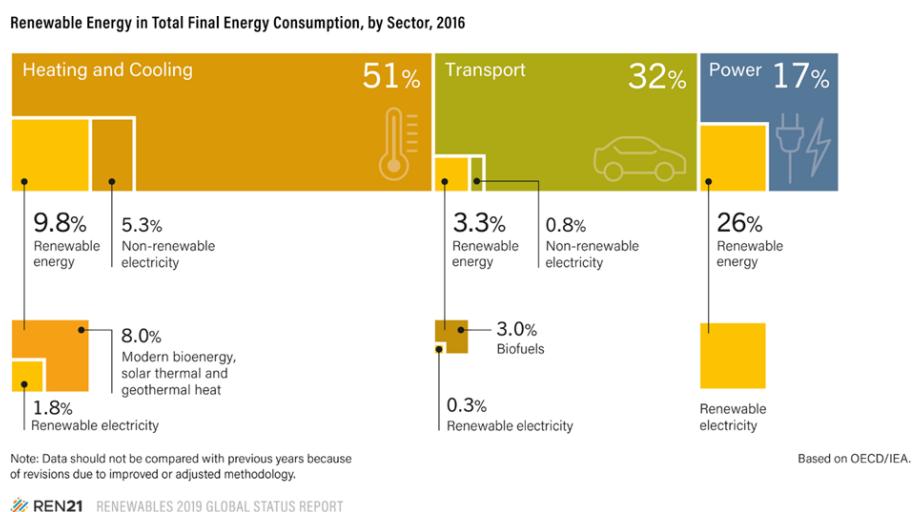
Vivemos em um mundo onde o avanço tecnológico faz parte do nosso dia a dia, vemos novos dispositivos de telecomunicação, segurança, medição, construção... sendo atualizados a todo o tempo.

Porem a realidade é muito diferente em relação a mobilidade urbana, utilizamos a mesma concepção de veículo (motor, volante e motorista) a mais de 150 anos, e assim como no século XIX a evolução foi lenta devido a dificuldades tecnológicas, pois era necessário um motor a combustão pequeno, leve e potente, para substituição da tração animal. Hoje precisamos substituir o motor a combustão (clássico) por um sistema eficiente, confiável, com grande autonomia e principalmente sustentável. Estamos passando por um período de evolução tecnológica, semelhante a 1850, no qual o motor elétrico passa atingir condições de substituição do motor a combustão clássico.

Porém a substituição de um motor “autônomo” de geração de energia descentralizada com objetivo exclusivo de mobilidade, é um grande desafio.

A figura 1 mostra a distribuição da energia por segmento.

Figura 1- Percentual do consumo de energia dos principais segmentos



Fonte- REN 21 Renewables 2019 Global Status Report (2019)

A figura 1 nos mostra a quantidade de energia que é consumida globalmente, quando avaliamos isoladamente o segmento da mobilidade fica claro o tamanho do desafio que a humanidade tem para garantirmos uma revolução móvel, sem afetar outras parcelas essenciais da energia para a sobrevivência humana.

Podemos verificar na figura 2 que o panorama se repete no Brasil, através da publicação da EPE.

Figura 2 - Percentual do consumo de energia dos principais segmentos no Brasil



Fonte: Relatório Síntese BEN (2019)

1. ESTADO DA ARTE

1.1. MOBILIDADE

Segundo a Lei nº 12.587/2012, a mobilidade é, “conjunto organizado e coordenado dos modos de transporte, de serviços e de infraestruturas que garante os deslocamentos de pessoas e cargas no território do Município” (BRASIL, 2012)

Sendo assim a mobilidade é a capacidade de locomoção de pessoas e cargas dentro de um espaço geográfico.

Essa locomoção pode ser feita por veículos, motorizados ou não motorizados, compartilhados ou não compartilhados, tripulados ou não tripulados.

A efetividade e qualidade da mobilidade dentro de um território dependem de diversos aspectos combinados no espaço e no tempo (PIRES;PIRES, 2009)

1.2. CENÁRIO GLOBAL DA MOBILIDADE

O tema mobilidade vem sendo discutido amplamente no mundo, na COP24 que aconteceu em dezembro de 2018 na Polônia, foi apresentado o plano “DRIVING CHANGE TOGETHER – KATOWICE PARTNERSHIP FOR E-MOBILITY”,(figura 3) onde o objetivo é garantir que o aumento da temperatura não ultrapasse 2°C, reconhecendo que a mudança

climática é um dos grandes desafios no ponto de vista de meio ambiente, econômico e principalmente social, e assumindo que para que a evolução para a mobilidade “sustentável” ocorra é necessário um plano estratégico de investimentos públicos e principalmente privados, visto que essa evolução é uma possibilidade principalmente para novos negócios

Figura 3 - Logo da COP24 onde foi apresentado uma proposta para a mobilidade global

Proposal by Poland and the United Kingdom



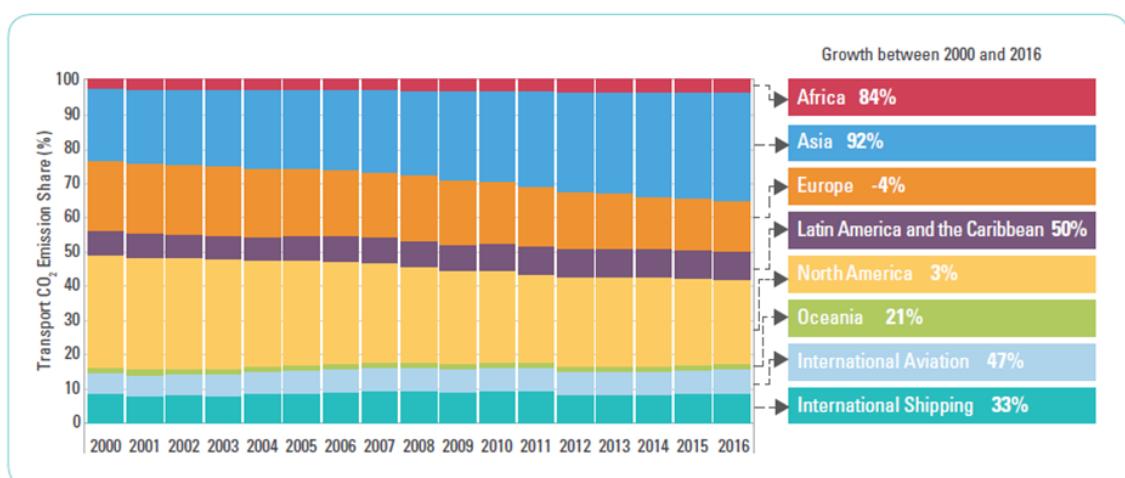
COP24 · KATOWICE 2018
UNITED NATIONS CLIMATE CHANGE CONFERENCE

Fonte: COP24 (2018)

A figura 4 ilustra as emissões de acordo com o segmento de transporte.

Figura 4 - Emissões de CO₂ no segmento de transporte de acordo com região

Figure 5: Regional Share of Transport CO₂ Emissions¹¹⁷



Fonte: Transport and Climate Change Global Status Report 2018 Partnership on Sustainable, Low Carbon Transport (2018)

1.3. CENÁRIO BRASILEIRO DE MOBILIDADE

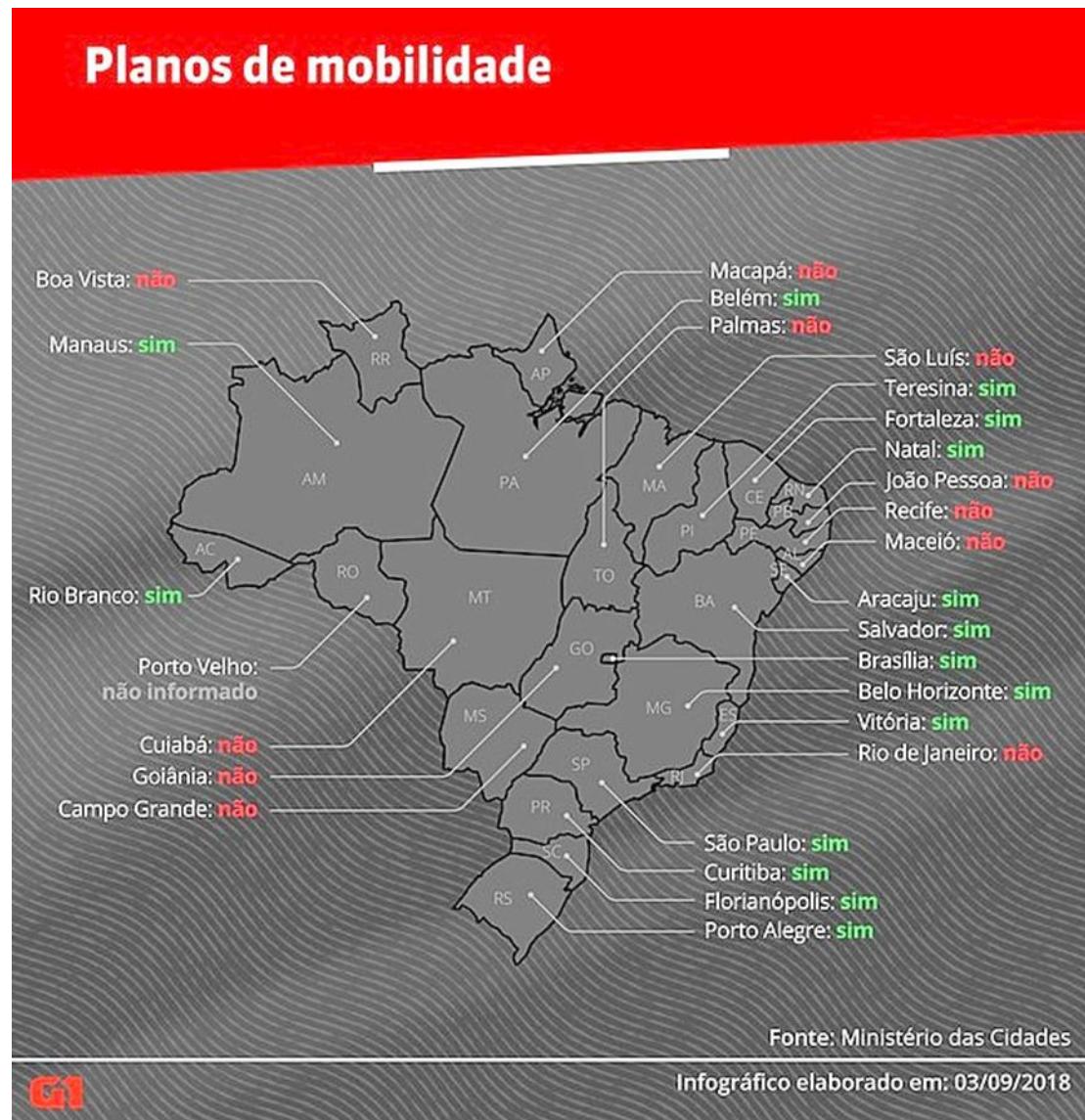
O desenvolvimento da mobilidade no brasil se deu principalmente a partir do início do século XX devido ao momento político econômico na década de 30 onde industrialização foi a principal responsável por essa expansão.

O tema mobilidade em 2012 passou por debate onde foi promulgada a lei 12.587/12, em que estabelece a política nacional de mobilidade Urbana, onde define que municípios com mais de 20 mil habitantes devem apresentar um plano de mobilidade urbana com objetivo de planejar o desenvolvimento de forma ordenada, onde a lei determina que estes planos priorizem o transporte não motorizado e coletivo, “Essa política deve integrar o planejamento urbano, transporte e trânsito e observar os princípios de inclusão social e da sustentabilidade ambiental.”(Cartilha Lei 12587/12, 2013, p. 22).

É notável que o aspecto energético, seja ele de modo de disponibilidade como de eficientização é tema mandatório da política nacional de mobilidade Urbana.

Porem após seis anos da lei, apenas 6% das cidades brasileiras tem o plano de mobilidade definido, sendo assim apenas 195 das 3.342 cidades enquadradas na lei concluíram o plano, apenas prefeituras que tenham sido aprovadas no plano recebem o repasse do governo federal, culminando no adiamento do plano por duas vezes. (Ministério das cidades, 2018), a figura 5 ilustra as cidades que possuem um plano de mobilidade definido.

Figura 5 - Capitais que fizeram o plano de mobilidade Lei 12587/12



Fonte: Ministério das cidades (2018)

1.4. EMISSÕES LIGADAS A MOBILIDADE

O recente relatório divulgado pelo painel intergovernamental sobre mudanças climáticas destaca a necessidade de diminuir as emissões, a fim de garantir que o aumento de temperatura na metade do século não ultrapasse 1,5°C, dessa maneira será possível evitar

desastres catastróficos devido a mudança de temperatura. O Setor de transportes contribui com grande parcela da geração de gases do efeito estufa, é o setor onde as emissões mais crescem, dessa maneira o desafio para garantir a meta de 1,5°C tem relação direta com o setor de transporte, estimasse que se não houver mudanças no segmento de mobilidade as emissões ligadas ao transporte devem duplicar até 2050, dessa maneira o transporte de baixo carbono é prioridade zero para garantia de sucesso nas metas do acordo de Paris. (Beaumont, 2018).

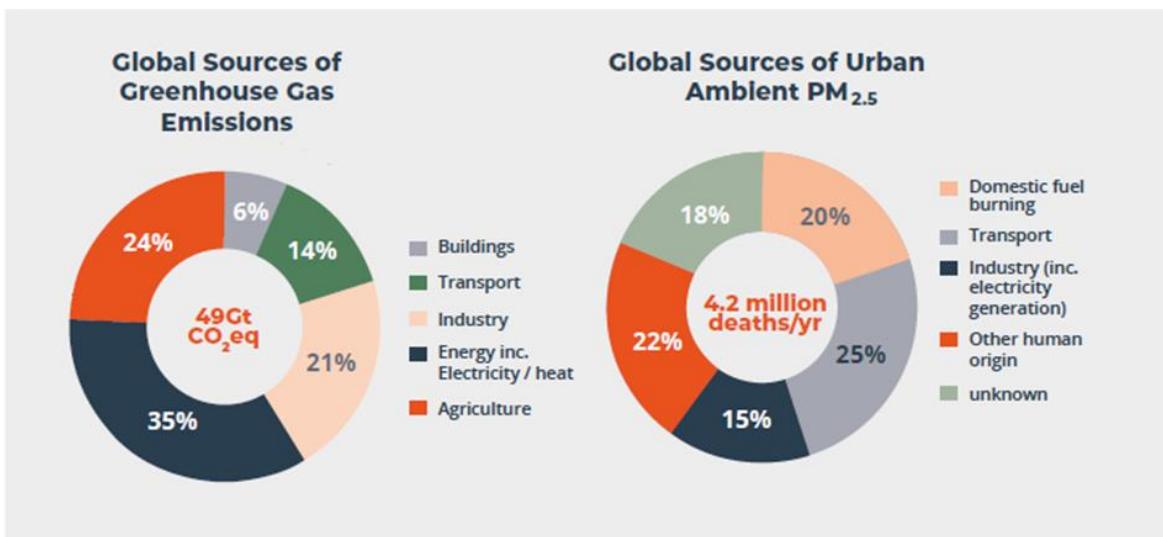
As atividades humanas que são responsáveis pela mudança climática também contribuem diretamente com os problemas de saúde, principalmente respiratórios.

A queima de combustíveis fosseis para geração de energia elétrica, transporte e processos industriais, são as principais fontes de emissão de carbono, essas emissões contribuem para o aumento de temperatura e prejudicam a qualidade do ar que todos os anos mata mais de 7 milhões de pessoas em todo o planeta.

Mais de 90% da população urbana respira ar contendo níveis de poluentes no ar que excedem as diretrizes da OMS. (COP24 SPECIAL REPORT – Health & Climate Change, 2018)

O setor de transporte é responsável por 14% das emissões de gases de efeito estufa, devido a utilização de hidrocarbonetos como combustível e quando se fala em emissões de matérias particulados esse número aumenta para 25%, um dos principais responsáveis pela emissão desse material é o transporte de carga que utiliza óleos combustíveis como combustível, a figura 6 ilustra os segmentos responsáveis pelas emissões.

Figura 6- Fontes de gases do efeito estufa por segmento.

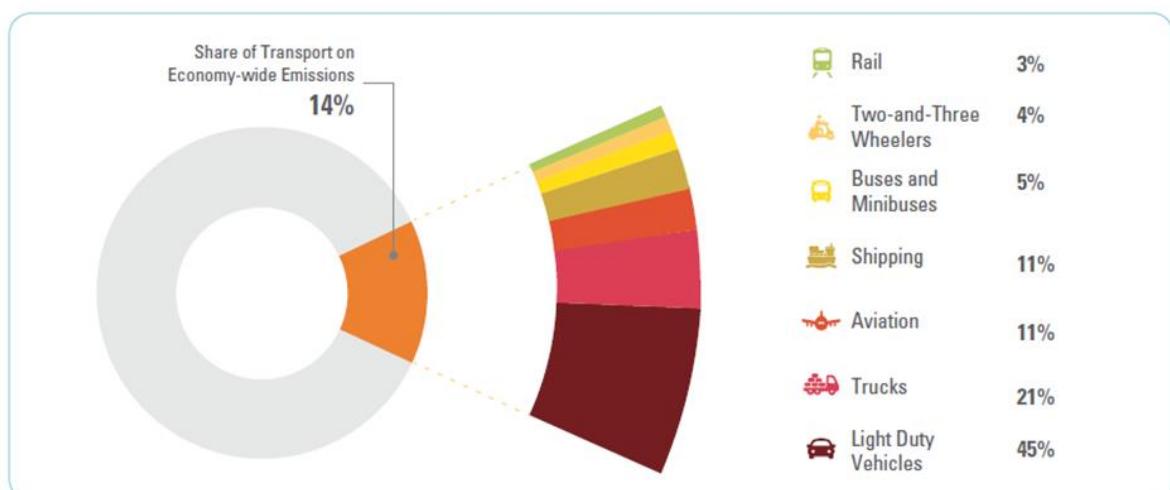


Fonte: COP24 SPECIAL REPORT – Health & Climate Change (2018)

O relatório Transport and Climate Change Global Status Report 2018 Partnership on Sustainable, Low Carbon Transport (SLoCaT), detalha, a emissão de gases do efeito estufa por tipo de transporte, o número mostra que a emissão referente a utilização de veículos de passeio é responsável por quase metade de todas as emissões, vide figura 7

Figura 7- Emissões por tipo de transporte.

Figure 1: Share of Transport Sector GHG Emissions by Mode (2015)¹¹

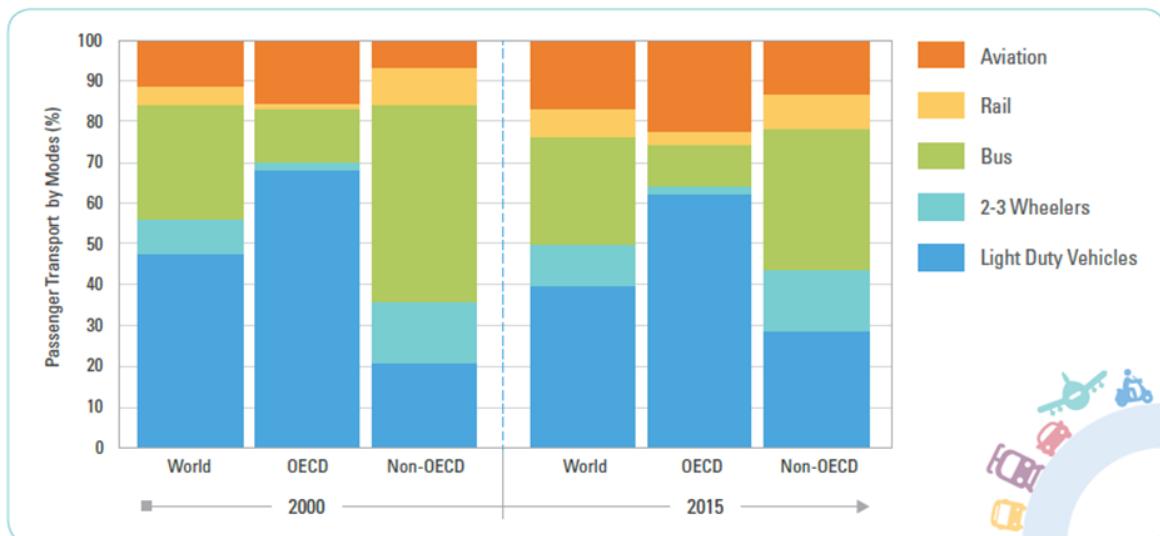


Fonte: Transport and Climate Change Global Status Report 2018 Partnership on Sustainable, Low Carbon Transport (2018)

Quando comparamos as emissões por tipo de transporte (figura 6) com o percentual de tipo de transporte (figura 7) fica evidente a diferença em relação taxa de emissões de um transporte individual com carro de passeio quando com para a taxa de emissões do transporte coletivo, o transporte individual representa 45% das emissões de todo o segmento de transporte e ele representa apenas cerca de 38% do modo de transporte de pessoas, enquanto o transporte coletivo por ônibus representa 5% das emissões globais e a é responsável pelo transporte de cerca de 35% do transporte de pessoas, vide figura 8

Figura 8- Percentual do tipo de transporte

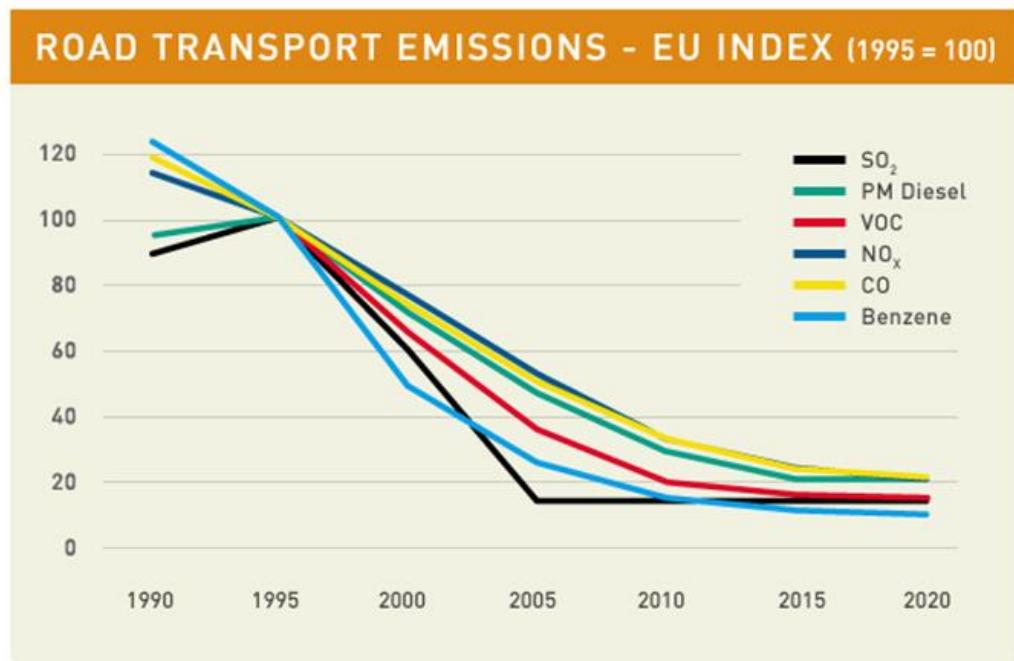
Figure 3: Motorized Passenger Transport Demand in 2000 and 2015⁸⁶



Fonte: Transport and Climate Change Global Status Report 2018 Partnership on Sustainable, Low Carbon Transport (2018)

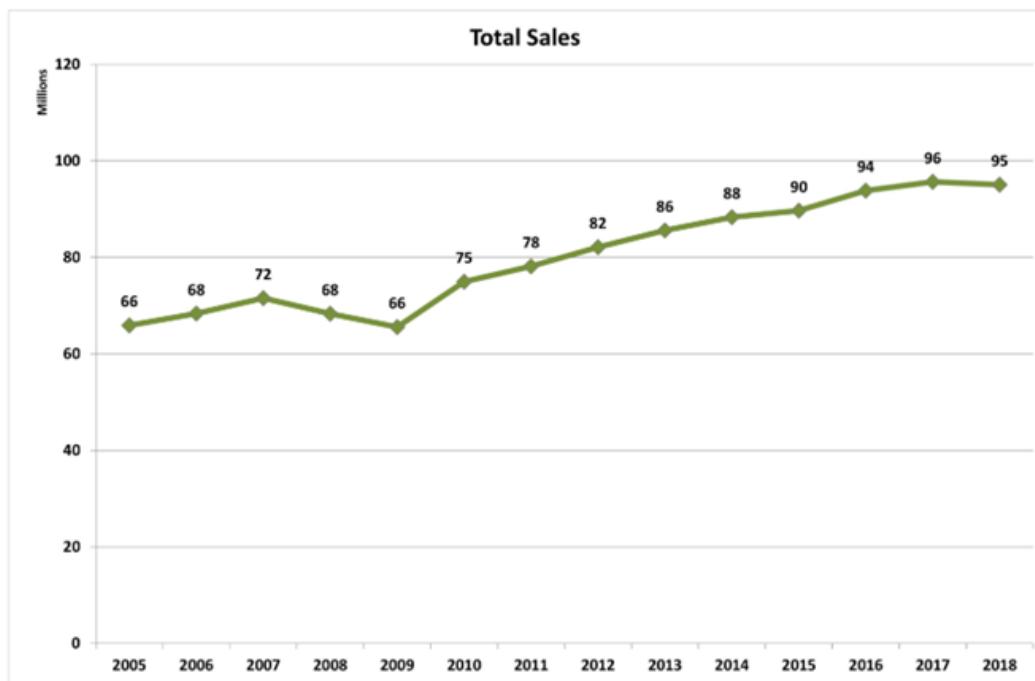
A OIAC, realizou um estudo onde é comparada as emissões de SO₂, Material particulado, compostos orgânicos voláteis ,NOx, CO e benzeno na Europa ,desde o ano de 1990 até 2020 o gráfico nos mostra uma diminuição expressiva de emissões de todos as substancias analisadas, o que significa que tivemos diminuição da utilização de veículos, ou que eles ficaram mais eficientes, na figura 9, temos um gráfico também que nos mostra o aumento expressivo na compra de veículos, principalmente após a recessão mundial de 2008, dessa maneira podemos concluir que os veículos estão cada vez mais eficientes, vide figura 9 e 10.

Figura 9- Emissões relacionadas ao transporte na Europa



Fonte: OIAC (2019)

Figura 10- Venda de veículos no mundo



Fonte: OIAC (2018)

Além disso a Imagem 9 mostra a diminuição drástica da emissões de benzeno, componente o qual é cancerígeno e passou a ser controlado em diversos países na década de 90, no Brasil em 1995 foi promulgado o “Acordo Nacional do Benzeno- 28/09/1995” e foi criada a CNPBz (Comissão Nacional Permanente do Benzeno),além disso em maio de 2001 a ANP lança o REGULAMENTO TÉCNICO ANP N.º 5/2001, onde determina as concentrações máximas de benzeno, vide figura 11. :

Figura 11- Regulamento técnico ANP N° 5/2001 (Concentração de Benzeno).

3.TABELA DE ESPECIFICAÇÃO (continuação)

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	ESPECIFICAÇÃO				MÉTODO	
		Gasolina Comum		Gasolina Premium		ABNT	ASTM
		Tipo A	Tipo C	Tipo A	Tipo C		
Benzeno, máx. (14)	%vol	1,2	1,0	1,9	1,5	—	D3606 D5443 D6277

Fonte: Acordo e legislação sobre o Benzeno (1995)

2. EVOLUÇÃO DA MOBILIDADE VS EVOLUÇÃO DA ENERGIA

2.1. PRÉ HISTÓRIA E IDADE ANTIGA

A história da energia se confunde com a história da mobilidade, uma vez que desde os primórdios utilizamos a energia provinda dos alimentos para o transporte das pessoas, e ao mesmo tempo utilizamos a capacidade humana de deslocamento para obtenção de combustível para geração de energia luminosa e calor, um ponto importante na relação entre energia e mobilidade, os homens passaram a utilizar animais como forma de produzir energia a partir da mobilidade de força que esses animais possuem. Aumentando não apenas a capacidade de arar a terra, mas principalmente passou a ser possível carregar mais carga em menos tempo, aumentando assim as distâncias a serem percorridas.

Assim a partir da termodinâmica e da biologia é possível realizar uma análise de eficiência de deslocamento.

Para descobrir o consumo de energia basal (calorias que o corpo humano gasta para manter as funções vitais) devemos utilizar a equação de Harris Benedict (1919), que é dada por:

Para homens:

$$Q = 66 + (13,7 \times M) + (5 \times h) - (6,8 \times I) \quad (1)$$

Para mulheres:

$$Q = 665 + (9,6 \times M) + (1,8 \times h) - (4,7 \times I) \quad (2)$$

Onde:

- Q é quantidade de energia dada em kcal
- M é Massa dada em kg
- H é Altura dada em centímetros
- I é Idade dada em anos

Dessa forma considerando um homem de 25 anos, com 175cm e 70kg, temos um consumo de energia de:

$$Q = 66 + (13,7 \times 70) + (5 \times 175) - (6,8 \times 25)$$

$$Q = \frac{1.730 \text{ kcal}}{\text{dia}}$$

A cada quilometro que esse homem percorre a uma velocidade média de 5,5km/h (1,53m/s), consome uma energia cinética de:

$$\begin{aligned} Q &= [(M \times V^2)/2] \times 1000 & (3) \\ Q &= [(70 \times 1,53^2)]/2 \times 1000 \\ Q &= 81.931 \text{ J} = 19,58 \text{ kcal} \end{aligned}$$

O corpo humano possui uma eficiência 25%, dessa forma o gasto calórico desse homem em uma hora (FIRMINO, LIMA, Araujo, 2013), será:

- Gasto basal = 1.730(kcal/dia)/24(horas) = 72kcal/hora
- Gasto cinético será: 19,58(kcal) × 3600(seg)/25% = 282kcal/h

Portanto um humano gasta cerca de 354kcal/h.

OBS: Como a comparação será em relação a distância transformaremos o consumo de energia por km, dessa maneira temos que o homem anda a uma velocidade de 5,5km/h, assim o consumo total por km será de 64,36kcal/km

Com a utilização dos animais o consumo de energia para o transporte mudou, para compararmos o consumo de energia para um homem percorrer um quilometro com o consumo de um cavalo percorrer um quilometro consideraremos a seguinte a lei da escala onde a partir da massa do animal (mamífero) podemos considerar o consumo energético do animal, segundo a equação dada pelo departamento de física experimental da USP, (ENERGIA NO CORPO HUMANO, 2019).

$$Q = 90 \times M^{\frac{3}{4}} \quad (4)$$

Onde:

- Q é quantidade de energia dada em kcal

- M= Massa dada em kg

Dessa maneira assumindo um cavalo com massa de 480kg, temos:

$$Q = 90 \times 480^{\frac{3}{4}}$$

$$Q = 9.229 \text{ kcal/dia}$$

Assumindo que o cavalo esteja carregando o mesmo homem com 70kg, porem a 50km/h (13,88m/s) temos a seguinte condição:

$$Q = [(M \times V^2)/2] \times 1000$$

$$Q = [(550 \times 13,88^2)]/2 \times 1000$$

$$Q = 52.979.960 \text{ J} = 12.662,51 \text{ kcal}$$

Assumindo a mesma eficiência do homem para execução de atividade muscular, teremos:

- Gasto basal= 9.229(kcal/dia)/24(horas)= 384,54kcal/hora
- Gasto cinético será: 12662,51(kcal)x3600(seg)/25% = 182.340.144kcal/h

Além disso ainda teremos o gasto de energia do homem que guiará o cavalo:

- Gasto basal do homem= 72kcal/hora
- Gasto energético de andar a cavalo= 165kcal/h (Saúde Terra, 2019)

Dessa maneira o gasto calórico para um quilometro é de 3.646,82kcal/km.

Podemos concluir a partir da análise termodinâmica, com evolução da mobilidade, a humanidade passou a gastar 5.666% mais energia para executar a mesma tarefa utilizando o cavalo ao invés de seu próprio corpo, vide figura 12

Figura 12– Comparaçāo entre gasto energético de um humano e um cavalo.



Fonte: Elaboração Própria (2019)

Dessa forma fica claro que em termos de energia seria mais interessante o ser humano cobrir pequenas distâncias a pé, porém devido à baixa velocidade e o limite de carga, o cavalo deveria ser utilizado para cobrir longas distâncias e também para carga.

Por esse motivo as civilizações que possuíam maior quantidade de cavalos dominavam as civilizações com menor número deles, uma das teorias é que a figura do centauro foi criada porque os gregos antigos foram atacados por povos nômades da Ásia central que estavam a cavalo.

A força motriz animal é utilizada até hoje, a partir da primeira metade do século XX as máquinas térmicas passaram a tomar seu lugar. (Aventuras na história, 2018)

2.2. IDADE MÉDIA

A energia eólica foi a grande responsável pela transição entre idade média e idade moderna, foi graças a ela e as inovações tecnológicas da época que o paradigma de do mundo ser plano foi desmascarado, assim, os países da américa puderam ser colonizados pelos povos europeus, sem falar da possibilidade da exploração de especiarias na África e nas índias.

O vento já era aproveitado para algumas formas de energia, como moinhos, bombeamento de água a bastante tempo, o primeiro registro de moinho é proveniente da Pérsia por volta de 200 A.C.

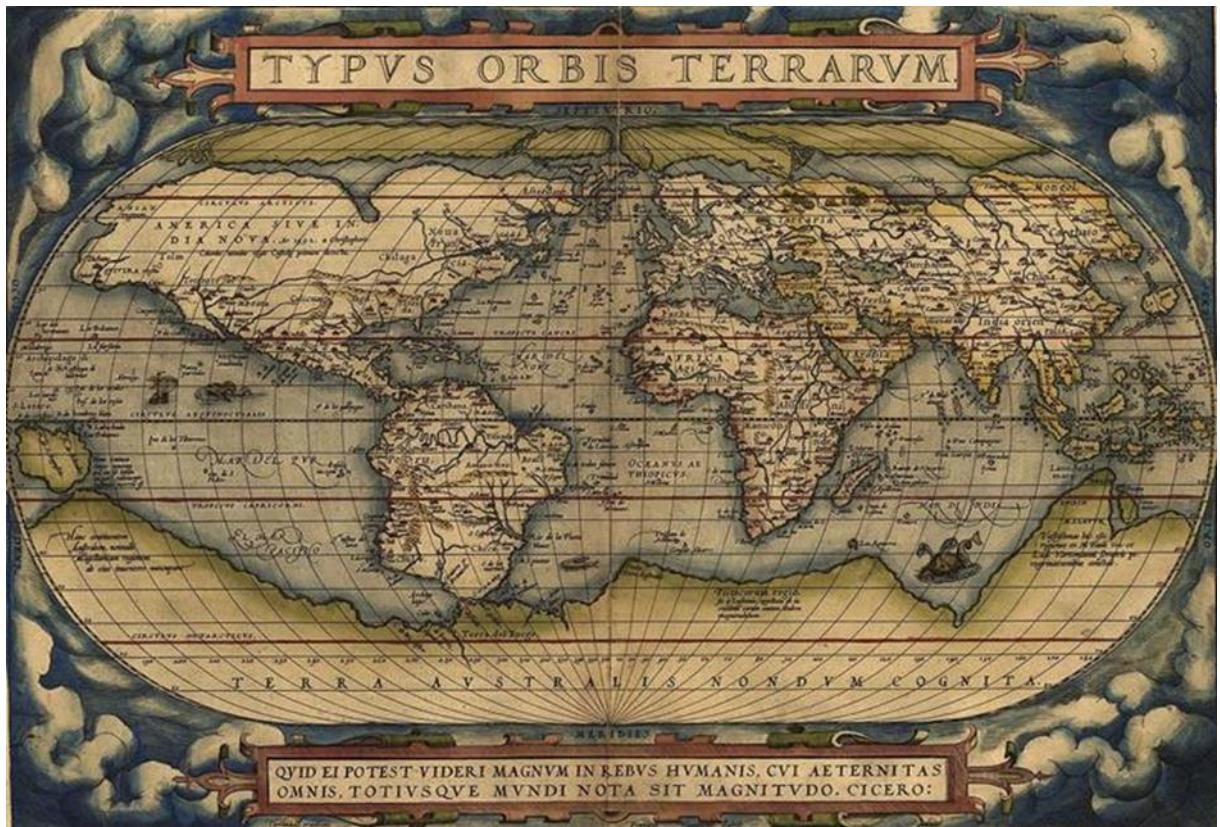
A navegação com energia do vento começou por volta do século XVI com a chamada navegação de cabotagem, que é a navegação onde não se perde a costa de vista, a necessidade por expandir comercio e o consumo intenso de metais, criou a necessidade de encontrar novas terras.

Dessa forma em Portugal como vanguarda da navegação europeia investiu para garantir avanços tecnológicos para viabilização de navegações de grandes distâncias. Assim surgiu a caravela que foi uma adaptação dos barcos de pesca utilizados pelos árabes, devido a utilização de velas em formato de triângulo se fez possível a técnica de bolinagem (aproveitamento de ventos oblíquos) assim as caravelas eram capazes de continuar na direção desejada independente das direções dos ventos, garantindo um avanço constante até seu objetivo, diferente de como era feito anteriormente com as velas redondas. (BARATA, 1989)

Portanto a energia eólica ligada a evolução das velas e seus novos instrumentos de navegações (bússola), foi capaz de redesenhar o mapa do mundo. (BARATA, 1989).

A figura 13 é uma imagem de 1570 com o novo mapa do planeta Terra, desenhado devido as grandes navegações

Figura 13– O Teatro do globo terrestre.



Fonte: Abraham Ortelius (1570)

2.3. IDADE MODERNA E COMTEMPORÂNEA

A idade contemporânea é marcada principalmente pelo desenvolvimento das máquinas térmicas, assim como sem a vela e sem os moinhos não era possível transformar energia eólica em energia mecânica, sem a máquina a vapor não era possível converter energia térmica em energia mecânica, com o advento da máquina térmica se fez possível realizar transportes de grandes cargas agora também por meios terrestres e não mais apenas naval como na idade média/moderna, dessa maneira se fez possível a urbanização de cidades afastadas do litoral e dos grandes rios.

A evolução da transmissão de tração linear em tração circular através de jogo de êmbolos, ligada ao início da revolução industrial onde se iniciou a utilização de combustíveis fosseis viabilizou a utilização das máquinas a vapor, navios, locomotivas (FARIAS, SELLITTO, 2011).

A idade moderna ainda foi responsável pela criação de diferentes tipos de combustíveis e de equipamentos, com a fissura atômica por exemplo se fez possível a utilização de submarinos utilizados principalmente pelas forças armadas com o objetivo de espionagem, que só foi possível pois a fissão nuclear promoveu grande autonomia além da difícil identificação dos submarinos. (FARIAS, SELLITTO, 2011).

A idade contemporânea por sua vez é muito semelhante a idade moderna, as evoluções estão acontecendo nesse momento, estamos vivendo em tempo real a revolução dos combustíveis renováveis, da eletrificação, da eficientização e principalmente da comunicação.

3. APLICAÇÕES DA ENERGIA NA MOBILIDADE

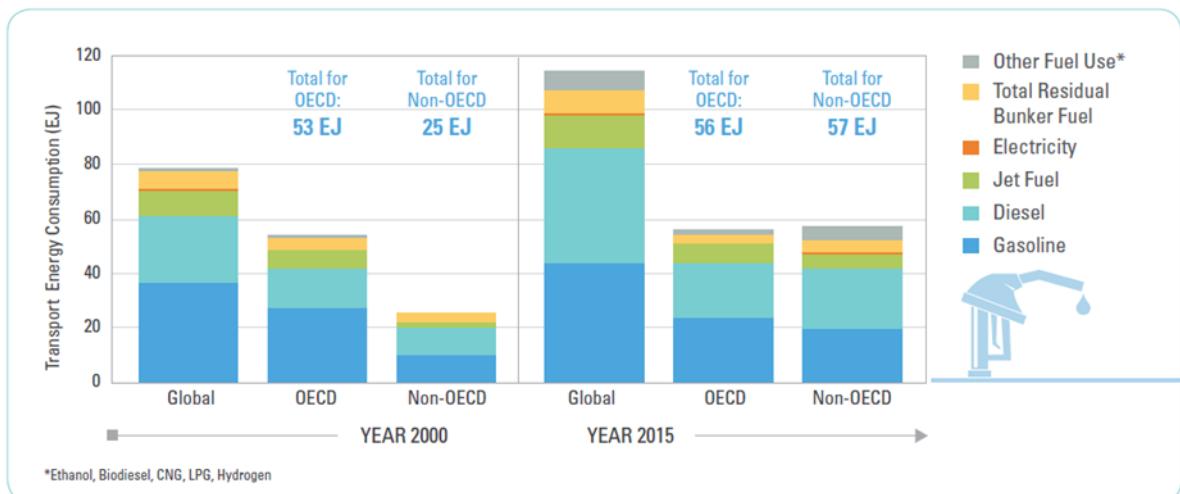
Como já é sabido, para existir mobilidade é fundamental que exista uma fonte de energia, essa energia pode vir de diversas fontes (combustíveis líquidos, gasosos, sólidos...), de fontes diretas ou indiretas, renováveis ou não renováveis. A figura 14 compara a fonte dos combustíveis para mobilidade entre países membros da OECD (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico) e não membros, bem como a evolução do consumo entre os anos 2000 e 2015, o consumo aumenta drasticamente nos países não membros.

Além disso fica evidente o quanto a sociedade ainda é refém dos combustíveis fosseis, principalmente do Diesel e da Gasolina.

O Brasil por sua vez possui um consumo diferenciado de combustíveis líquidos, quando comparado ao resto do mundo, como podemos verificar na figura 15, o etanol divide junto com a gasolina o consumo de veículos de transporte cada um com respectivamente 18,8% e 25,8% do consumo de energia para o transporte do Brasil, vide figura 14 e 15

Figura 14- Consumo de energia no transporte de acordo com a fonte (2000 -2015)

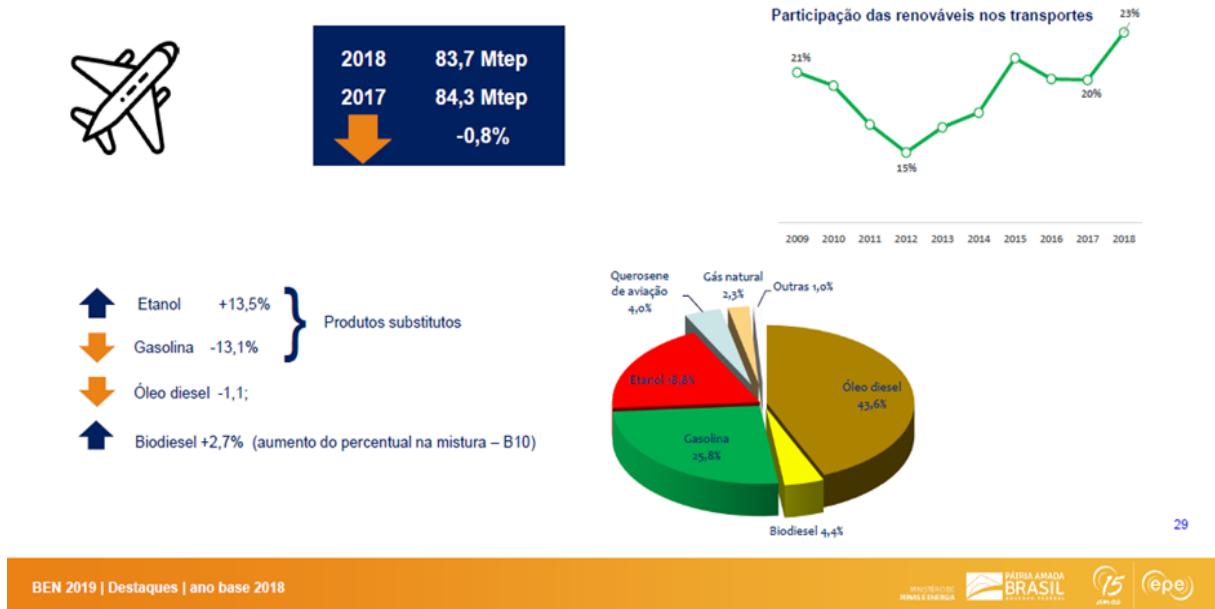
Figure 20: Total Transport Energy Consumption by Fuel Source (2000 and 2015)³⁰⁹



Fonte: Transport and Climate Change Global Status Report 2018 Partnership on Sustainable, Low Carbon Transport (2018)

Figura 15- Fonte de energia no transporte do Brasil

BEN 2019 | Consumo de energia nos transportes - matriz

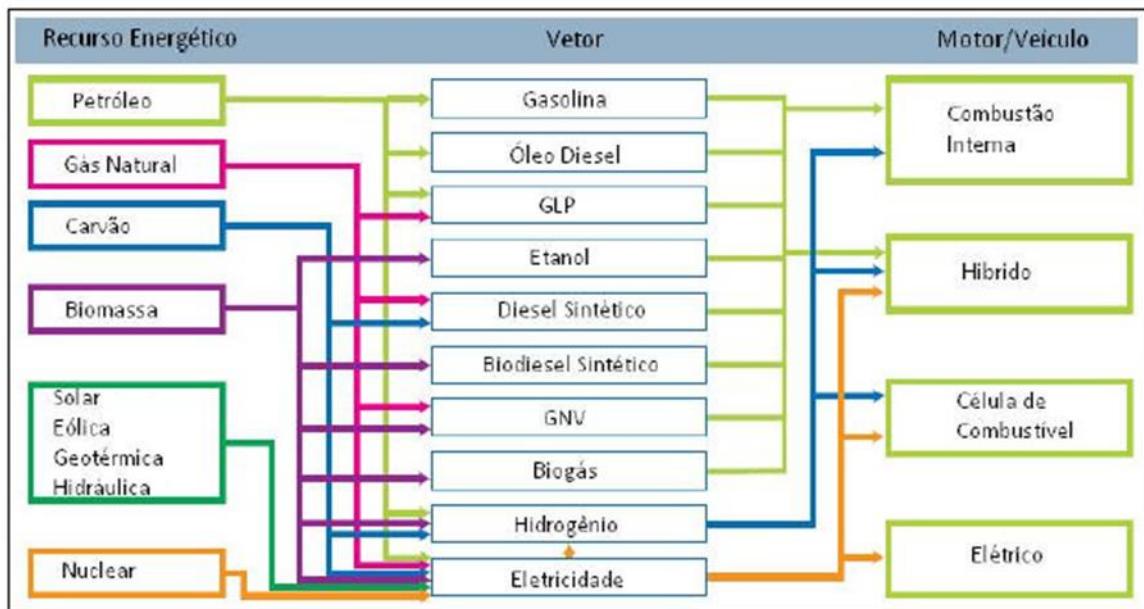


Fonte: Relatório Síntese BEN (2019)

3.1 FONTE DE ENERGIA PARA A MOBILIDADE

Possuímos diversas alternativas para a fonte de energia ligada a mobilidade e cabe a nós entendermos quais as variáveis para escolher a melhor fonte de energia para o objetivo de transporte que queremos, a figura 16 ilustra os recursos energéticos distribuídos por veículo

Figura 16– Recursos energéticos destinados ao setor de transporte



Fonte: IFP (2009a)

3.2 GASOLINA

A gasolina é um combustível produzido a partir de petróleo bruto e outros líquidos de petróleo ela é principalmente usada como combustível de motor em veículos, seu poder calorífico inferior é de 10.377kcal/kg. (LAURIUNDO, 2014)

O combustível hoje tão valioso e responsável por guerras em todo o planeta já foi um dia descartada como sendo considerado sem utilidade, em 1859, Edwin Drake cavou o primeiro poço de petróleo, ele destilou o óleo com objetivo de conseguir querosene para iluminação, porém junto com outros destilados, a gasolina era descartada, apenas no ano 1892, com o advento do automóvel a gasolina passou a ser reconhecida como um combustível, a sua utilização foi tão difundida que em 1920 nove milhões de veículos já eram movidos a gasolina. (EIA,2019)

Na década de 50 os carros já eram maiores e mais rápidos, dessa maneira a gasolina precisou se adaptar para poder acompanhar essa evolução, foi aumentada a octanagem e acrescentado chumbo para garantir o melhor desempenho do motor, porém a presença do chumbo na gasolina se mostrou extremamente prejudicial à saúde e ao meio ambiente e em 1970 a gasolina sem chumbo foi apresentada nos EUA, em 1996, 80% da gasolina utilizada no mundo já não continha mais chumbo, O Brasil foi um dos primeiros países a fazer essa mudança. Com a facilidade na obtenção do álcool o chumbo foi totalmente banido da gasolina automotiva e foi utilizado o álcool anidro, com o objetivo de aumentar a octanagem da gasolina. (EIA,2019)

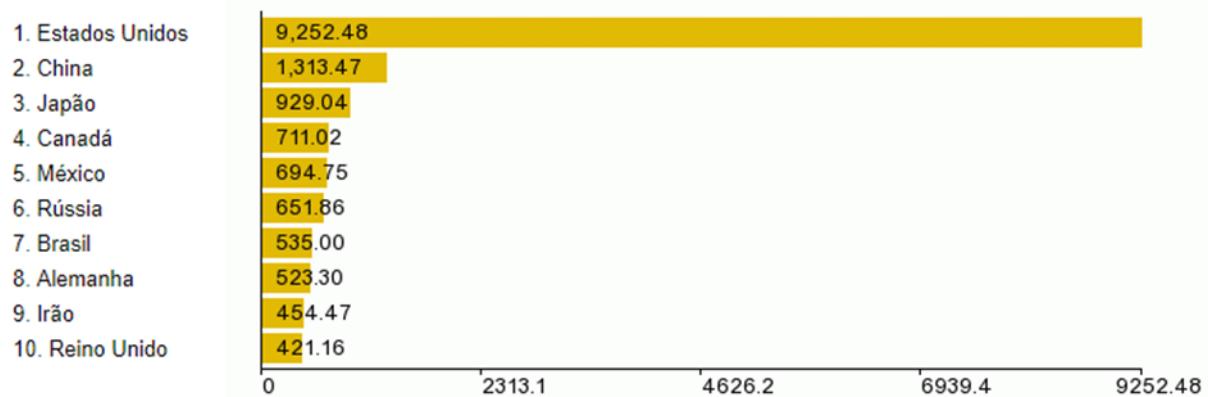
Hoje a gasolina é comercializada de duas principais formas no Brasil, gasolina comum e gasolina aditivada, onde a segunda forma do combustível possuem aditivos para limpeza de periféricos do motor, já nos EUA a gasolina é vendida de acordo com o nível de octanagem com os três principais nomes (Regular 87 octanas ,Midgrade 89 octanas e premium 93 octanas), dessa maneira a gasolina com maior octagema possui maior resistência a detonação, motores com maior potência possuem maior taxa de compressão, dessa forma deve ser utilizado um combustível com maior octanagem, porém isso não significa que uma gasolina com maior octanagem é melhor, o nível de octanagem deve ser compatível com a potência do motor. (PANTAROTO,2007)

No Brasil é comum o termo gasolina tipo A, que é a gasolina sem acréscimo de etanol, e a gasolina tipo C por sua vez é a gasolina com 13% a 25% de etanol etílico anidro em volume.

Nas figuras 17 e 18 temos o volume de barris de gasolina consumido por dia, nos 10 maiores consumidores de gasolina do mundo, os EUA representa praticamente 50% dos dez maiores consumidores do planeta, seu aumento de consumo em 10 anos foi de apenas 0,7%, já o cenário brasileiro é diferenciado devido principalmente ao programa pró álcool, hoje o país é o terceiro maior consumidor de gasolina contra o sétimo a dez anos atrás, seu aumento de consumo foi 46,39% em dez anos. (PANTAROTO,2007)

Figura 17– Consumo de gasolina - Classificações de países 2006

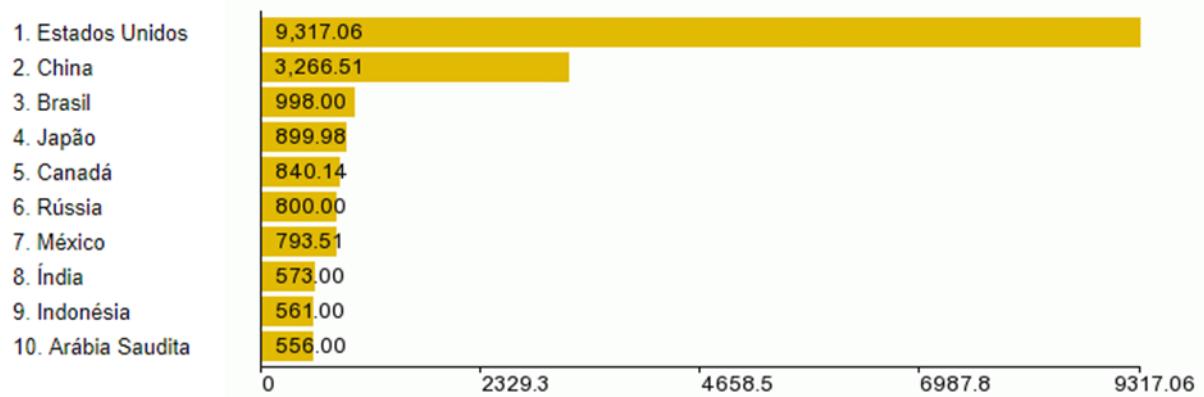
Consumo de gasolina, milhares de barris por dia, 2006
(thousand barrels per day, Fonte: The U.S. Energy Information Administration, TheGlobalEconomy.com)



Fonte: The Global Economy (2019)

Figura 18 – Consumo de gasolina - Classificações de países 2016

Consumo de gasolina, milhares de barris por dia, 2016
(thousand barrels per day, Fonte: The U.S. Energy Information Administration, TheGlobalEconomy.com)



Fonte: The Global Economy (2019)

3.3 ETANOL

O etanol, também conhecido como álcool etílico possui a formula molecular C₂H₆O, que confere a ele um poder calorifico inferior de 6.619kcal/kg, ele é produzido via fermentação de açucares, é amplamente utilizado em substituição a gasolina nos motores de ciclo Otto. (LAURIUNDO, 2014)

A primeira descrição da utilização do etanol como combustível para motor foi em 1824 com o inventor Samuel Morey responsável pela criação do primeiro motor de combustão interna. (ALPHA HOLDING,2019)

Nicholas Otto por sua vez foi o responsável em 1860 a utilizar o etanol em um motor a combustão conhecido como ciclo Otto, o que levantou desde esse momento a possibilidade de substituição da gasolina por esse combustível. (ALPHA HOLDING,2019)

Após a segunda guerra em um período de conflito a utilização do petróleo passou a ser estratégico e escasso dessa maneira a Alemanha por exemplo decretou a utilização de 50% de adição de etanol na gasolina, e além disso o etanol chegou a ser misturado também com o petróleo para utilização em foguetes e misseis. (ALPHA HOLDING,2019)

Antes mesmo da utilização como combustível o etanol já foi utilizado na produção de borracha sintética e também como substituto ao óleo de baleia para lamparinas, além da sua utilização como bebida.

Na virada do século Henry Ford projetou o famoso Ford T para ser um carro “Flex”, o carro era capaz de utilizar etanol ou gasolina além da combinação deles. (ETHANOL HISTORY,2019)

Porem com cada vez mais eficiência na destilação do petróleo, a gasolina passou a ser o principal combustível para motores ciclo Otto utilizados no mundo.

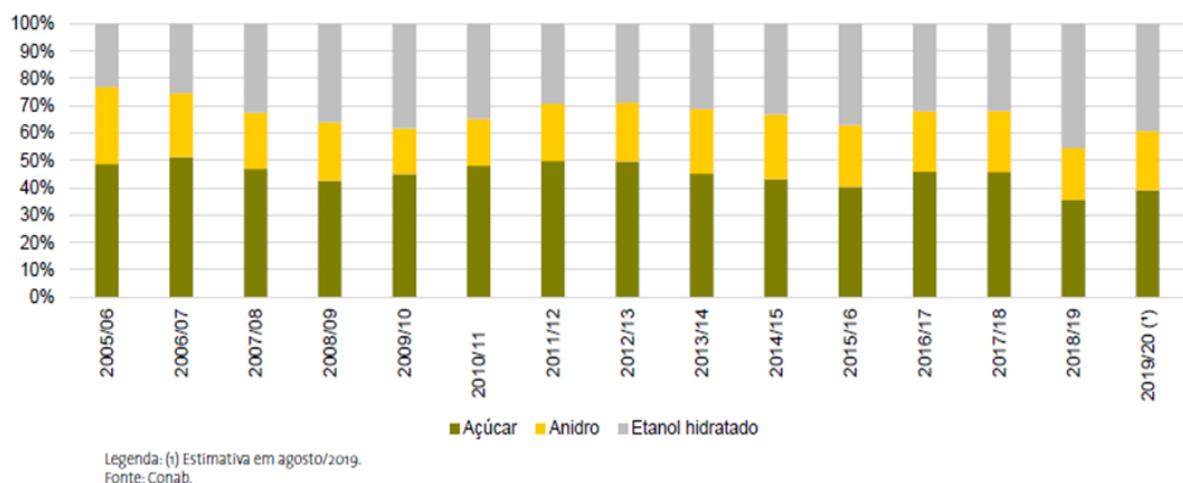
No Brasil na década de 30 o governo Getúlio criou o Instituto do Açúcar e do Álcool – IAA, e em 1938 é promulgado o decreto lei onde fica obrigada a mistura de etanol anidro junto a gasolina. “Art. 1º Os produtores de gasolina, qualquer que seja o método ou o processo de sua fabricação, ficam obrigados a adicionar álcool anidro de produção nacional, àquele carburante, quando conveniente e na proporção que for fixada. “ – Vide DECRETO-LEI Nº 737, DE 23 DE SETEMBRO DE 1938.

Em 1975 com a advinda da crise do petróleo, foi lançado o programa nacional do álcool (conhecido com Pro Álcool), que veio com o principal objetivo de cada vez depender menos do petróleo, que era 80% importado, porem mesmo com o aumento do preço do petróleo o etanol ainda não era competitivo, dessa maneira foi necessária a intervenção do governo com meio de incentivos, os quais duraram até 1984 (final do período militar), nesse momento no governo Collor o Brasil passou a utilizar a Cana de açúcar antes utilizada como combustível, para ser um grande exportador de açúcar, até 2003 quando se iniciou a produção do veículo flex o mercado de etanol reaqueceu novamente. (LEITE,CORTEZ 2008)

Hoje um dos principais motivos pela variação do preço do etanol está ligada a produção de açúcar, em momentos onde o açúcar possui maior valor agregado o etanol passa a ser menos produzido, o que acaba por aumentar o preço do etanol, que por sua vez passa a ser mais atraente quando comparado com o valor agregado do açúcar, podemos verificar na figura 19 as linhas de tendências são padrões e equilíbrio entre os produtos.

Figura 19– Evolução da produção de açúcar, etanol anidro e etanol hidratado

Gráfico 12 - Evolução da produção de açúcar, etanol anidro e etanol hidratado



Fonte: CONAB (2019)

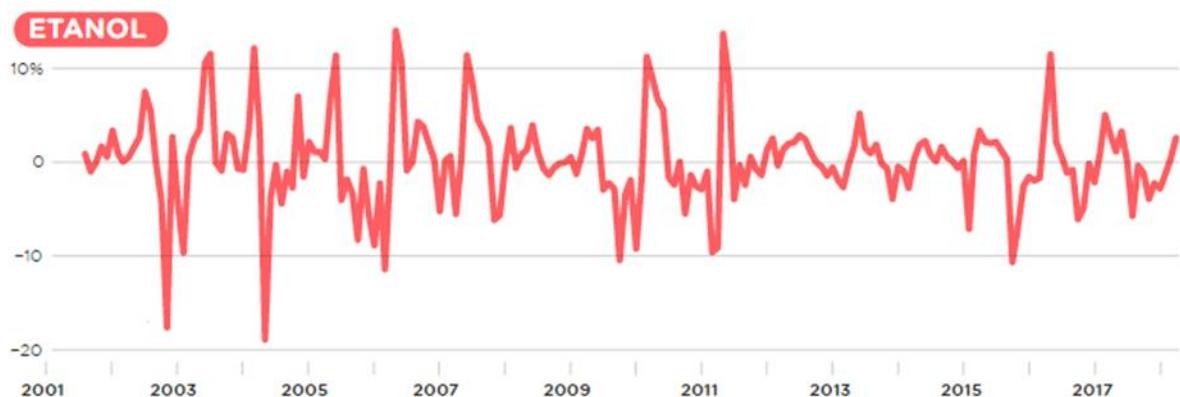
Quando comparamos a variação do preço da gasolina com o preço do Etanol ao longo de 17 anos vemos o quanto o etanol está ligado a sazonalidade de produção e de condições comerciais do açúcar, vide figura 20 e 21 abaixo

Figura 20– Variação do preço da gasolina desde 2001



Fonte: A trajetória do preço do combustível no Brasil nos últimos 17 anos (2017)

Figura 21– Variação do preço do etanol desde 2001

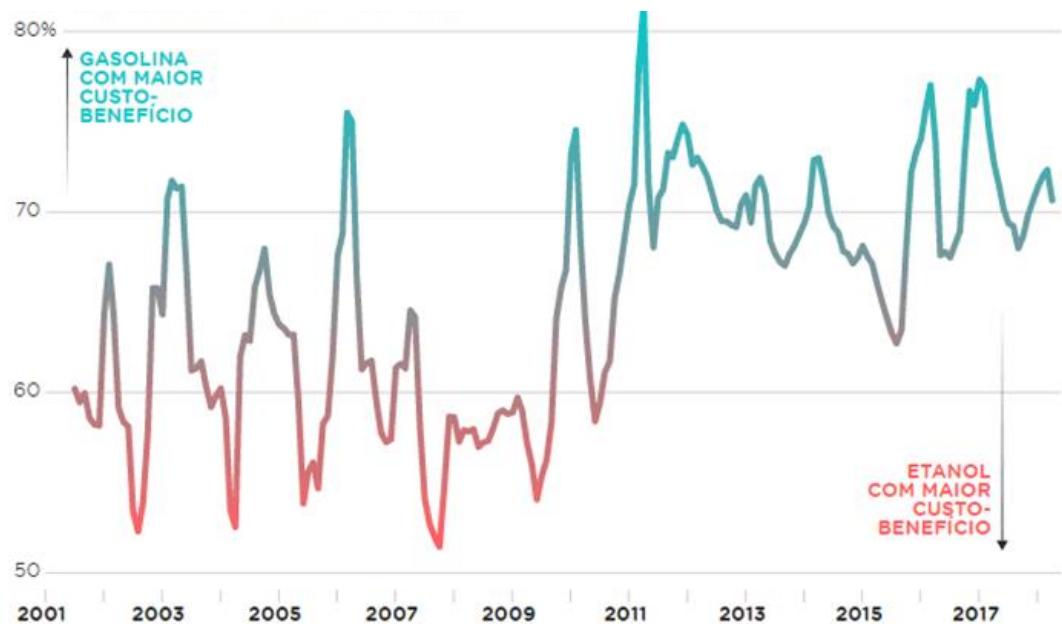


Fonte: A trajetória do preço do combustível no Brasil nos últimos 17 anos (2017)

Analisando a variação do preço dos combustíveis Etanol e gasolina, podemos verificar que a vantagem da utilização de um ou outro energético é volátil de acordo com diversos fatores como variação de dólar, fatores políticos, preço do açúcar internacional...

Dessa maneira o brasil saiu muito bem com o advento da tecnologia Flex, viabilizando a utilização de combustível de acordo com a melhor vantagem do período, a figura 22 descreve quais são esses momentos ao longo do tempo

Figura 22– Razão entre preço da gasolina e do etanol desde 2001



Fonte: A trajetória do preço do combustível no Brasil nos últimos 17 anos (2017)

Existem dois tipos de etanol, o etanol de primeira geração é produzido a partir da sacarose presente na cana, o que garante uma produção expressiva de etanol, garantindo uma taxa de litros de etanol por m² de área cultivada muito elevada.

O etanol de segunda geração é produzido a partir de bagaço, não apenas de cana, mas também de outras matérias primas, onde a fonte de carbono é vinda da lignocelulose, a integração entre a produção entre primeira e segunda geração também é possível de ser realizada, aproveitando por sua vez o bagaço de cana, garantindo uma taxa de produção de etanol maior em relação a área plantada.

Porém o balanço econômico que rege a viabilidade está ligada a produção de energia a partir do bagaço de cana, logo se a energia negociada no mercado livre ou despachada no PLD, for mais interessante que a produção de etanol 2G, certamente a utilização de etanol 2G ainda não será viável economicamente. (LEITE, CORTEZ 2008)

3.4 GÁS NATURAL -GNV

O gás natural é um hidrocarboneto composto de 68 a 100% de metano, quando ele se mistura com o ar ele se torna inflamável liberando um poder calorífico inferior de 8.600kcal/m³. (LAURIUNDO, 2014)

Ele é obtido a partir de bacias de gás natural quando em característica não renovável, porém ele pode ser obtido de maneira renovável e passa a ter no nome de biometano, onde é obtido a partir de processo de fermentação e decomposição de matéria orgânica.

A aplicação do gás natural é amplamente utilizada em processo térmicos, para geração de energia, matéria prima e também na mobilidade, esse por sua vez conhecido como gás natural veicular (GNV).

A grande dificuldade na utilização do gás natural para mobilidade é sua densidade energética, por se tratar de um gás, a temperatura e pressão ambiente seu armazenamento é complexo de ser realizado, dependendo de uma infraestrutura específica para o abastecimento do veículo e também de adaptações no próprio mesmo.

De acordo com a Comgás o investimento médio para instalação de todo sistema dentro de um posto de combustível é composto de 230.000 Dólares para aquisição de um compressor, 140.000 reais de infraestrutura elétrica e mais 250.000 de infraestrutura, além disso a Comgás informou que o volume médio de venda em um posto é de 62.000m³/mês.

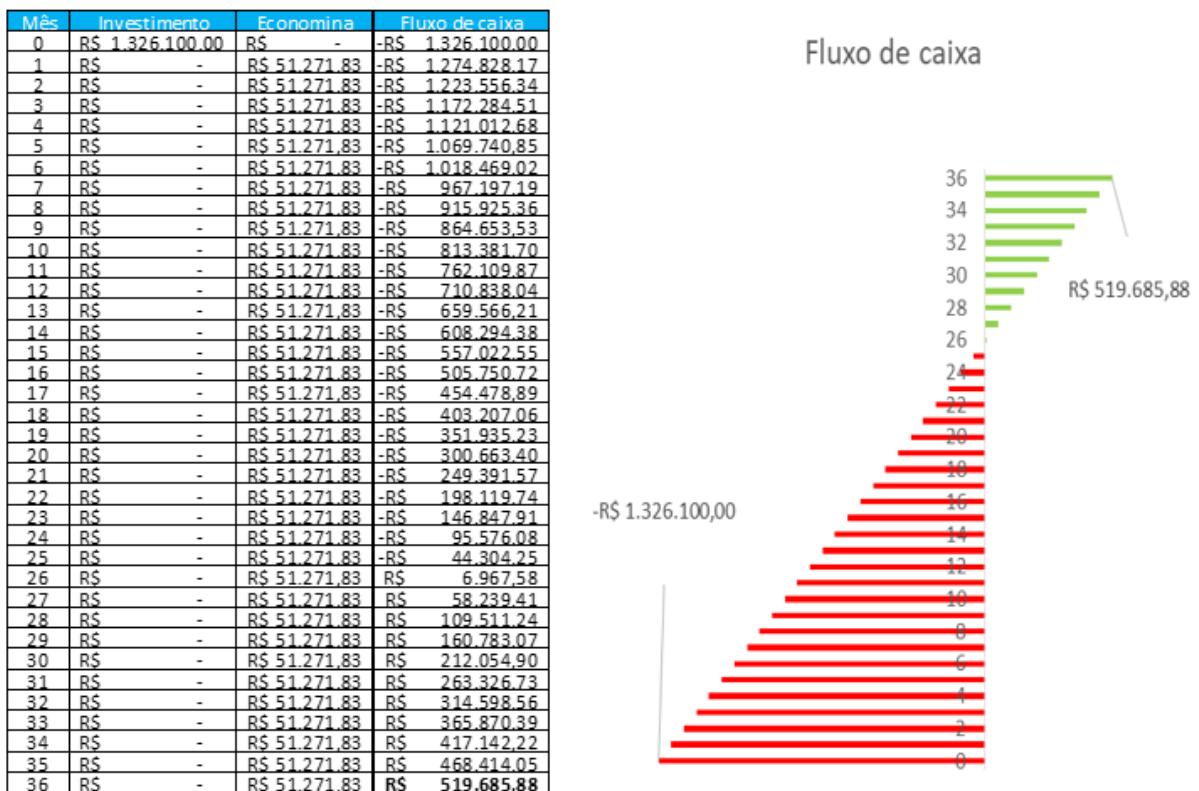
Adotando o valor de R\$3,00/m³ com um custo de gás de R\$2,173035/m³ (Deliberação ARSESP nº 875, de 30/05/2019, com vigência a partir de 31/05/2019), o valor de dólar a R\$4,07, desconsiderando os custos com funcionário, manutenção e também com eletricidade, o retorno de investimento é em aproximadamente 26 meses, vide figura 23 e 24.

Figura 23– Descritivo de componentes para implementação do GNV

Componente	Investimento
Compressor	R\$ 936.100,00
Infraestrutura elétrica	R\$ 140.000,00
Infraestrutura civil	R\$ 250.000,00
Investimento total	R\$ 1.326.100,00
Volume vendido (m³/mês)	62.000,00
Valor vendido (R\$/m³)	R\$ 3,00
Custo do gás (R\$/m³)	R\$ 2,17
Lucro unitário (R\$/m³)	R\$ 0,83
Lucro mensal (R\$/mês)	R\$ 51.271,83
Payback (meses)	26

Fonte: Elaboração própria (2019)

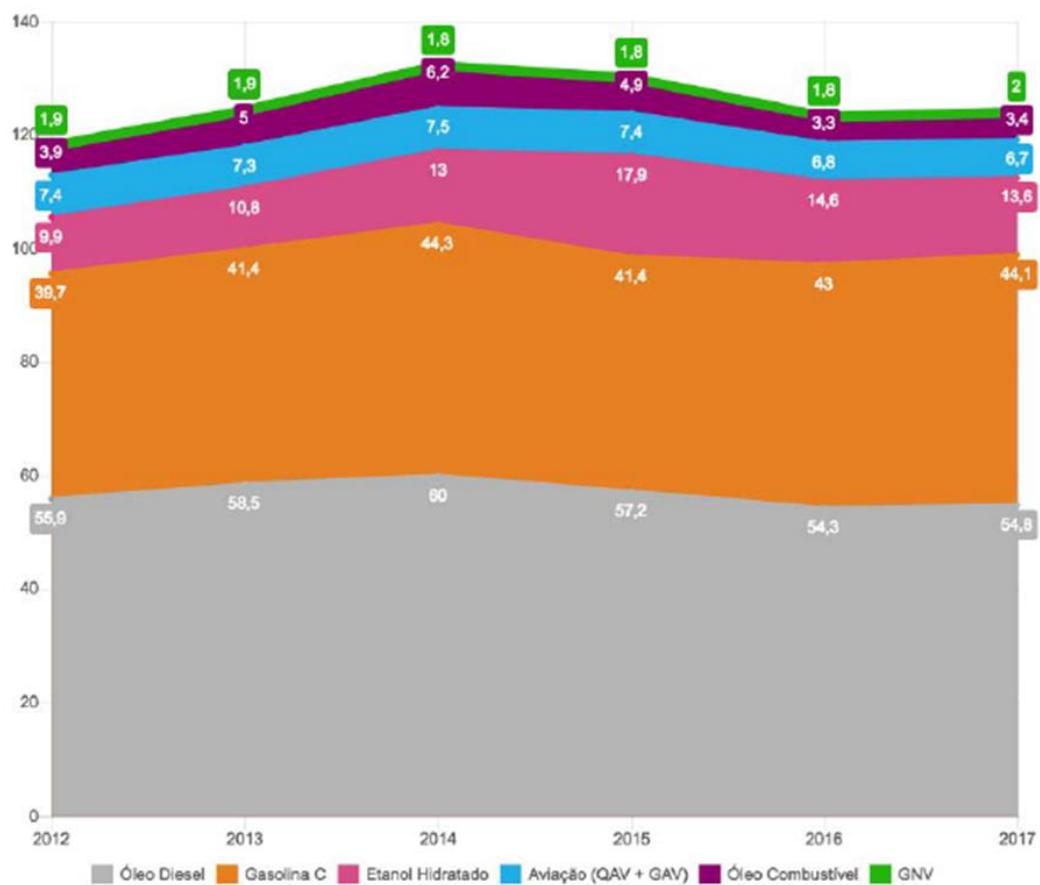
Figura 24 – Fluxo de caixa para implementação do GNV



Fonte: Elaboração própria (2019)

Devido ao alto investimento inicial hoje o GNV não é amplamente difundido no país, podemos verificar na figura 25 que o GNV representa cerca de 1,6% das vendas de combustível no Brasil.

Figura 25 – Histórico de vendas de combustíveis no Brasil (bilhões de litros e GNV bilhões de m³)



Fonte: ABEGAS/ANP (2018)

Além das adaptações necessárias no posto de combustível e no veículo é necessário acesso a um gasoduto diretamente na rede da distribuidora de gás natural ou a partir de um gasoduto virtual que pode transportar grandes quantidades de gás a partir de caminhões, por esse motivo muitos estados no país não possuem nenhum ponto de abastecimento de GNV, como é mostrado na figura 26.

Figura 26 – Disponibilidade de postos GNV no Brasil



Fonte: GASNET (2017)

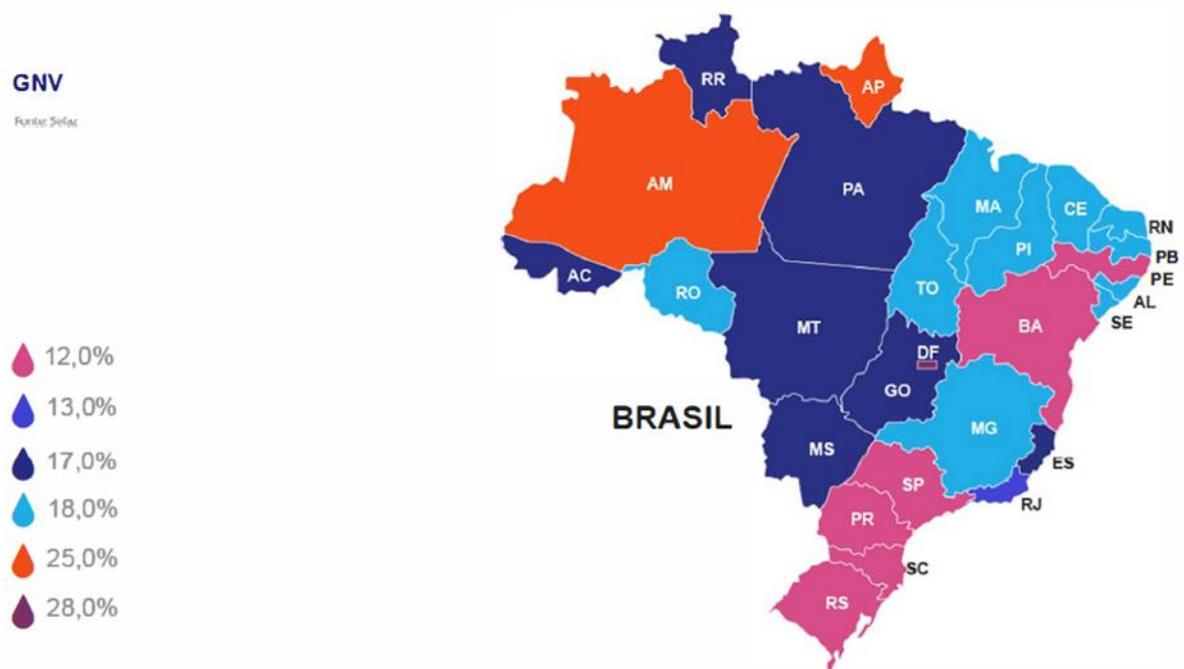
Além da necessidade de infraestrutura que o GNV precisa para ser factível, o GNV precisa de incentivos por parte do governo para a difusão da utilização do combustível, por exemplo no estado do RJ carros convertidos tem desconto de 75% do IPVA, além disso o imposto sobre o produto é menor que o imposto sobre a gasolina por exemplo, vide figuras 27 e 28 abaixo.

Figura 27– Imposto de gasolina no Brasil



Fonte: Plural energias que conectam (2018).

Figura 28 – Imposto de GNV no Brasil



Fonte: Plural energias que conectam (2018)

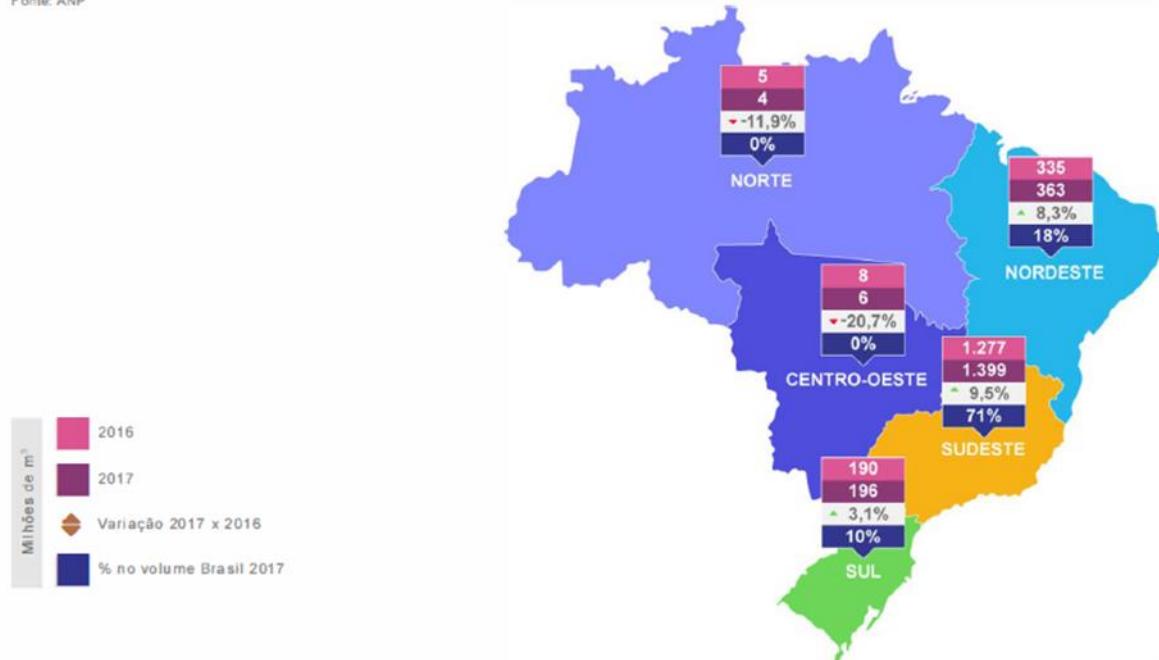
Sendo assim devido a presença de infraestrutura de gasodutos e também dos incentivos fiscais, o Sudeste do país representa 75% do consumo total de GNV no país, vide figura 29.

Figura 29– Consumo do GNV no Brasil por região

PARTICIPAÇÃO POR REGIÃO – 2017 X 2016 – MERCADO TOTAL

Total Brasil 2017: 1.969 milhões de m³

Fonte: ANP



Fonte: Plural energias que conectam (2018)

O GNV não passou por grandes variações de preços ao longo dos anos, embora o último ano tenha sido um ano atípico e o aumento do energético seja razoável, a média histórica de variação é inferior ao da gasolina e do etanol como apresentado no tópico 3.3, garantindo assim que o investidor tenha maior segurança para realizar investimento em conversão de veículos e principalmente em conversão de postos de gasolina.

3.5 MELHOR OPÇÃO ECONOMICA PARA AUTOMÓVEIS

Sabendo as características dos combustíveis é possível verificar qual melhor opção de energético para cada perfil de pessoa (a utilização de eletricidade será discutida nos próximos capítulos)

Dessa maneira utilizaremos as seguintes variáveis para concluirmos essa questão:

Consumo médio dos combustíveis:

- Gasolina: 10km/l
- Etanol: 7km/l
- GNV: 13l/m³

Preço médio dos combustíveis:

- Gasolina: 4,37R\$/l
- Etanol: 2,87 R\$/l
- GNV: 3,00R\$/l

Custo anual com manutenção devido ao combustível utilizado:

- Gasolina: N/A
- Etanol: N/A
- GNV: R\$250

Custo de conversão devido ao combustível utilizado:

- Gasolina: N/A
- Etanol: N/A
- GNV: R\$4.000

Com as informações acima foi criada uma tabela comparativa de custos de combustível, com diferentes perfis de usuários, variando a distância percorrida mensalmente, vide figura 30

Figura 30– Comparativo de custo por combustível

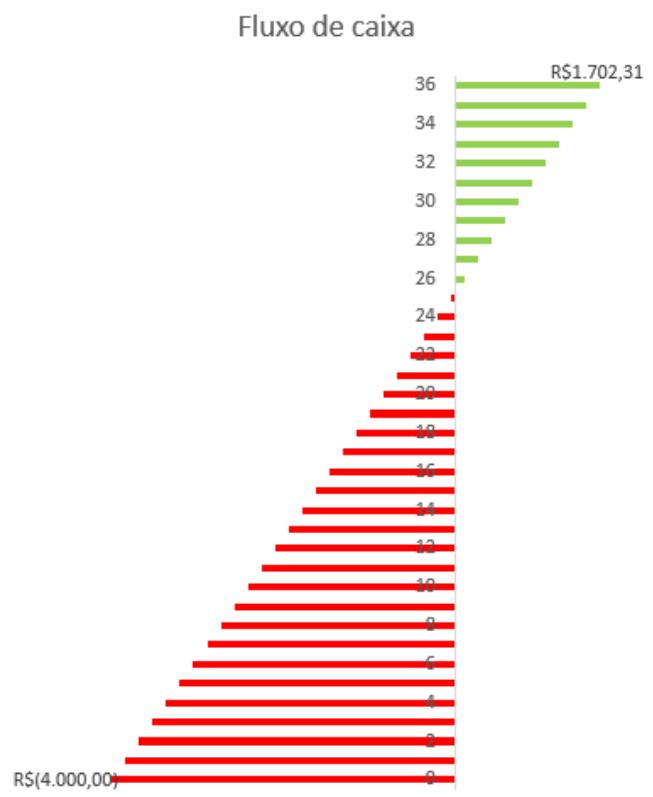
Perfil	km/mês	Consumo de Gasolina (l/mês)	Consumo de Etanol (l/mês)	Consumo de GNV (m³/mês)	Custo de Gasolina	Custo de etanol	Custo de GNV	Investimento GNV	Custo Inspeção do GNV (R\$/ano)	Custo Mensal total GNV	Economia comparada ao etanol	Payback simples comparado ao Etanol (em meses)
A	500	50,00	71,43	38,46	R\$ 218,50	R\$ 205,00	R\$ 115,38	R\$ 4.000,00	R\$ 250,00	R\$ 136,22	R\$ 68,78	58
B	1000	100,00	142,86	76,92	R\$ 437,00	R\$ 410,00	R\$ 230,77	R\$ 4.000,00	R\$ 250,00	R\$ 251,60	R\$ 158,40	25
C	1500	150,00	214,29	115,38	R\$ 655,50	R\$ 615,00	R\$ 346,15	R\$ 4.000,00	R\$ 250,00	R\$ 366,99	R\$ 248,01	16
D	2000	200,00	285,71	153,85	R\$ 874,00	R\$ 820,00	R\$ 461,54	R\$ 4.000,00	R\$ 250,00	R\$ 482,37	R\$ 337,63	12
E	2500	250,00	357,14	192,31	R\$ 1.092,50	R\$ 1.025,00	R\$ 576,92	R\$ 4.000,00	R\$ 250,00	R\$ 597,76	R\$ 427,24	9
F	3000	300,00	428,57	230,77	R\$ 1.311,00	R\$ 1.230,00	R\$ 692,31	R\$ 4.000,00	R\$ 250,00	R\$ 713,14	R\$ 516,86	8
G	3500	350,00	500,00	269,23	R\$ 1.529,50	R\$ 1.435,00	R\$ 807,69	R\$ 4.000,00	R\$ 250,00	R\$ 828,53	R\$ 606,47	7
H	4000	400,00	571,43	307,69	R\$ 1.748,00	R\$ 1.640,00	R\$ 923,08	R\$ 4.000,00	R\$ 250,00	R\$ 943,91	R\$ 696,09	6

Fonte: Elaboração própria (2019)

Estimasse que um paulista percorra em média 1.000km no mês, dessa forma foi feito o fluxo de caixa detalhado para ilustrar a viabilidade do GNV, de acordo com a Infomoney 2011 o brasileiro troca de carro a cada três anos, essa informação será considerada para prever a economia prevista para um usuário com esse perfil, vide figura 31

Figura 31– Fluxo de caixa

Mês	Investimento	Economia	Fluxo de caixa
0	R\$ 4.000,00	R\$ -	-R\$ 4.000,00
1	R\$ -	R\$ 158,40	-R\$ 3.841,60
2	R\$ -	R\$ 158,40	-R\$ 3.583,21
3	R\$ -	R\$ 158,40	-R\$ 3.524,81
4	R\$ -	R\$ 158,40	-R\$ 3.366,41
5	R\$ -	R\$ 158,40	-R\$ 3.208,01
6	R\$ -	R\$ 158,40	-R\$ 3.049,62
7	R\$ -	R\$ 158,40	-R\$ 2.891,22
8	R\$ -	R\$ 158,40	-R\$ 2.732,82
9	R\$ -	R\$ 158,40	-R\$ 2.574,42
10	R\$ -	R\$ 158,40	-R\$ 2.416,03
11	R\$ -	R\$ 158,40	-R\$ 2.257,63
12	R\$ -	R\$ 158,40	-R\$ 2.099,23
13	R\$ -	R\$ 158,40	-R\$ 1.940,83
14	R\$ -	R\$ 158,40	-R\$ 1.782,44
15	R\$ -	R\$ 158,40	-R\$ 1.624,04
16	R\$ -	R\$ 158,40	-R\$ 1.465,64
17	R\$ -	R\$ 158,40	-R\$ 1.307,24
18	R\$ -	R\$ 158,40	-R\$ 1.148,85
19	R\$ -	R\$ 158,40	-R\$ 990,45
20	R\$ -	R\$ 158,40	-R\$ 832,05
21	R\$ -	R\$ 158,40	-R\$ 673,65
22	R\$ -	R\$ 158,40	-R\$ 515,26
23	R\$ -	R\$ 158,40	-R\$ 356,86
24	R\$ -	R\$ 158,40	-R\$ 198,46
25	R\$ -	R\$ 158,40	-R\$ 40,06
26	R\$ -	R\$ 158,40	R\$ 118,33
27	R\$ -	R\$ 158,40	R\$ 276,73
28	R\$ -	R\$ 158,40	R\$ 435,13
29	R\$ -	R\$ 158,40	R\$ 593,53
30	R\$ -	R\$ 158,40	R\$ 751,92
31	R\$ -	R\$ 158,40	R\$ 910,32
32	R\$ -	R\$ 158,40	R\$ 1.068,72
33	R\$ -	R\$ 158,40	R\$ 1.227,12
34	R\$ -	R\$ 158,40	R\$ 1.385,51
35	R\$ -	R\$ 158,40	R\$ 1.543,91
36	R\$ -	R\$ 158,40	R\$ 1.702,31



Fonte: Elaboração própria (2019)

Ao final dos 3 anos a economia total acumulada foi de R\$5.702, porém a economia líquida acumulada foi de R\$1.702, nesse perfil não fica evidente a vantagem na conversão para GNV, pois dependendo do local onde o veículo estiver, pode ser difícil o abastecimento, além disso o tamanho do porta malas fica prejudicado devido a utilização dos cilindros, porém para casos onde o perfil do usuário ande a partir de 2.000km/mês a vantagem é clara, viabilizando a instalação do GNV, desde que exista infraestrutura de abastecimento e que o usuário possa abdicar do porta-malas.

Para veículos de carga e transporte de pessoas o gás natural possui a alternativa do gás natural liquefeito (GNL), ele é a composição líquida do gás natural a temperaturas criogênicas (-163°C), a grande vantagem é que o volume para transportar a mesma quantidade de energia é 600 vezes menor, dessa maneira para percorrer a mesma distância de um caminhão a diesel, é necessário um tanque de 1,5m³ (900l). A densidade do GNL é de 430kg/m³ e seu poder

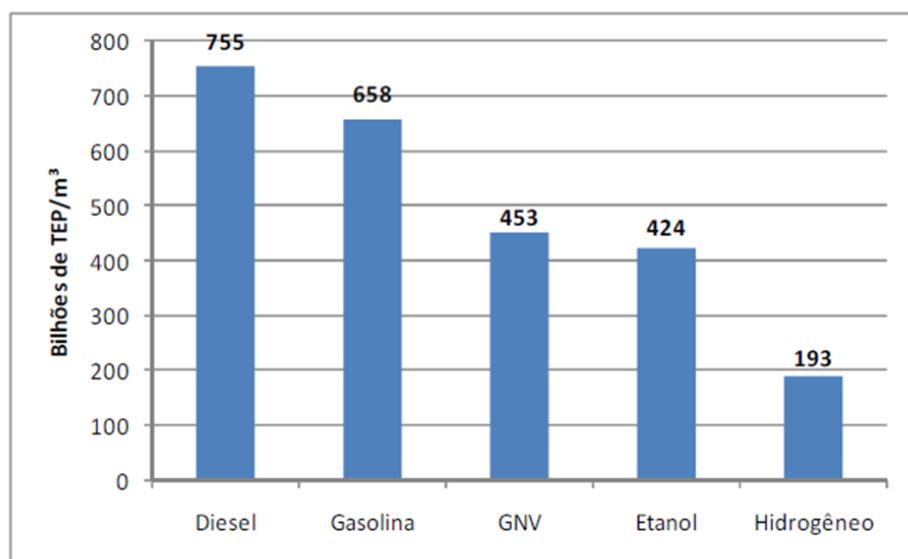
calorifico é de 54MJ/kg, de acordo com a Scania, 2018 com o tanque de GNL instalados em seus caminhões é possível percorrer até 1.600km.(GOMES,2018)

3.6 DIESEL

O Diesel é assim como a gasolina um combustível derivado do petróleo, ele é o combustível mais utilizado em transporte de cargas, além disso ele é responsável pela maior parcela de emissões no transporte, seu poder calorífico inferior é de 8.620kcal/l, utilizados em motores a compressão (ciclo diesel) ele foi a alternativa encontrada para garantir grande densidade energética em um pequeno volume. (LAURIUNDO, 2014), a figura 32 ilustra a densidade energética por tipo de combustível.

Figura 32– Densidade energética por combustível

Gráfico 1.1 – Densidade Energética por Combustível



Fonte: DOE, 2000

Fonte: SILVA (2010) p 13

Existem alguns tipos de Diesel:

Diesel S-10: Possui enxofre máximo de 10ppm, ele é utilizado a fim de se adequar as regras ambientais de emissões desde 2012, a utilização do Diesel S-10 diminui as emissões de material particulado em 80% e de dióxido de nitrogênio em 98%, quando comparado ao diesel S-500 (AMARAL,2010)

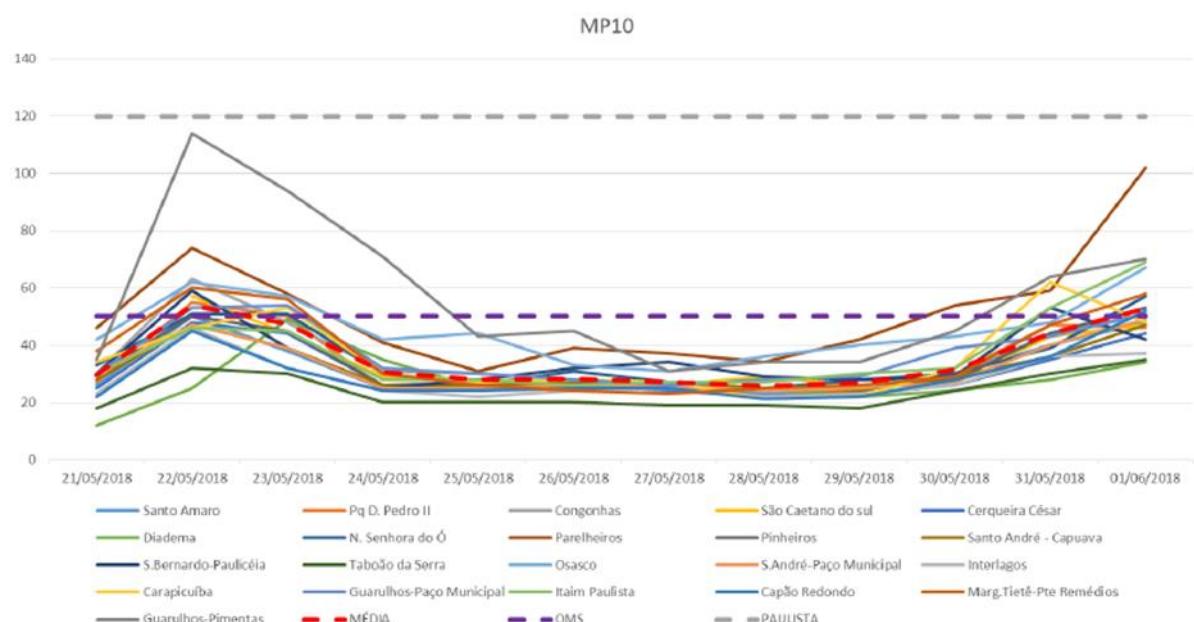
Diesel S-500: Possui enxofre máximo de 500ppm, esse tipo de diesel está caindo em desuso pois desde 2012 os novos motores só podem funcionar com diesel S-10 (AMARAL,2010)

No Brasil tivemos uma oportunidade única de constatar as mudanças que a diminuição massiva da utilização da Diesel e também de outros combustíveis, no período de 20 a 31 de maio de 2019 (volta gradativa da utilização do transporte, por volta do dia 19 de maio), ocorreu greve geral no transporte rodoviário de frete, impossibilitando o abastecimento de combustíveis para a população dessa maneira os únicos meios viáveis de transporte eram via bicicleta ou a pé.

A partir de dados disponibilizados pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – IEMA e pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, foi possível a avaliação da mudança da qualidade do ar e das concentrações de gases do efeito estufa no ar.

A figura 33 mostra a variação de material particulado na atmosfera durante o período.

Figura 33– Medidas de concentração de MP10 na região metropolitana de SP



Fonte: Delgado (2018) p11

Pela figura 33 é possível ver que a média de emissões de material particulado caíram de 72,8% a 43,5% durante o período de greve, mostrando os efeitos danosos que a utilização, principalmente de diesel causa ao meio ambiente (DELGADO ,2018)

Biodiesel: É um combustível renovável, formado a partir dos triglicerídeos presentes nos óleos e gordura animal ou vegetal, ele começou a ser estudado em 2003, já em 2005 a utilização do Biodiesel misturado com o diesel convencional passou a ser voluntária e em 2008 a utilização de 2% de biodiesel se tornou obrigatória, hoje esse número passou a ser 10% (ANP, 2016), vide figura 34

Figura 34– Demanda nacional de biodiesel

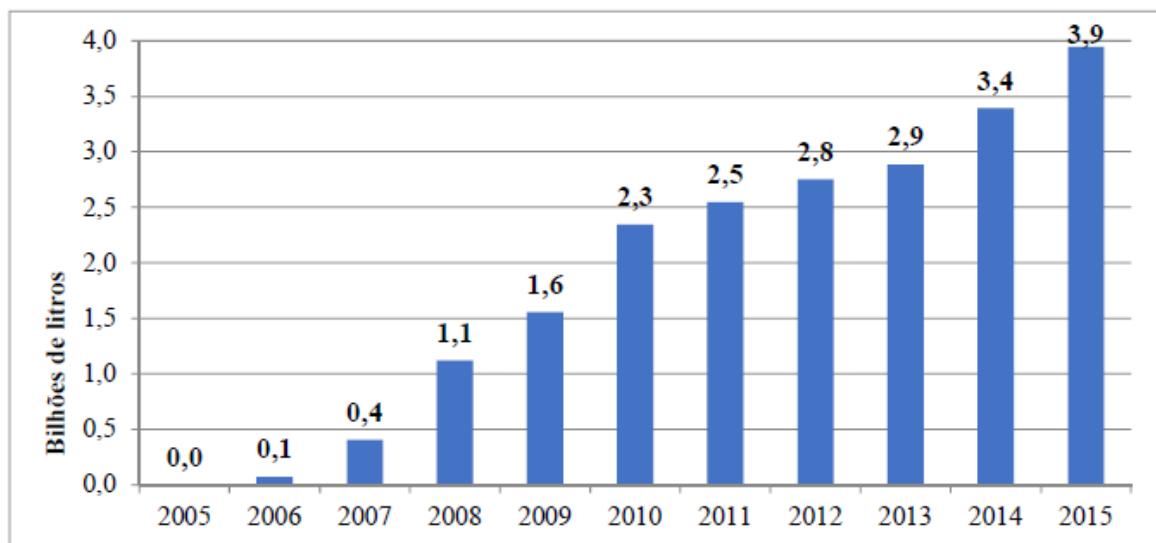


Gráfico 26 – Demanda nacional de biodiesel 2005-2015

Fonte: elaboração própria a partir de EPE (2016a)

Fonte: Costa (2016)

A principal fonte para a produção do biodiesel hoje é o óleo de soja que representa mais de 70%, vide figura 35

Figura 35– Matéria prima para produção de Biodiesel

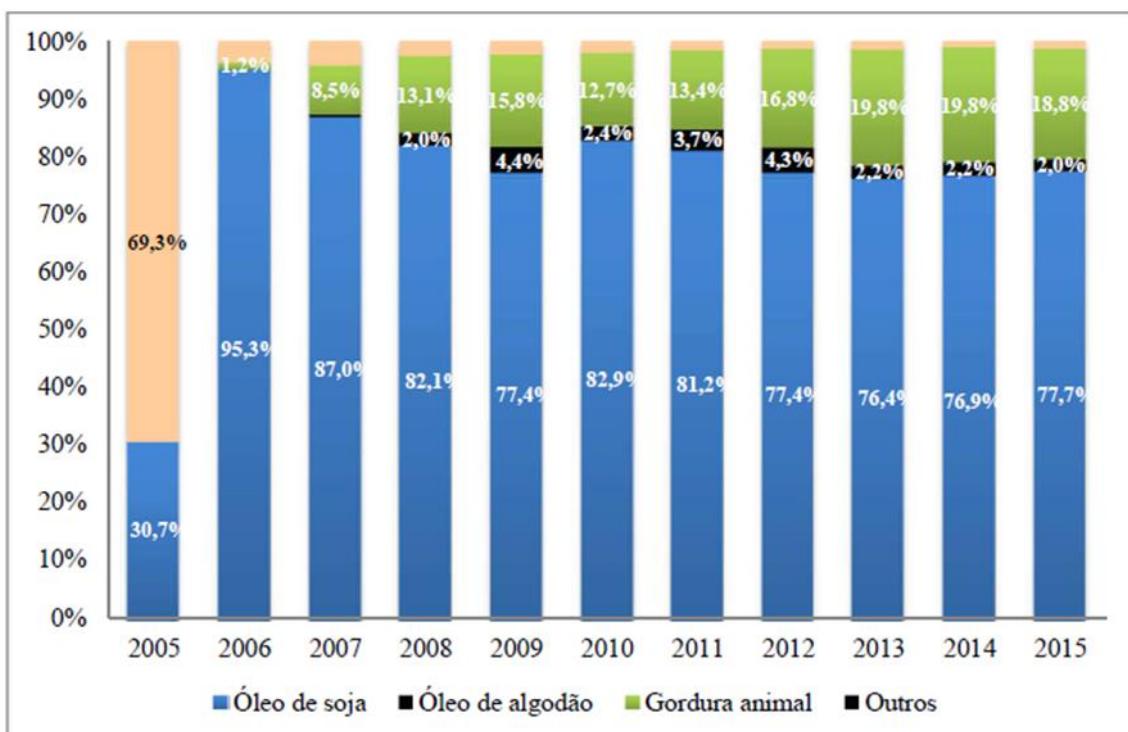


Gráfico 28 – Matérias-primas da Produção nacional de biodiesel 2005-2015

Fonte: elaboração própria a partir de EPE (2016a)

Fonte: Costa (2016)

Além de ser renovável o biodiesel é menos poluente em termo de emissões, como podemos ver na figura 36, embora ele tenha maior emissões em termos de NOx ele compensa em menores emissões de Material particulado, CO e voláteis de hidrocarboneto, que hoje são os principais agravantes para doença das vias respiratórias.

Figura 36– Impacto nas emissões de poluente no biodiesel

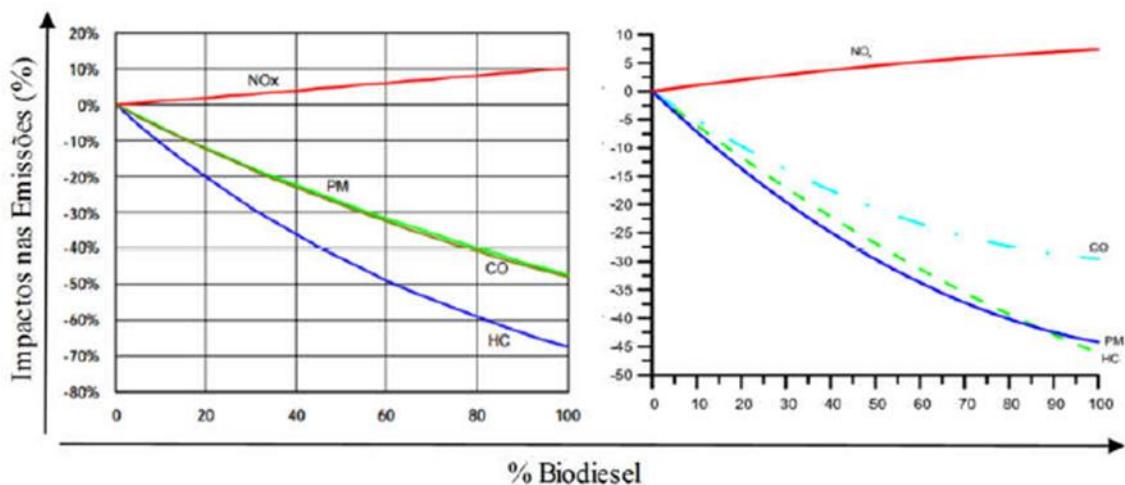


Figura 3 – Impacto nas emissões de poluentes para misturas de biodiesel

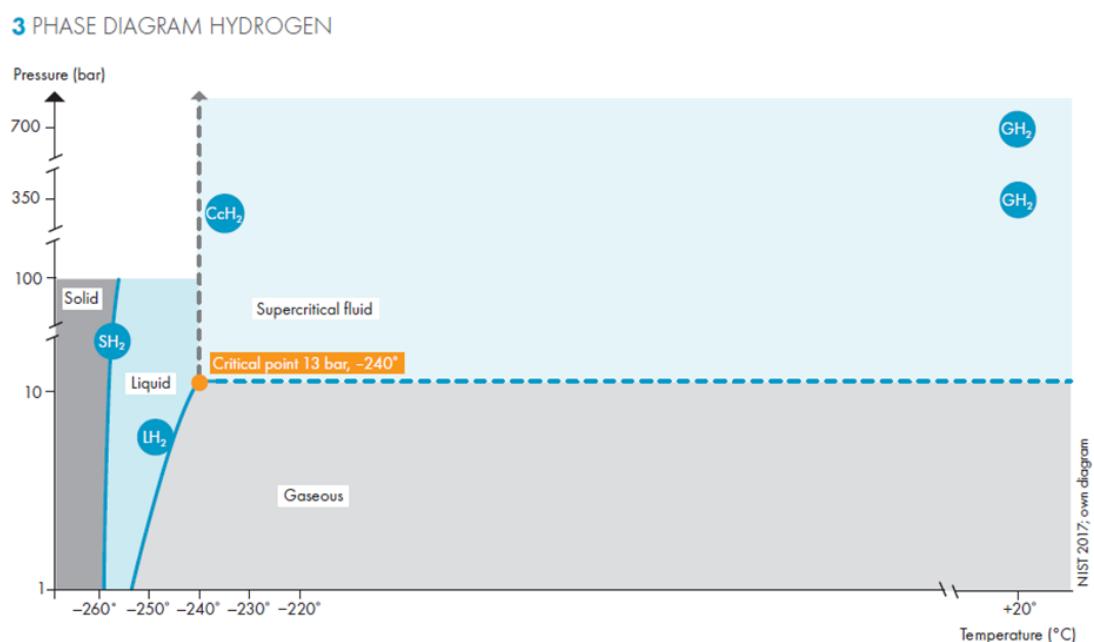
Fonte: EPA (2002), GIAKOUUMUS (2012)

Fonte: Costa (2016)

3.6 HIDROGÊNIO

O hidrogênio é o elemento mais abundante da terra ele representa cerca de 75% da massa elementar do universo (Palmer, 1997), ele é o elemento menos denso da tabela periódica assim em condições normais de temperatura e pressão ele está em estado gasoso, vide diagrama de fase da figura 37

Figura 37– Diagrama de fase do hidrogênio



Fonte: SHELL HYDROGEN STUDY ENERGY OF THE FUTURE? Sustainable Mobility through Fuel Cells and H₂ (2017)

Além disso o Hidrogênio H₂ é o combustível de maior poder calorífico inferior por unidade de massa (SANTOS, SANTOS, 2005), vide imagem 38::

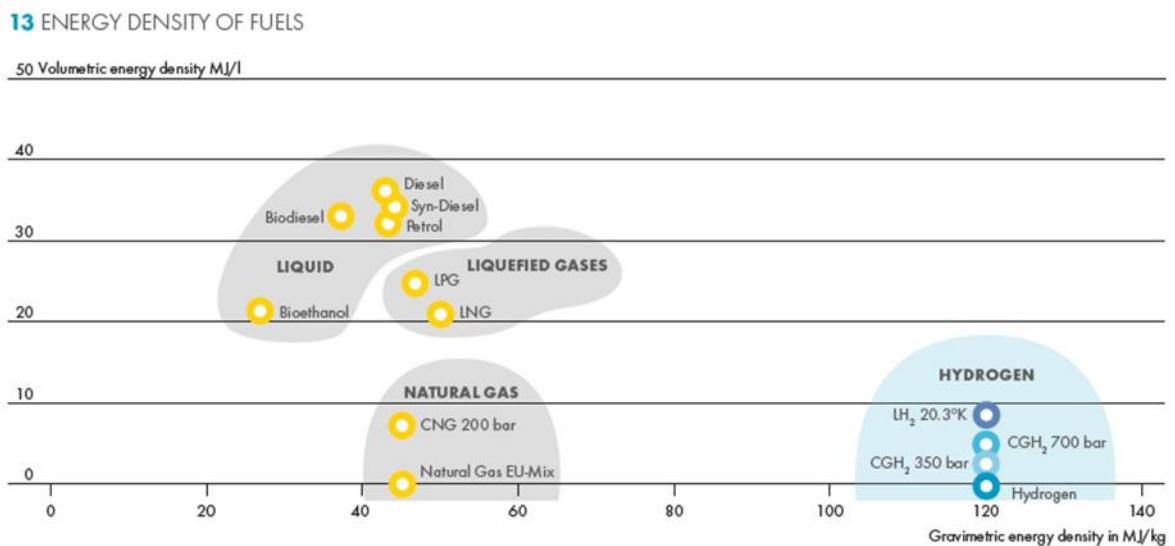
Figura 38 – Poder calorífico de diferentes combustíveis**Tabela 1 - Poder calorífico de diferentes combustíveis**

Combustível:	Valor do Poder Calorífico Superior (a 25°C e 1 atm)	Valor do Poder Calorífico Inferior (a 25°C e 1 atm)
Hidrogénio	141,86 KJ/g	119,93 KJ/g
Metano	55,53 KJ/g	50,02 KJ/g
Propano	50,36 KJ/g	45,6 KJ/g
Gasolina	47,5 KJ/g	44,5 KJ/g
Gasóleo	44,8 KJ/g	42,5 KJ/g
Metanol	19,96 KJ/g	18,05 KJ/g

Fonte: SANTOS, SANTOS (2005)

Assim como o gás natural o grande problema do hidrogênio é a dificuldade de armazenamento, ele possui uma densidade energética ainda menor em condições naturais do que a do gás natural, a alternativa para utilização desse combustível é o armazenamento, nessa situação a utilização do hidrogênio passa a ser viável, vide imagem 39.

Figura 39– Densidade dos combustíveis com variação de pressão



Fonte: SHELL HYDROGEN STUDY ENERGY OF THE FUTURE? Sustainable Mobility through Fuel Cells and H2 (2017)

Porem seu armazenamento é um desafio para os dias atuais e pode ser feito de diferentes maneiras, mas mesmo assim com grandes dificuldades tecnológicas em questão de pressões, temperaturas e materiais, na figura 40 estão os principais métodos de transporte.

Figura 40– Método de transporte de hidrogênio

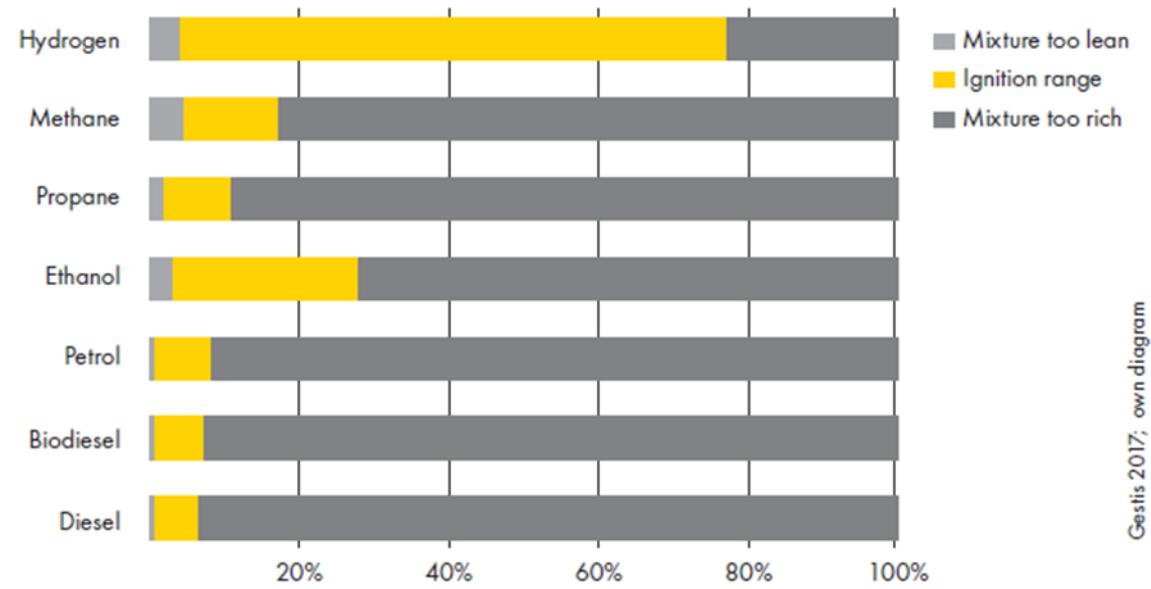


Fonte: SHELL HYDROGEN STUDY ENERGY OF THE FUTURE? Sustainable Mobility through Fuel Cells and H2 (2017)

Além das dificuldades físicas de transporte o Hidrogênio é um combustível de alta inflamabilidade, o que torna um combustível perigoso, quando comparamos com outros combustíveis, vide figura 41

Figura 41– Inflamabilidade dos combustíveis

4 IGNITION RANGE OF FUELS



Fonte: SHELL HYDROGEN STUDY ENERGY OF THE FUTURE? Sustainable Mobility through Fuel Cells and H₂ (2017)

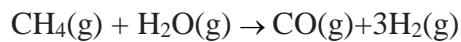
O hidrogênio não está presente de forma livre na natureza, ele sempre está associado a outros componentes, como por exemplo a água, os combustíveis em geral, dessa forma para obtenção do hidrogênio “puro” se faz necessária a transformação dele, o que exige o dispêndio de energia (SANTOS, SANTOS,2005), ele pode ser obtido de diversas formas (a figura 42 ilustra o percentual de produção de hidrogênio, por processo):

- Hidrolise da água: Utilizando energia elétrica é possível dissociar a água em elementos “únicos” entre H₂ e O₂, com uma eficiência total de 95% (SANTOS, SANTOS,2005)

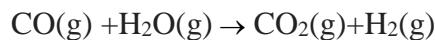


Porem essa alternativa muitas vezes aparenta não fazer sentido pois, a dissociação do hidrogênio tem como principal objetivo a produção de energia elétrica através da célula combustível, ou seja, dessa forma estaremos gastando energia elétrica, para geração de menor energia elétrica equivalente.

- Reforma de hidrocarbonetos: Essa maneira de obtenção de hidrogênio consiste principalmente na utilização de gás natural e etanol (podendo outro hidrocarboneto que possua hidrogênio em sua formula molecular), combinado a vapor a altas temperaturas, obtendo no caso do gás natural hidrogénio, monóxido de carbono e dióxido de carbono.



Esse processo possui um problema ambiental grande, pois o monóxido de carbono é prejudicial à saúde e é um dos gases responsáveis pelo efeito estufa, dessa maneira utilizando vapor novamente para converter o monóxido de carbono em hidrogênio e gás carbônico.



É possível aproveitar entre 70% a 90% do hidrogênio contido no gás natural, atualmente esse é o método mais barato de obtenção do hidrogênio.

Mesmo com tamanha eficiência ainda é mais vantajosa a utilização do combustível primário (gás natural) pois seu custo é menor, comparando a mesma quantidade de energia disponível (SANTOS, SANTOS,2005)

- Gaseificação do carvão: A proposta da utilização do carvão como energia primária é muito semelhante a reforma de hidrocarbonetos, onde carvão deve ser gaseificado e após isso deve ser separado dos outros componentes.

Atualmente a distribuição de energia primária para produção de hidrogênio, segue o infográfico produzido pela Shell e modelo mostra que não apenas a utilização de gás natural é o mais barato, mas também o mais utilizado no mundo.

Figura 42– Percentual de utilização das matérias primas para produção de hidrogênio

5 SHARE OF PRIMARY ENERGY CARRIERS IN GLOBAL HYDROGEN PRODUCTION



Fonte: SHELL HYDROGEN STUDY ENERGY OF THE FUTURE? Sustainable Mobility through Fuel Cells and H2 (2017)

A aplicação do hidrogênio na mobilidade é feita a partir de uma célula combustível, o funcionamento desse tipo de processo acontece através do armazenamento de hidrogênio a 700bar de pressão em um tanque, o combustível armazenado injetado na célula combustível onde se mistura com o oxigênio do ar externo, se transformando em energia elétrica, água e calor, o calor é rejeitado junto com a água pelo escapamento e a energia é armazenada nas baterias, que dispõem energia para o motor elétrico que movimenta o veículo (método de funcionamento baseado no Toyota Mirai).

A utilização do hidrogênio é uma alternativa aos combustíveis fosseis, porém atualmente ele se apresenta pouco viável devido à complexidade de transporte e armazenamento, bem como a segurança devido sua alta inflamabilidade. A utilização do hidrogênio em carros 100% elétricos pode se tornar viável no futuro, pois ele dá a possibilidade de maior armazenamento energético sem necessidades de grandes baterias, com essa combinação seria possível a utilização do hidrogênio em carros elétricos que precisem percorrer longas distâncias sem a possibilidade de recarga nesse período de transito.

3.7 VEICULOS HIBRIDOS

Os veículos Híbridos são a composição de motores a combustão em conjunto a motores elétricos, dessa maneira o veículo ainda necessita de combustível fóssil, porém possui uma bateria que pode ser alimentada pela energia mecânica acumulada a partir de eixo do motor, pelos freios regenerativos ou carregada em estações de carregamento para veículos elétricos, a figura 43 apresenta os tipos de veículos híbridos

Figura 43– Tipos de veículos híbridos

HÍBRIDOS: de acordo com a arquitetura

HÍBRIDO PURO

O deslocamento é feito prioritariamente pelo motor a combustão. O elétrico é acionado para dar suporte ao motor a gasolina, melhorando seu rendimento. As baterias são carregadas pelo sistema de freios regenerativo [converte a energia das desacelerações]. Ex.: Toyota Prius.



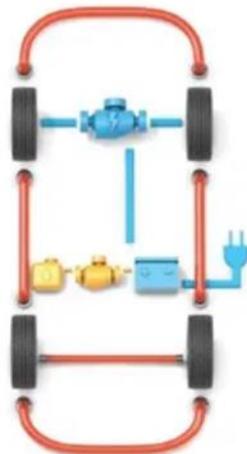
HÍBRIDO PLUG-IN

Este sistema é praticamente igual ao híbrido puro, mas possui plugue, podendo ter suas baterias carregadas não só pelo sistema de freios regenerativo mas principalmente por uma fonte externa [rede elétrica, por exemplo]. Ex.: Porsche Cayenne Hybrid.



HÍBRIDO DE LONGO ALCANCE

O motor elétrico é o principal meio propulsor do veículo, enquanto o motor a combustão funciona principalmente como gerador alimentando as baterias – que também podem ser carregadas por fonte externa [plug-in] e pelo sistema dos freios. Ex.: Chevrolet Volt.



(Jonatan Sarmento/Quatro Rodas)

Fonte: Quatro Rodas, 2019

No mercado existem três tipos de tracionamento (vide figura 44) para veículos híbridos, em série, em paralelo e mistos. Os veículos híbridos em série são tracionados pelo motor elétrico e o motor a combustão serve a penas para carregar as baterias.

Figura 44– Híbrido por tipo de tração



(Jonatan Sarmento/Quatro Rodas)

Fonte: Quatro Rodas, 2019

Atualmente o investimento para aquisição de veículos híbridos no Brasil, desestimula o consumo desse automóvel, a fim de avaliar a viabilidade de aquisição de um veículo híbrido, será realizado um estudo de retorno financeiro considerando o veículo Toyota Prius que é o veículo híbrido mais vendido no mundo e o Toyota Corolla que é um carro equivalente porém com motor unicamente a combustão.

- Toyota Prius 2019 0Km:
- Preço sugerido R\$ 128.530 (TOYOTA, 2019)
- IPVA: 60% do total

Consumo de combustível 18,9km/l na cidade e 17 km/l na rodovia, considerando a utilização de 70% na cidade e 30% na rodovia temos um número de 18,33 km/L que será utilizado na comparação. (TOYOTA, 2019)

- Toyota Corolla GLi 2020 0km:
- Preço sugerido: R\$ 99.990 (TOYOTA, 2019)
- IPVA:100%

Consumo de combustível 11,6km/l na cidade e 14,5km/l na rodovia, considerando a utilização de 70% na cidade e 30% na rodovia temos um número de 12,47 km/L que será utilizado na comparação. (AUTO ESPORTE, 2019), a figura 45 compila os dados exibidos

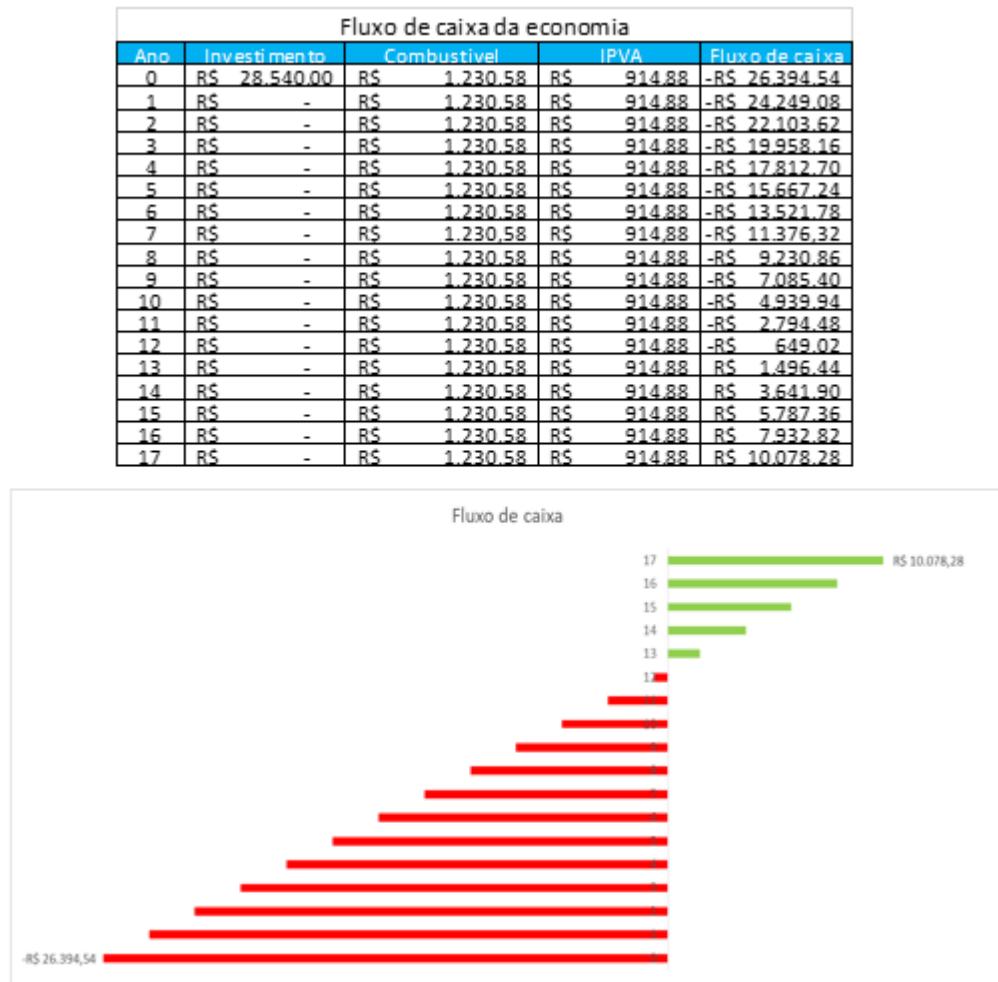
Figura 45– Comparativo de um carro gasolina/etanol vs híbrido

Perfil	km/mês	Consumo de Gasolina PRIUS (l/mês)	Consumo de gasolina COROLLA (l/mês)	Investimento PRIUS	Investimento COROLLA	IPVA PRIUS	IPVA COROLLA
A	500	27,28	40,10	R\$ 128.530,00	R\$ 99.990,00	R\$ 3.084,72	R\$ 3.999,60
B	1000	54,56	80,19				
C	1500	81,83	120,29				
D	2000	109,11	160,38				
E	2500	136,39	200,48				
F	3000	163,67	240,58				
G	3500	190,94	280,67				
H	4000	218,22	320,77				

Fonte: Elaboração própria (2019)

A figura 46 mostra o consumo de gasolina considerando o Toyota Prius e o Toyota Corolla, assumindo que o padrão brasileiro seja de 1.000km no mês e que o valor da gasolina seja R\$4/l, temos o seguinte fluxo de caixa, vide figura 46

Figura 46– Fluxo de caixa para carro gasolina/etanol vs híbrido



Fonte: Elaboração própria (2019)

Dessa forma fica evidente que os investimentos em veículos híbridos não fazem sentido quando pensamos em relação apenas a retorno financeiro, o retorno virá apenas no 13º ano, sendo que a estimativa de utilização de um carro para o brasileiro é de 3 anos, porem a utilização do veículo híbrido está ligada a um conceito de eletrificação e também a diminuição das emissões, sem falar da vantagem da isenção do rodízio em São Paulo.

Em relação as emissões de veículos híbridos, foi disponibilizado na figura 47^a comparação de veículo híbrido com os limites de poluentes estabelecidos no Brasil, EUA e Europa, vide figura 47

Figura 47– Comparativo entre emissões de poluentes e os limites no mundo

Tabela 3 – Comparaçao entre os resultados reais de emissões e os limites estabelecidos pela legislação do Brasil, dos EUA e da Europa.

Poluente	Resultados (g/km)	Limite de Emissão no Brasil (g/km)	Limite de Emissão nos Estados Unidos (g/km)	Limite de Emissão na Europa (g/km)
CO	0,18	2,00	1,30	1,00
NO _x	0,003	0,120	0,030	0,060
NMHC	0,006	0,050	N.R.	0,068
THC	0,008	0,300	N.R.	0,100
Aldeídos	0,0003	0,0200	0,0100	N.R.

Fonte: VEÍCULOS ELÉTRICOS HÍBRIDOS E A EMISSÃO DE POLUENTES
(2009)

Dessa forma é possível ver a grande vantagem em termos de emissões que os veículos híbridos possuem em relação aos motores de combustão convencionais.

É visível que as utilizações de veículos híbridos possuem diversas vantagens em relação aos veículos de combustão interna convencionais, porém ao mesmo tempo ele é consideravelmente mais caro do que um veículo de mesmo padrão (no estudo comparativo ele é 22% mais caro), dessa maneira para fomentar a utilização do veículo seria necessário aumento dos incentivos fiscais a fim de que essa diferença econômica diminuisse.

3.8 VEICULOS ELÉTRICOS

Os veículos movidos a eletricidade são muito semelhantes aos veículos convencionais movidos a motores a combustão, a principal diferença se dá no tipo de motor que passa a ser elétrico e em sua transmissão.

A tecnologia de veículos elétricos não é nova, um exemplo de veículo elétrico do ano de 1975 utilizado pela CRGE (Companhias reunidas de gás e eletricidade), é o Enfield 8000 (figura 48) que possuía um motor de 6kW com velocidade máxima de 64km/h e autonomia de 40 a 90km dependendo das condições e percursos, ele podia ser abastecido em qualquer tomada 220V. (Veículo em exposição no Museu MAAT Lisboa - 2019)

Figura 48– Enfield 800



Fonte: Arquivo Pessoal – Foto tirada em Lisboa no museu MAAT (2019)

Assim como nos veículos híbridos existe grande dificuldade de implementação dos veículos elétricos principalmente no Brasil devido ao alto investimento necessário tanto para a aquisição do veículo quanto na aquisição de estações de recarga.

Um dos veículos elétricos mais baratos vendidos no Brasil é o Renault ZOE, ele custa R\$ 149.900 e é de porte de carro popular brasileiro, como por exemplo o UP que será utilizado para comparação financeira.

Renault ZOE 2019 0km:

- Preço: R\$149.900
- IPVA: 60% do total
- Custo do quilometro rodado : R\$0,10/km

Volkswagen UP MPI 2019 0km:

- Preço: R\$ 46.790
- IPVA:100%
- Custo do km rodado: R\$0,25

A figura 49 compara um carro gasolina/etanol e um elétrico

Figura 49– Comparativo de um carro gasolina/etanol vs elétrico

Perfil	km/ mês	Consumo de Gasolina PRIUS (l/mês)	Consumo de gasolina COROLLA (l/mês)	Investimento PRIUS	Investimento COROLLA	IPVA PRIUS	IPVA COROLLA
A	500	27,28	40,10	R\$ 128.530,00	R\$ 99.990,00	R\$ 3.084,72	R\$ 3.999,60
B	1000	54,56	80,19				
C	1500	81,83	120,29				
D	2000	109,11	160,38				
E	2500	136,39	200,48				
F	3000	163,67	240,58				
G	3500	190,94	280,67				
H	4000	218,22	320,77				

Fonte: Elaboração própria (2019)

Como podemos perceber o custo do carro elétrico ZOE é de quase três vezes mais do que o UP, dessa forma o IPVA, mesmo com desconto de 40% ainda é mais caro, valor com energia vs combustível é duas vezes e meia menor, porem isso não justifica o investimento, nessa situação o Payback seria em 1393 anos, o que se torna inviável para os padrões brasileiros, vide figura 50

Figura 50– Fluxo de caixa para carro gasolina/etanol vs elétrico

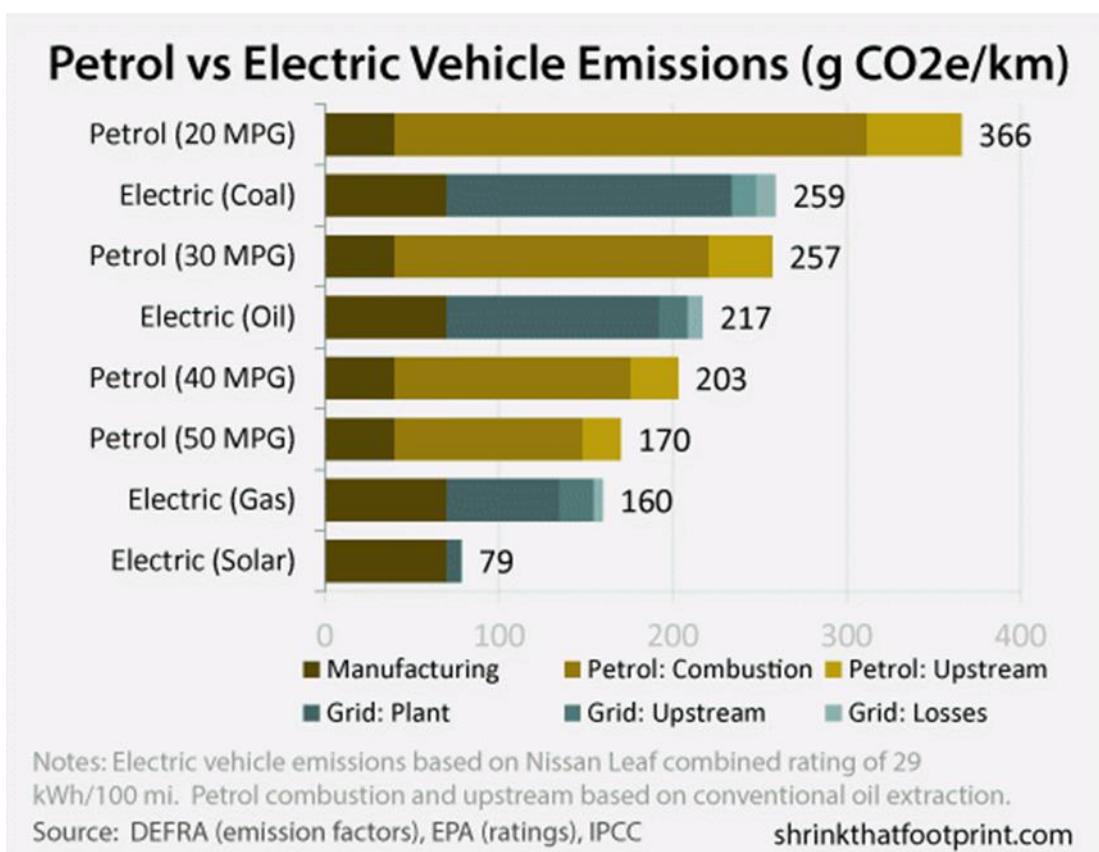
Ano	Investimento	Combustível	IPVA	Fluxo de caixa
0	R\$ 103.110,00	R\$ 1.800,00	-R\$ 1.726,00	-R\$ 103.036,00
1	R\$ -	R\$ 1.800,00	-R\$ 1.726,00	-R\$ 102.962,00
2	R\$ -	R\$ 1.800,00	-R\$ 1.726,00	-R\$ 102.888,00
3	R\$ -	R\$ 1.800,00	-R\$ 1.726,00	-R\$ 102.814,00
4	R\$ -	R\$ 1.800,00	-R\$ 1.726,00	-R\$ 102.740,00
5	R\$ -	R\$ 1.800,00	-R\$ 1.726,00	-R\$ 102.666,00
6	R\$ -	R\$ 1.800,00	-R\$ 1.726,00	-R\$ 102.592,00
7	R\$ -	R\$ 1.800,00	-R\$ 1.726,00	-R\$ 102.518,00
8	R\$ -	R\$ 1.800,00	-R\$ 1.726,00	-R\$ 102.444,00
9	R\$ -	R\$ 1.800,00	-R\$ 1.726,00	-R\$ 102.370,00
10	R\$ -	R\$ 1.800,00	-R\$ 1.726,00	-R\$ 102.296,00
...
1392	R\$ -	R\$ 1.800,00	-R\$ 1.726,00	-R\$ 28,00
1393	R\$ -	R\$ 1.800,00	-R\$ 1.726,00	R\$ 46,00

Fonte: Elaboração própria (2019)

A aquisição de veículos elétricos nessa situação se dá muito mais pelo apelo em relação a emissões e não econômicos.

As emissões em relação aos veículos elétricos é um assunto polêmico, pois dependendo da matriz energética do país, ou até mesmo da região do país a utilização passa a emitir mais gases do efeito estufa do que um veículo convencional a combustão interna, vide figura 51

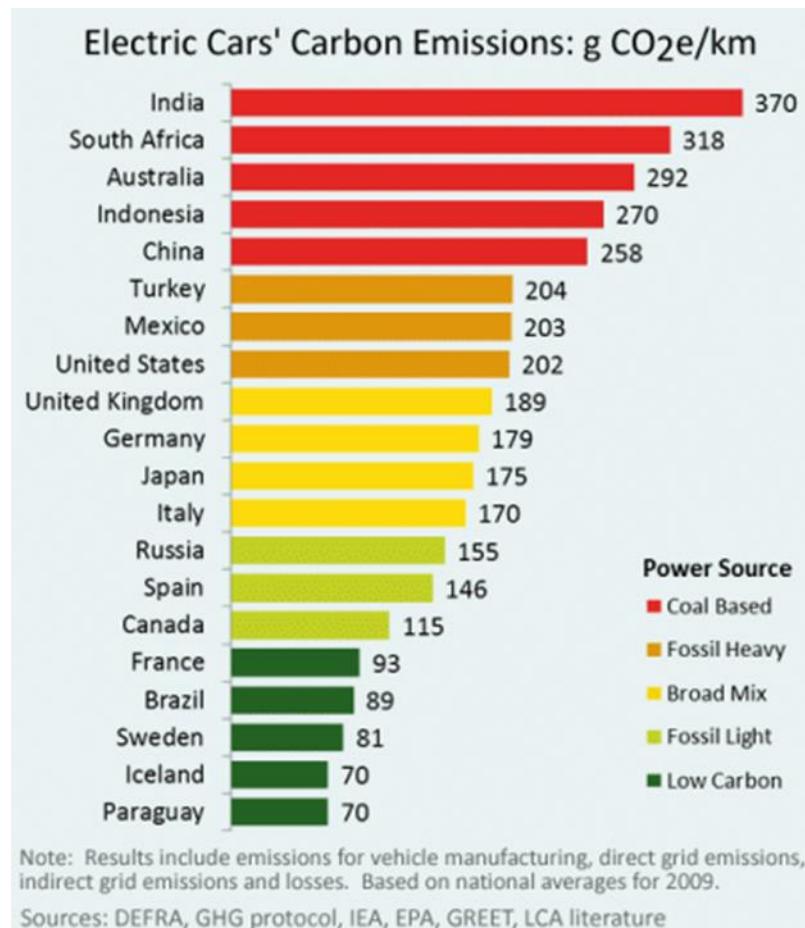
Figura 51 Comparação entre emissões por tipo de energia primária



Fonte: What is the greenest car? An extremely short guide to vehicle emissions (2018)

A figura 51 representa a emissão de CO₂ equivalente de acordo com a fonte de energia primária, dessa forma é visível que países onde a fonte primária de combustível é o carvão utilizando veículos elétricos devem emitir mais CO₂ equivalente do que países onde possuem veículos convencionais a combustão interna com eficiência média, vide figura 52

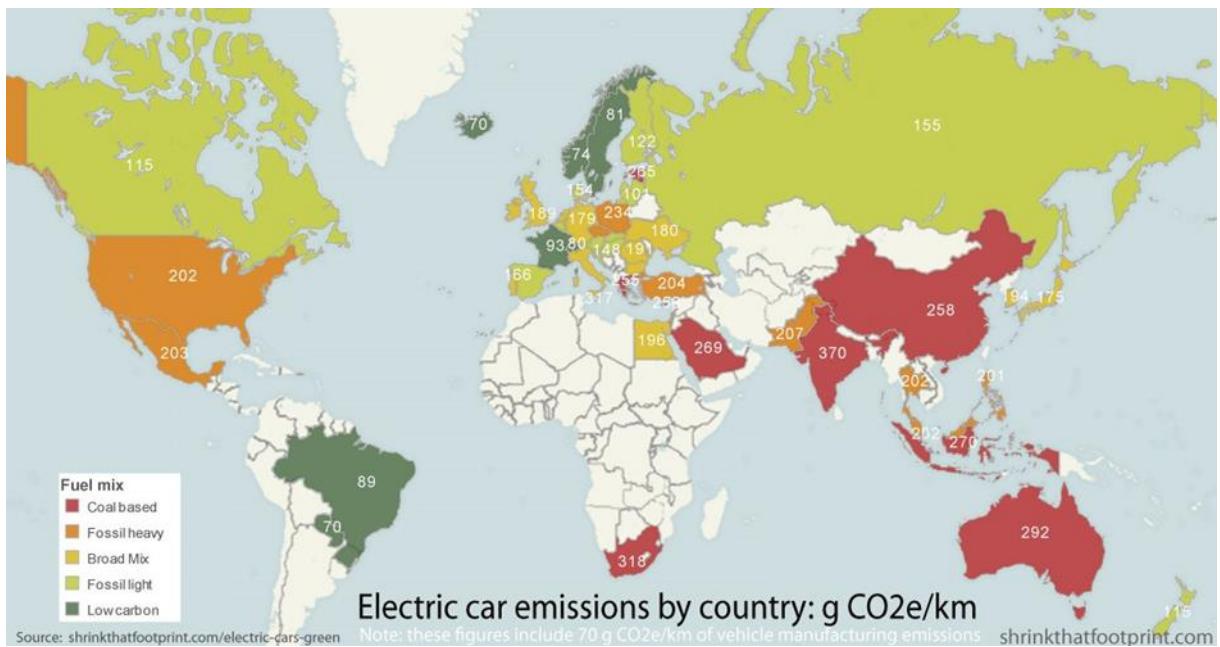
Figura 52– CO2 equivalente de veículos elétricos por país



Fonte: Shades Of Green - Electric Cars Carbon Emission Around the Globe (2013)

A figura 53 plota no globo as emissões por país

Figura 53– CO2 equivalente de veículos elétricos por país plotado no mapa



Fonte: Shades Of Green - Electric Cars Carbon Emission Around the Globe (2013)

A figura 53 acima mostra que os veículos elétricos na Índia emitem mais CO2 equivalente do que um veículo convencional a combustão interna de baixa eficiência, pois a matriz energética principal é de carvão, com grande quantidade de emissões.

Assim fica evidente que a utilização de veículos elétricos é de fato uma promessa para um futuro, porém seu preço de compra ainda é extremamente elevado e muitos países não possuem uma matriz energética de baixo carbono que incentivem a utilização do veículo elétrico com a justificativa de energia "limpa".

Quando pensamos em veículos elétricos não temos apenas automóveis, mas também trens, scooters...

Avaliando a utilização de trem elétrico temos grande vantagem em relação ao trem a diesel, desde que as matrizes energéticas responsáveis pela alimentação do motor elétrico dos trens sejam mais eficientes e menos poluidoras do que o próprio diesel, dessa forma em ambientes onde a matriz energética seja carvão ou o próprio diesel é melhor manter a utilização de motores a combustão a diesel nos trens. Em pesquisa realizada pelo EESI (Environmental and Energy Study Institute ,2018) afirma que no mercado americano a substituição dos trens a diesel

para trens a eletricidade promoveria cerca de 50% de economia com combustível, uma diminuição de 20% do custo de implementação dos motores e uma diminuição de 20% a 35% em custo de manutenção.

Em relação as scooters que também são conhecidas como patinetes elétricos, temos diferentes tipos de análises possíveis, utilizaremos o modelo definido pelo estudo (Hollingsworth ,2019)

O modelo mapeado por Hollingsworth é composto da análise do ciclo de vida, vide figura 54.

Figura 54-Análise de ciclo de vida de patinete elétrico

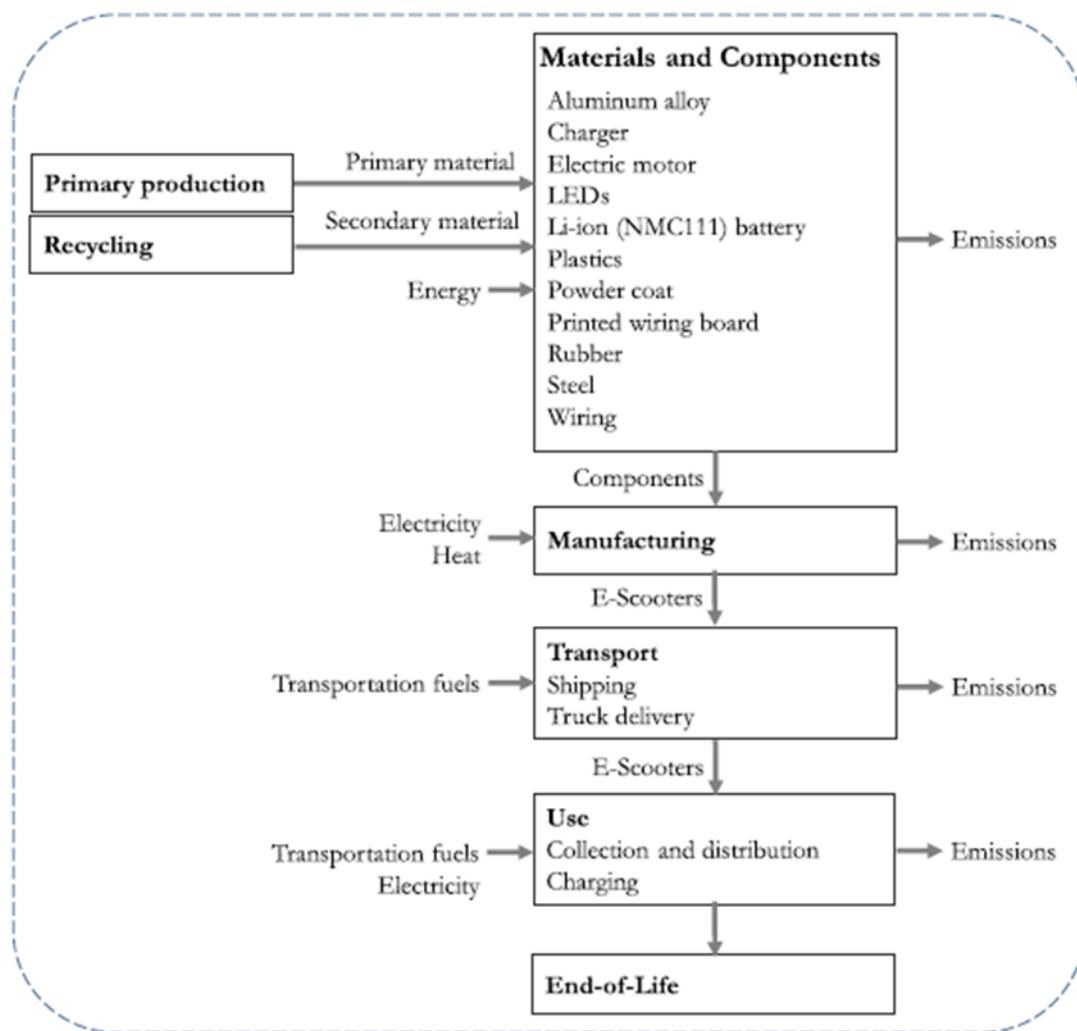


Figure 1. System boundary diagram for a life cycle assessment on shared dockless electric scooters.

Fonte: Hollingsworth (2019)

É evidente que assim como os outros veículos elétricos a scooter depende da matriz energética local que é a responsável pela energia motriz do veículo, porem para efeito comparativo a energia necessária para a recarga do patinete não é relevante, visto que os principais responsáveis pelas emissões é a produção e o transporte da scooter.

A partir da análise probabilística de Monte Carlo o estudo nos mostra na figura 55

Figura 55– Análise probabilística de Monte Carlo de um patinete elétrico

Table 2. Likelihood that the e-scooter life cycle global warming impacts per passenger-mile traveled exceeds the impacts associated with alternative modes of transportation.

	Base case	Low collection distance	Battery depletion limit	High vehicle efficiency	High scooter lifetime
Personal automobile ^a (414 g CO ₂ /mi)	1.7%	0.3%	0.7%	1.0%	0.0%
Shared dockless bicycle ^b (190 g CO ₂ /mi)	33.2%	20.9%	23.6%	30.0%	0.0%
Benchmark Displacement ^c (150 g CO ₂ /mi)	65.0%	34.8%	39.9%	50.0%	4.0%
Electric moped ^d (119 gCO ₂ /mi)	100.0%	54.2%	66.9%	89.5%	100.0%
Bus with high ridership ^e (82 g CO ₂ /mi)	100.0%	99.6%	100.0%	100.0%	100.0%
Electric bicycle ^d (40 g CO ₂ /mi)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Bicycle ^d (8 g CO ₂ /mi)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Values drawn from

^a Argonne National Lab GREET 2 model.

^b Reference [13].

^c Benchmark Displacement assumes 1 e-scooter passenger-mile displaces 0.34 miles of personal automobile travel, 0.11 miles of bus travel, and 0.08 miles of bicycle travel.

^d Reference [11].

^e Reference [12].

Fonte: Hollingsworth (2019)

A figura 55 nos mostra que em relação ao caso base a utilização da scooter nunca é uma boa opção.

O grande problema da utilização da scooter é a pequena vida útil que é de 0,5 a 2 anos e seu transporte via caminhão diesel.

4. NOVAS TECNOLOGIAS NO SETOR DE TRANSPORTE

O transporte impacta a vida de todas as pessoas do planeta, dessa forma o avanço, as novas tecnologias representam mudanças em grande parte da população, grande parte das revoluções que aconteceram no mundo, ocorreram devido a grandes avanços no transporte, como por exemplo as grandes navegações, a chegada a lua, as grandes guerras...

4.1. VEICULOS AUTÔNOMOS.

Os veículos autônomos são qualquer tipo de veículo cuja a tomada de decisão no momento da direção seja feita exclusivamente a partir de inteligência artificial, onde quando os sensores que recebem as influências externas da realidade os atuadores realizem as ações para qual ele programado. (Jung, Osório, Kelber , Heinen ,2005), a figura 56 ilustra a operação.

Figura 56 – Modo de operação de um veículo autônomo

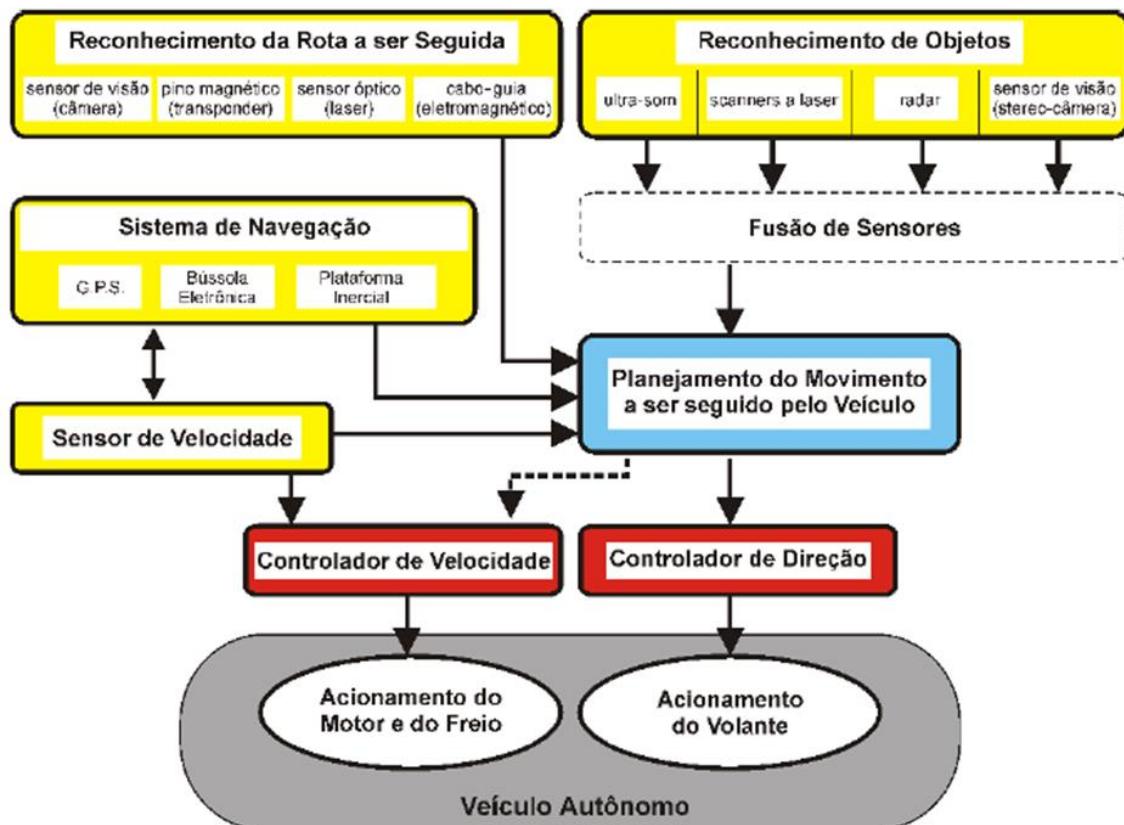


Figura 4.4: Estrutura da Instrumentação Embarcada

Fonte: Jung, Osório, Kelber , Heinen (2005)

Certamente em médio prazo os veículos autônomos devem transformar a indústria do transporte, permitindo que o transporte seja feito de formas mais eficientes e dinâmica, os principais pontos que ainda precisam ser discutidos e aprimorados são a confiabilidade, a segurança e principalmente o preço.

Em relação ao preço da utilização de veículos elétricos já existem estudos que comprovam que as utilizações de veículos autônomos devem vir ser uma alternativa interessante. (Bösch, Becker, Becker, Axhausen ,2017), vide figura 57

Figura 57– Comparação do custo do quilometro por passageiro (em franco suíço CHF) de diferentes modos de transporte com e sem veículos autônomos

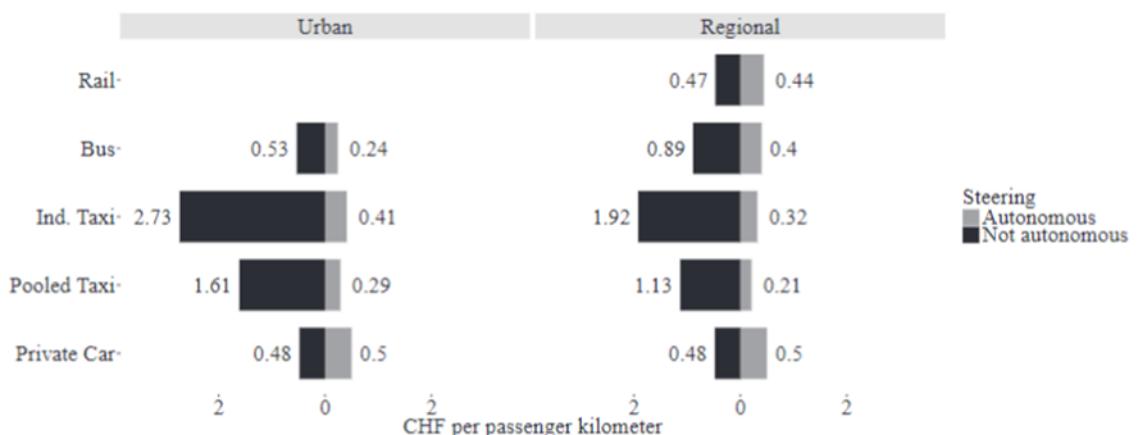


Fig. 2. Cost comparison of different modes with and without autonomous vehicle technology.

Fonte: Bösch, Becker, Becker, Axhausen (2017)

4.2. HYPERLOOP.

Hyperloop é uma ideia desenvolvida por Elon Musk com o objetivo de criar um novo conceito de transporte.

Trata-se de uma capsula, semelhante a um trem que percorre um tubo a vácuo, diminuindo a ineficiência devido a resistência do ar, além disso ele utiliza imã para levitar sobre o trilho eliminando o atrito criado entre roda e trilho.

Estimasse que a capsula possa chegar a 1.000km/h, dessa maneira seria possível fazer o trajeto São Paulo até Rio de Janeiro em 20 minutos e o trajeto São Paulo até Campinas em apenas 6 minutos.

A capsula poderia transportar de 28 a 40 pessoas e seria alimentada por motores elétricos, sendo assim a possibilidade de termos um transporte de baixo carbono é grande desde que aplicada em locais com matriz energética compatível com esse argumento. (Hyperloop,2019), a figura 58 ilustra o design do Hyperloop.

Figura 58– Hyperloop



Fonte: – Hyperloop (2019)

4.3. DRONES

O Drone é um veículo aéreo não tripulado que utilizado para diferentes fins, como por exemplo para entrega de encomendas, missões em guerras, filmagens de locais inóspitos...

Atualmente está sendo discutida a utilização dos Drones em diversas funções, até mesmo na utilização dos Drones de maneira tripulada com o objetivo de diminuir o congestionamento em grandes centros urbanos, em pontes que possuem difícil acesso e até mesmo em locais onde o acesso terrestre é inviável.

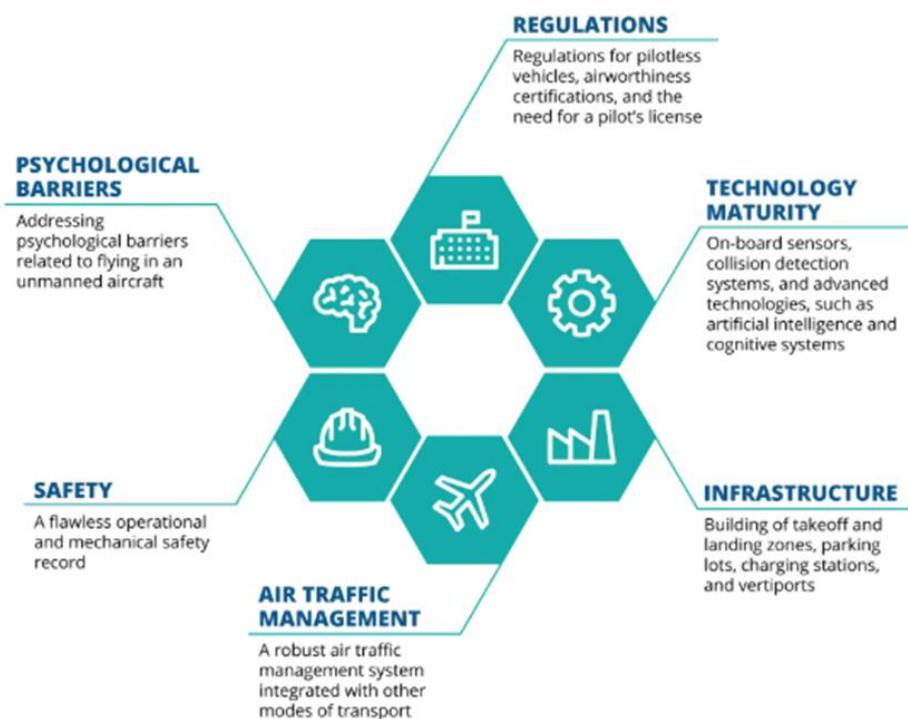
O Drone tripulado vem para substituir a utilização de helicópteros que possuem viagem com elevado custo e grande quantidade de emissões.

A grande questão hoje em dia é a regulação quanto a utilização dos drones, sejam eles para transporte de pessoas ou simplesmente recreativo.

A figura 59 apresenta as principais questões para a utilização de drones no mundo

Figura 59– Principais questões para a utilização dos Drones de maneira massiva

Figure 3. Considerations for commercial passenger drone development and adoption



Source: Deloitte analysis.

Deloitte Insights | deloitte.com/insights

Fonte: Deloitte, 2018

5. ROTAS PARA O DESENVOLVIMENTO DA MOBILIDADE

Quando pensamos em definir rotas é essencial que tenhamos um objetivo comum para que a rota traçada não seja a errada e percamos energia e investimento corrigindo um objetivo mal escolhido.

Para isso é evidente que um dos principais objetivos é a diminuição das emissões de gases nocivos a vida no planeta terra, a disponibilidade e a qualidade de transporte a todos.

Porem para que esse objetivo seja ainda mais robusto e justo ao interesse de todos usaremos como referência os 17 objetivos para o desenvolvimento sustentável que é interesse público da humanidade divulgado pela Organização das Nações Unidas, “Esta Agenda é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Ela também busca fortalecer a paz universal com mais liberdade. Reconhecemos que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões, incluindo a pobreza extrema, é o maior desafio global e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável” (ONU, 2015), figura 60.

Além também de utilizar o acordo de Paris cujo objetivo é manter a temperatura média do planeta abaixo de 2°C comparada a temperatura média do período pré-industrial e limitar o aumento da temperatura até 1,5°C acimo do nível pré-industrial, como referência

Figura 60– Objetivos do desenvolvimento sustentável



Fonte: (ONU, 2015)

Atualmente o setor de transportes é responsável pela emissão de 7,7Gton de CO₂ com 23% de emissões devido a combustíveis fosseis e 14% a atividades antropogênicas

O setor de transportes segue a crescer é esperado que até 2050 a atividade do transporte seja duplicada o que soma 12-13Gt de emissões a cada ano, isso acontece devido ao desenvolvimento das economias e ao aumento populacional, principalmente nas grandes

cidades onde é esperado o aumento entre 2 e 3 bilhões de pessoas, esses dados nos mostram o quanto o desafio de redução das emissões é desafiador. (A Global Macro Roadmap outlining an actionable vision towards decarbonized, resilient transport, 2018)

A figura 61 ilustra os principais pontos críticos em relação as emissões nos dias de hoje.

Figura 61– Emissões no setor de transporte

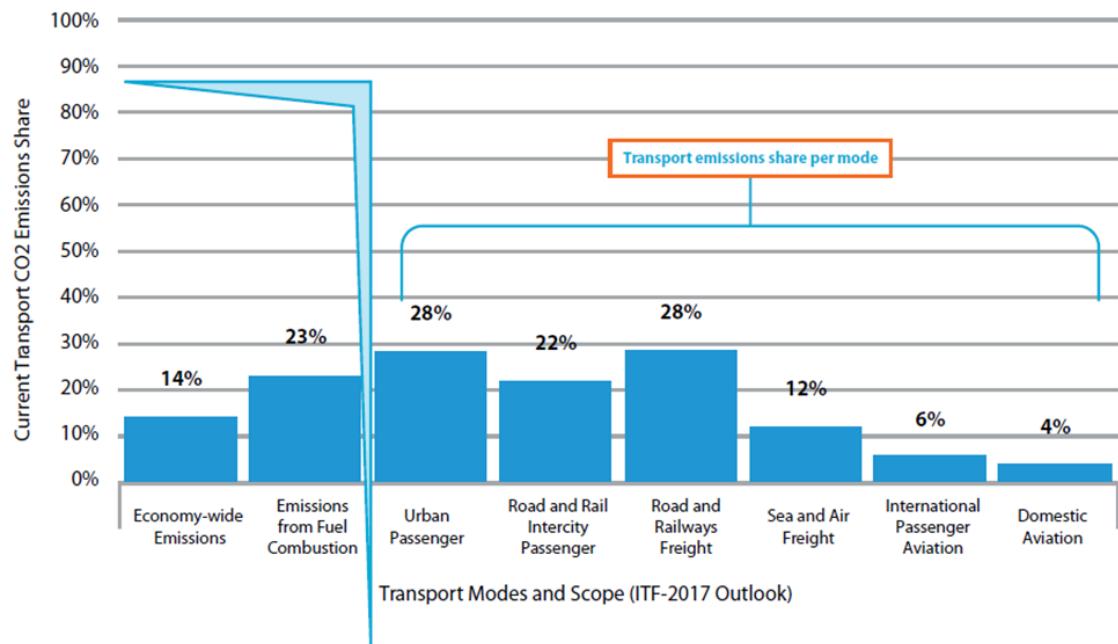
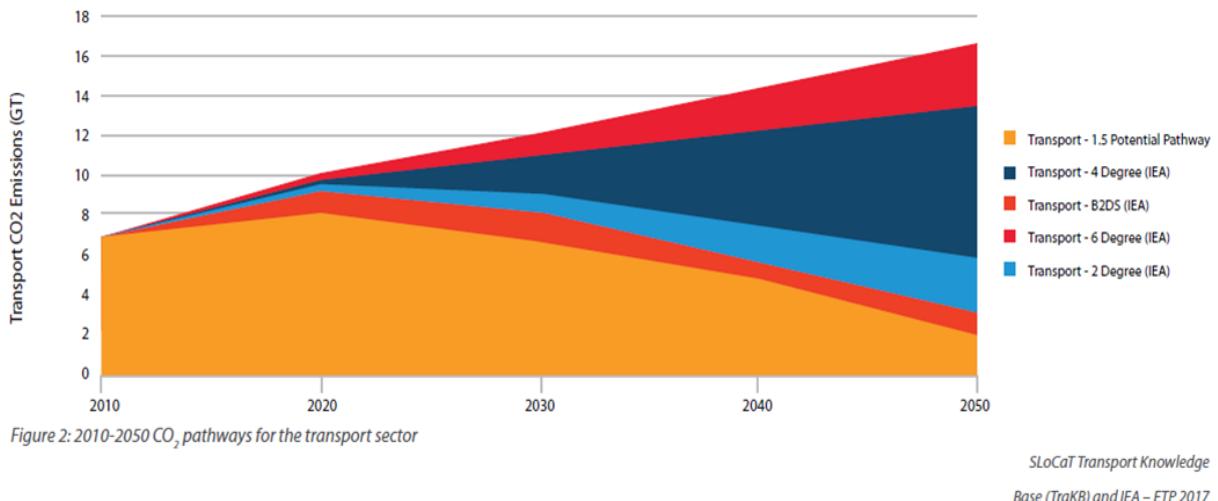


Figure 1: Breakdown of transport-sector emissions

Fonte: A Global Macro Roadmap outlining an actionable vision towards decarbonized, resilient transport (2018)

Para o setor de transportes existe uma meta difícil, mas factível de ser alcançada que é deixar de emitir 7,7GT/ano de CO₂ e passar a emitir de 2 a 3GT/ano no meio do século XXI, porem até chegar a esse nível de emissões teremos um pico em 2020, a figura 62 ilustra essa teoria

Figura 62– Variação de emissões com o avanço do tempo



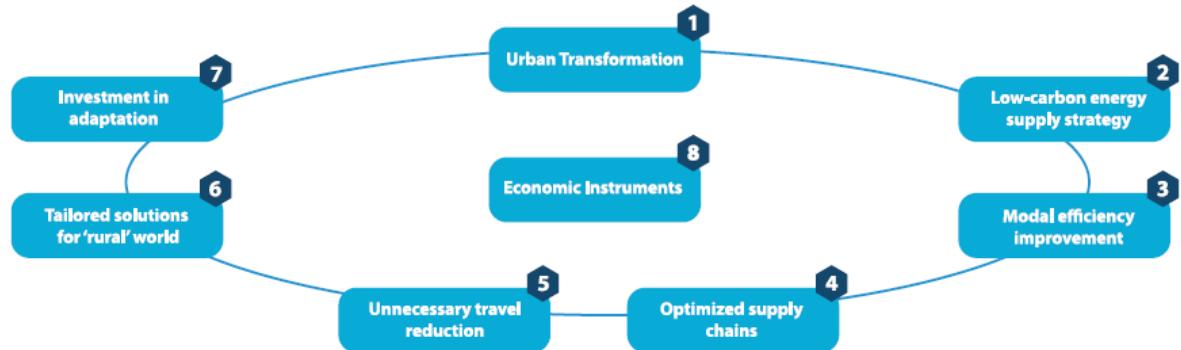
Fonte: A Global Macro Roadmap outlining an actionable vision towards decarbonized, resilient transport, 2018

Fica evidente que para alcançar a meta será necessário investimento não apenas nos setores de transportes, mas também no sistema urbano, no modelo de negócio, na arquitetura das cidades..., mas principalmente na geração de energia, visto que com a tendência da eletrificação a necessidade de energias de baixo carbono são essenciais.

Para alcançar o nível de emissões definido se faz necessário grande investimento, para isso foram criados o The Green Climate Fund.

A fim de garantir que os objetivos sejam alcançados foram mapeados os principais pontos para assim traçar a rota (figura 63) a fim de atingir o objetivo, lembrando é claro que as mudanças não aconteceram no mesmo ritmo em todas as partes do globo, mas que se crie uma estratégia para a atuação em pioneiros e que após consolidada ela seja utilizada por outros.

Figura 63– Roteiro com os principais pontos para atingir os objetivos da mobilidade



Fonte: A Global Macro Roadmap outlining an actionable vision towards decarbonized, resilient transport (2018)

Os mapeamentos das ações não pensam exclusivamente nas mudanças climáticas, ela enfatiza também a equidade dos recursos no transporte, como esforço de erradicação da pobreza (ODS), vide figura 64

Figura 64 – Conexão entre o roteiro principais pontos com as ODS

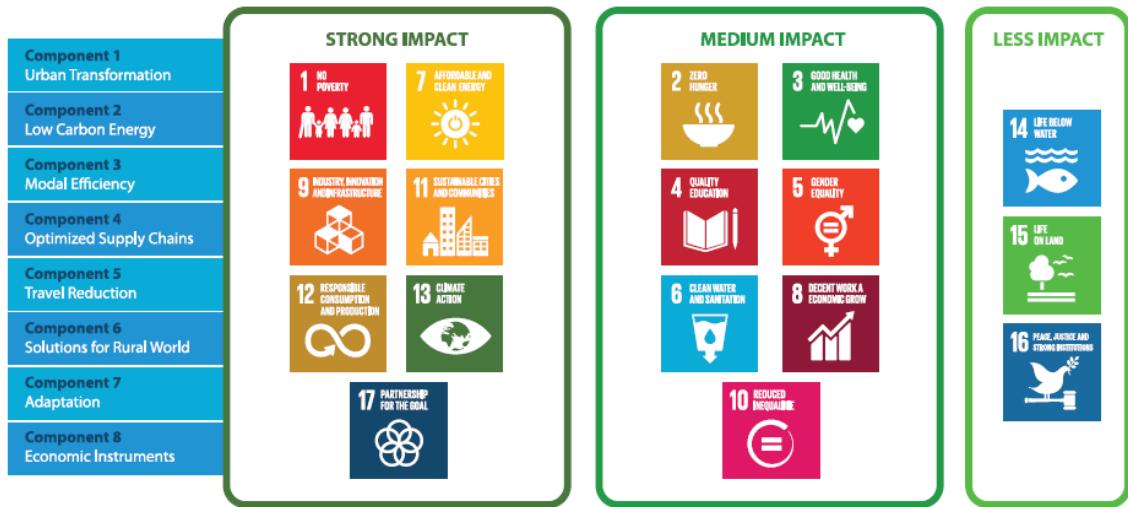


Figure 4: Linkage between the GMR Components and the 2030 SDGs

Fonte: A Global Macro Roadmap outlining an actionable vision towards decarbonized, resilient transport (2018)

Quando analisamos o roteiro com cuidado nasce a necessidade de avaliar os impactos sobre escolhas de onde evitar, mudar ou aumentar as ações e estratégicas. Vide figura 65

Figura 65– Impactos da ação por componente

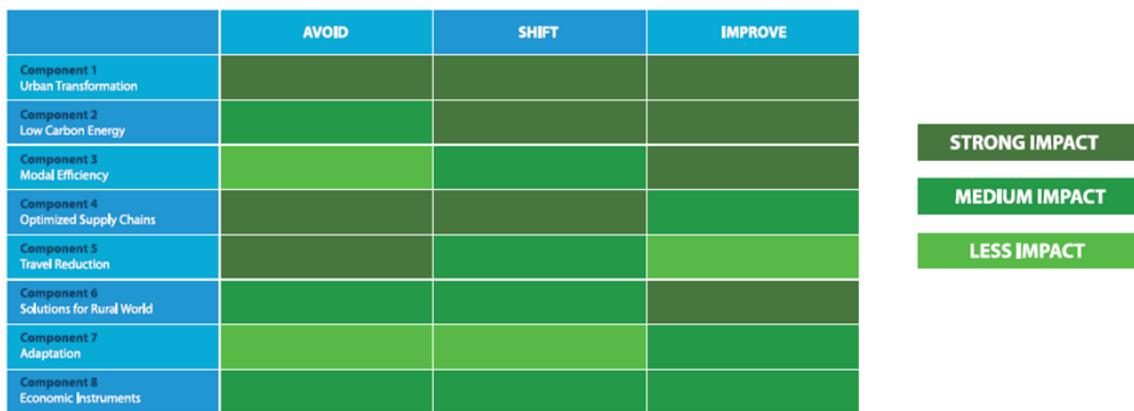


Figure 5: Interrelationship between GMR components and the Avoid - Shift - Improve dimensions of sustainable transport

Fonte: A Global Macro Roadmap outlining an actionable vision towards decarbonized, resilient transport (2018)

5.1. TRANSFORMAÇÃO URBANA

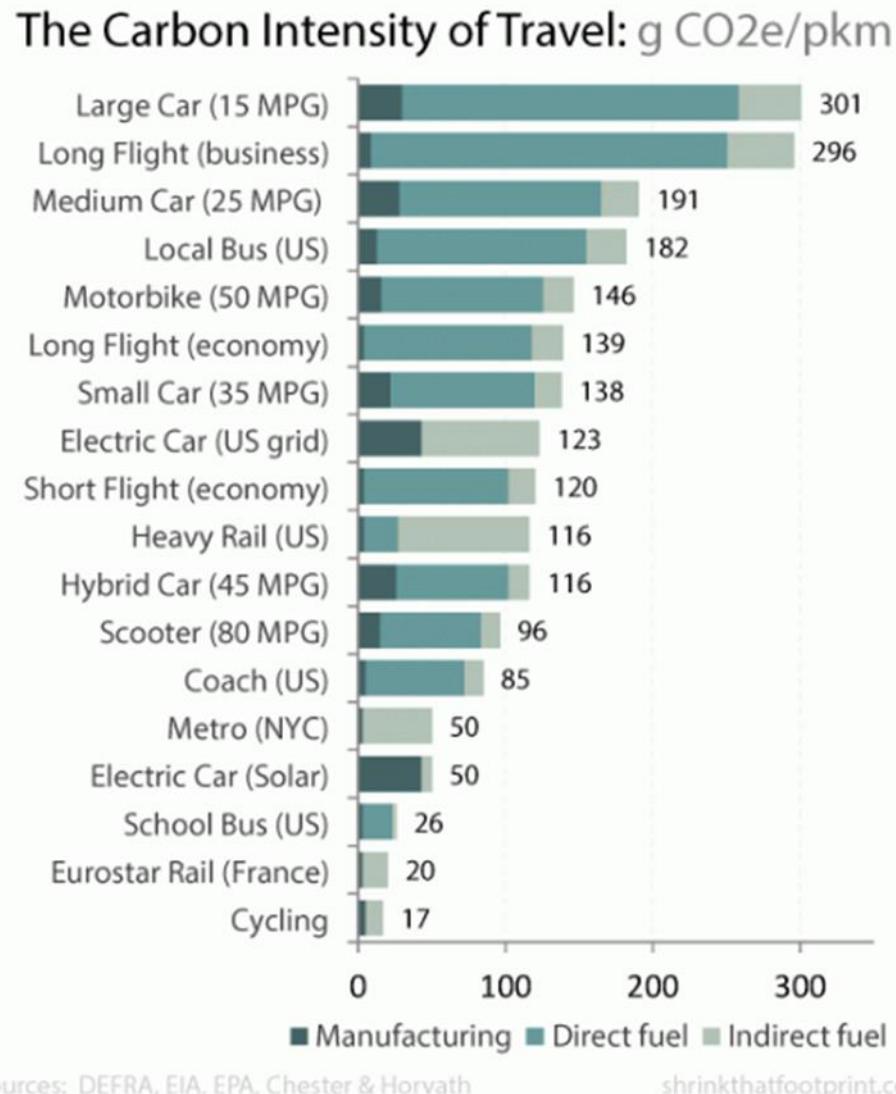
Favorecer estilo de vida mais saudáveis e inclusivos com para cidades mais prosperas e eficientes impulsionando o transporte urbano e a descarbonizarão.

Garantindo um transporte seguro, inclusivo e útil para o trabalho e vida pessoal dos cidadãos, garantindo é claro a premissa de baixo carbono.

A prioridade sempre será primeiramente pela utilização do corpo humano como fonte de energia para o transporte, seja ele feito simplesmente a pé ou de bicicleta, e de veículos coletivos onde é sabido que se utiliza menos carbono e se trata de um transporte mais eficiente, para isso será necessário o desenvolvimento de condições físicas e regulatórias que favoreçam esse tipo de transporte

A figura 66 nos esclarece quais são os principais transportes com baixo carbono por quilometro rodado

Figura 66– Carbono equivalente por quilometro e relação ao tipo de transporte



Fonte: 5 Elements of Sustainable Transport (2019)

Os principais desafios são garantir que até 2040 os países pioneiros nas transformações rumo aos números do acordo de Paris e dos ODS diminuam a 20% o total de viagens urbanas de veículo particular e que 80% das viagens sejam feitas a pé, bicicleta ou transporte público, e que esses números sejam iguais para os países que seguem os pioneiros em 2060, vide figura 67

Figura 67– Números propostos para transformação urbana.

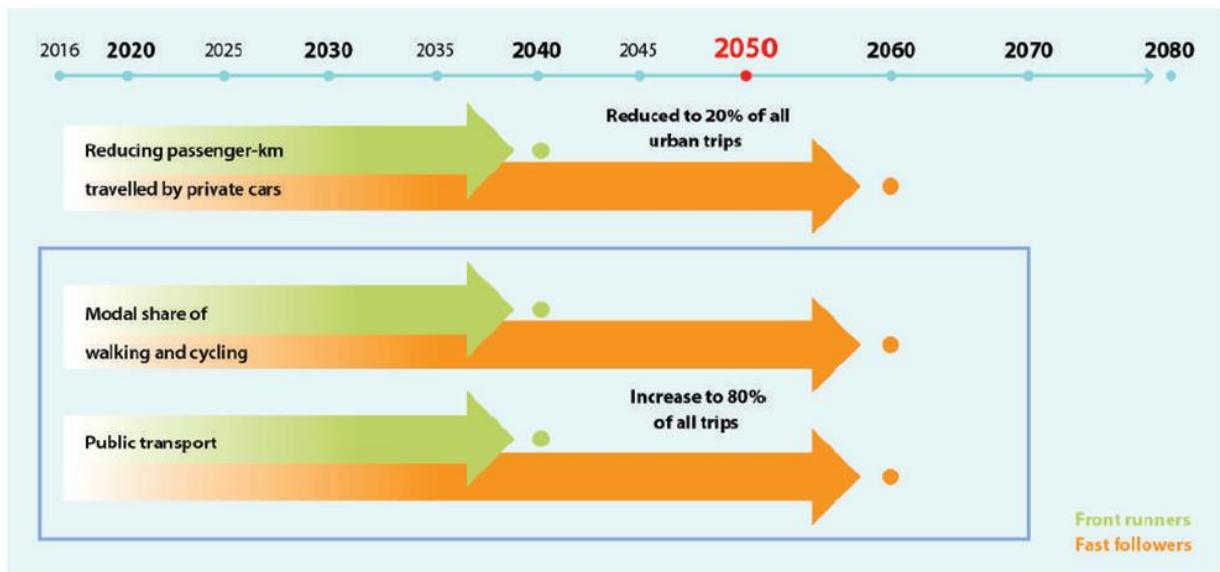


Figure 6: Component 1-a : Proposed urban modal shift

Fonte: A Global Macro Roadmap outlining an actionable vision towards decarbonized, resilient transport (2018)

Algumas ações já são feitas objetivando e reforçando esse objetivo como os anúncios feitos pelo Reino Unido e pela França sobre a proibição de veículos a gasolina e a diesel até 2040.

5.2. ENERGIA DE BAIXO CARBONO

Como sabemos é essencial que a matriz energética para a geração de energia seja de baixo carbono, nada adianta o investimento em veículos elétricos se o combustível primário que alimenta a bateria desses veículos são de origem não renovável como por exemplo o carvão, dessa forma os números que são esperados para os países pioneiros são de 20gCO₂/kW.h até 2050 e de 40gCO₂/kW.h até 2070 para os países que seguem os padrões dos pioneiros, além é claro da utilização de hidrogênio de baixo carbono para as indústrias e viagens de longa duração onde apenas uma carga na bateria não seria suficiente a partir da utilização de combustíveis sustentáveis como é o caso do Brasil que é referência global, a figura 68 traduz os números esperados

Figura 68– Suprimento de energia de baixo carbono

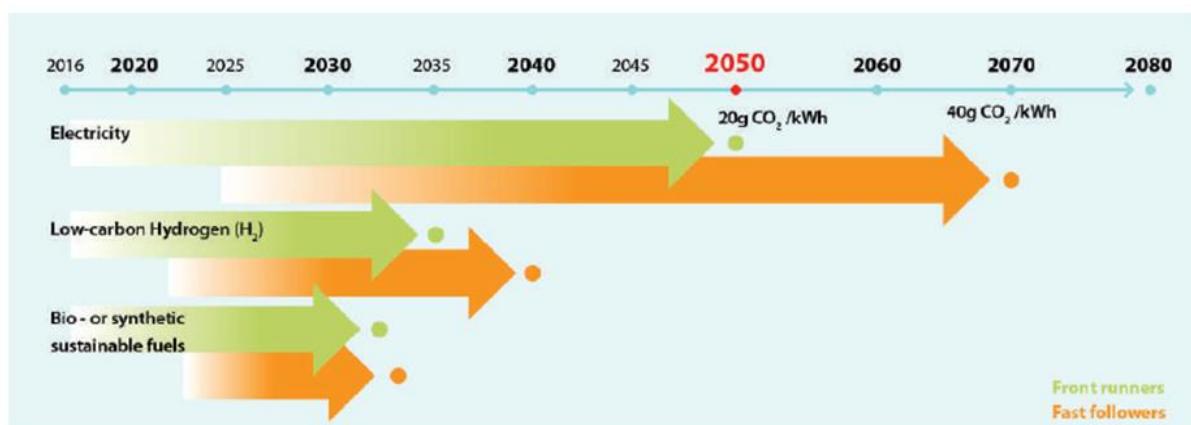


Figure 8: Component 2 : Implementing a low-carbon energy supply strategy

Fonte: A Global Macro Roadmap outlining an actionable vision towards decarbonized, resilient transport (2018)

5.3. EFICIENTIZAÇÃO

Para garantirmos que todos os meios de transportes estejam alinhados com as condições de missões é necessário criamos parâmetros factíveis para cada tipo de transporte, dessa maneira a figura 69 nos guia para o caminho onde queremos chegar:

Figura 69– Caminho para eficientização por tipo de transporte ao longo do tempo

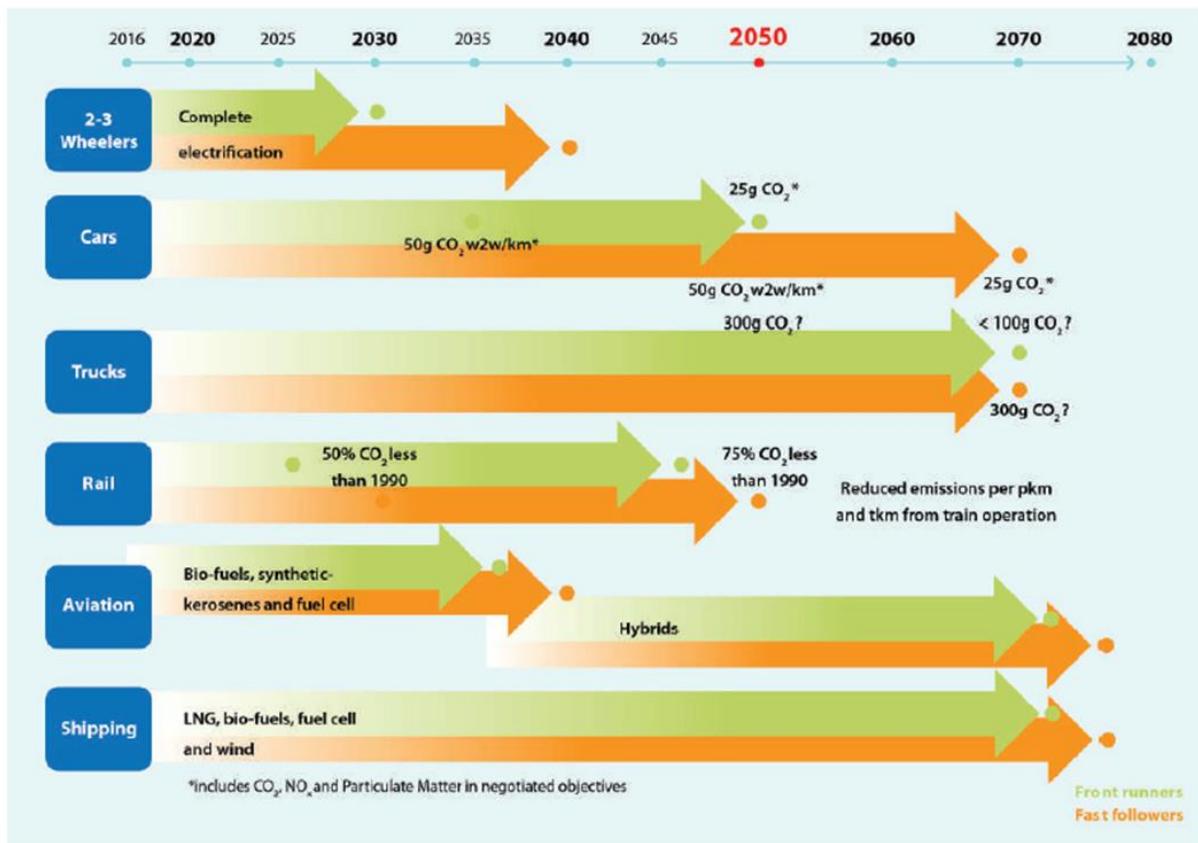


Figure 9: Component 3 : Improving modal and system efficiencies

Fonte: A Global Macro Roadmap outlining an actionable vision towards decarbonized, resilient transport (2018)

Para garantir os níveis de emissões para os carros de 50gCO₂e/km até 2050 será necessária a implantação de larga escala de veículos híbridos e elétrico, já para o nível de emissões de 15gCO₂e/km será necessária a utilização quase que completa de veículos elétricos (energia a qual produzida por métodos de baixo carbono) e hidrogênio produzidos por fontes renováveis.

Já para os caminhões a eficientização deve ocorrer primariamente pela redução de arrasto, redução do peso próprio, aumento de eficiência do motor, hibridação, e utilização de combustível de baixo carbono como por exemplo o metano, dessa maneira é esperado que 2050 exista uma redução de 850 gCO₂e/km para 300 gCO₂e/km, para que esse nível diminua para menos de 100 gCO₂e/km será necessária a utilização de exclusivamente de biocombustíveis,

veículos híbridos e elétricos, isso deve acontecer não antes de 2060. Um dos métodos para que essa transformação seja factível é a utilização de legislação de baixo carbono para transporte de cargas.

A mobilidade sobre trilhos é a que deve sofrer alterações menos drásticas pois ela já é amplamente eletrificada, cabendo apenas garantir que a energia primária dessa eletricidade seja de fonte de baixo carbono, dessa forma expandido a rede de trilhos será possível o deslocamento de caminhões e ônibus, o que favorecerá a diminuição de emissões

A aviação é o segmento de transporte com maior desafio técnico pois existe necessidade de ampla densidade energética aliada a grande potência e grande autonomia, que em geral é o grande problema dos combustíveis de baixo ou zero carbono, dessa forma essa é a meta mais incerta perante as outras metas traçadas. A solução encontrada para o início da transformação é a utilização de Bio querosene aliadas a células combustíveis e a partir de 2035 deve se passar a utilizar aviões com tecnologia híbrida e elétricos, porém quando tratamos de aeromobilidade a utilização de energia não se dá apenas no transporte propriamente dito, a operação em terra também despende de muita energia, essa à qual é muito mais simples de ser de baixo carbono.

O transporte marítimo tem necessidade de grande autonomia uma dificuldade quando pensamos em energia renovável, porém mesmo que não renovável o GNL vem se mostrando uma alternativa a combustíveis extremamente nocivos à saúde humana que são empregados até hoje no transporte marítimo como é o caso do óleo combustível, dessa forma as embarcações metaneiras hoje é a solução tecnicamente viável para a melhoria das condições climáticas junto com a utilização dos ventos, assim como o setor dos transportes terrestres, o transporte marítimo deve ser regulado para garantir uma evolução constante nos níveis de emissões, visto que os fretes marítimos têm puramente objetivos comerciais e se não for de interesse público o investimento nesses setores o investimento dificilmente virá espontaneamente pois o investimento significa menor competitividade econômica.

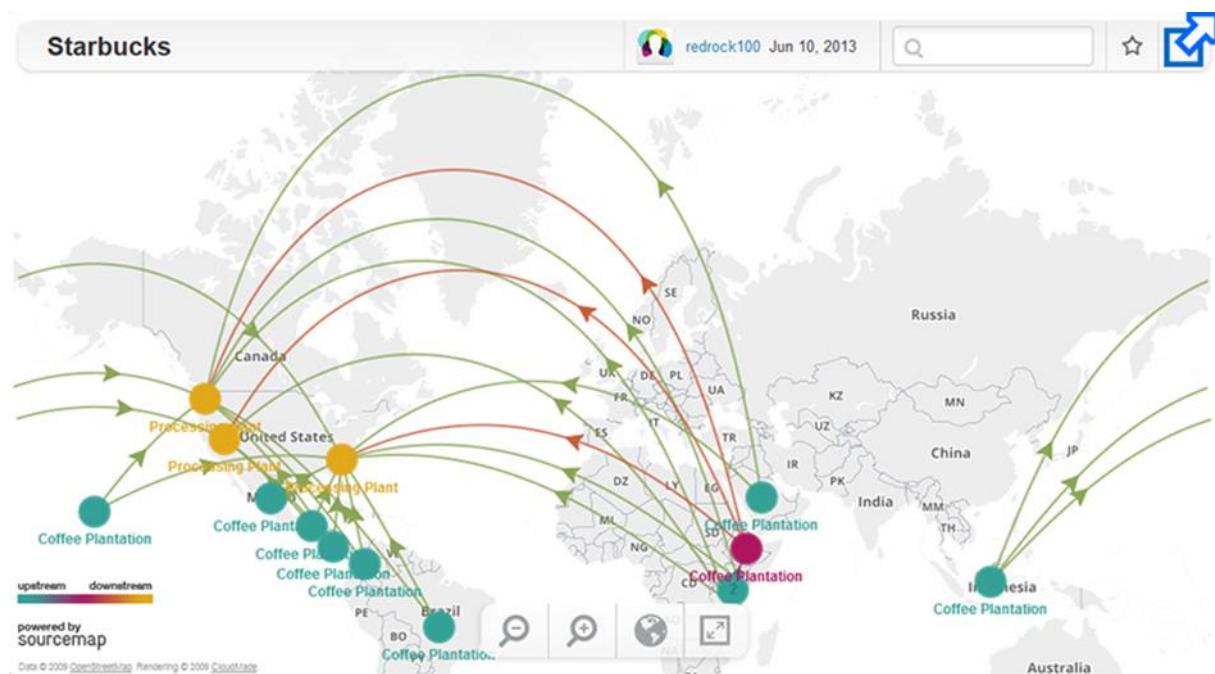
5.4. OTIMIZAÇÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

A otimização da cadeia de suprimentos deve primeiramente utilizar de maneira consciente as distâncias percorridas a fim de garantir a maior eficiência no deslocamento realizado, muitas vezes existem deslocamentos desnecessários, (estimasse que mais de um terço dos caminhões viajam vazios em todo o mundo) de matéria prima, para a manufatura para depois retorno ao local de onde a matéria prima foi retirada, como é o café por exemplo, que

sai de países latinos ou africanos, passam pela Europa e Estados Unidos para que seja feito o processamento e retorna para a América Latina.

Na figura 70 é mostrado o processo logístico da Starbucks que para produção de café

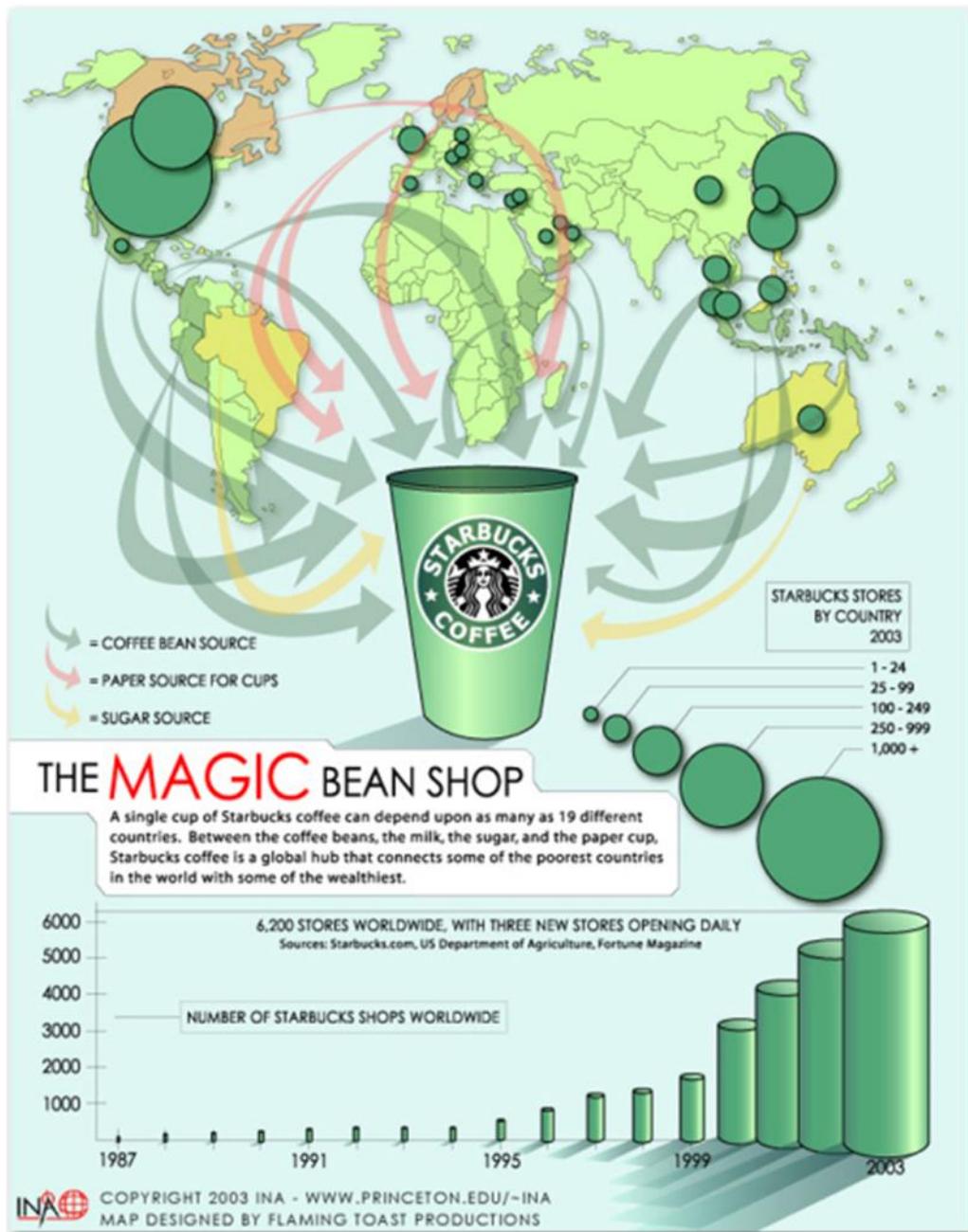
Figura 70– Cadeia Logística da produção de café para o Starbucks



Fonte: Supply Chain 247 (2013)

Além da logística para produção do grão existe a logística de distribuição de outras matérias primas, como por exemplo o açúcar e as embalagens que são de papel, vide figura 71

Figura 71– Cadeia de abastecimento do Starbucks



Fonte: Supply Chain 247 (2013)

Com a visualização da cadeia de suprimentos que analisamos é evidente que em termos energéticos ela é pouco otimizada, certamente não foi levada em conta as emissões equivalentes para as escolhas dos fornecedores, e sim o custo que o processo logístico e de produção dos produtos teriam, assim para que consigamos otimizar as emissões com o viés de baixo carbono

e eficiençizaçāo será necessária a regulamentaçāo logística dos mercados, tendo possivelmente um aumento de custo para alcançar o objetivo de baixo carbono.

Além da necessidade de otimização de distâncias é necessária a utilização de meios de transporte de menor emissão como por exemplo a utilização de transporte náutico ao invés de transporte aéreo e a substituição de transporte rodoviário para transporte ferroviário, preferivelmente com fonte de energia de tração elétrica.

A figura 72 mostra os objetivos para o transporte logístico que como podemos ver são pouco ambiciosos devido as dificuldades e interesses envolvidos nessa cadeia.

Figura 72– Objetivos para a cadeia logística

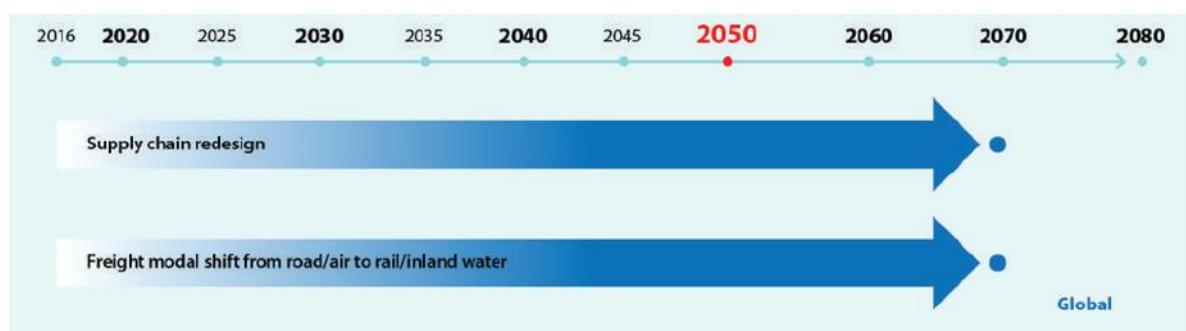


Figure 10: Component 4 : Optimized supply chain

Fonte: A Global Macro Roadmap outlining an actionable vision towards decarbonized, resilient transport (2018)

5.5. DIMINUIÇÃO DAS VIAGENS

Como já foi discutido anteriormente a necessidade de eficiençizaçāo é clara, porem existem alternativas que podem ser melhores do que a própria eficiençizaçāo, muitas vezes realizamos viagens desnecessárias onde poderíamos desempenhar um papel sem sair de casa, por exemplo. Com o avanço das tecnologias de comunicação, muitas vezes o trabalho que realizamos no escritório do trabalho que pode estar a mais de 50km de distância de casa é feito exclusivamente via computador que pode ser feito diretamente de casa diminuindo o a emissão de 25.700gCO₂e/dia se considerarmos um carro que faz 12,75km/l (257 gCO₂e/km), evitando no mês cerca de 539.700gCO₂e, esse tipo de transporte é comum seria como ir e voltar de Santos, saindo de São Bernardo do Campo, utilizando gasolina como combustível, sem falar na

economia de tempo de aproximadamente 3h/dia, que não é o foco da discussão. É evidente que caso essa pessoa pudesse compartilhar a carona sua emissão equivalente diminuiria, o que mostra também o poder do compartilhamento de carro

Outro método efetivo de diminuição de emissões em viagens desnecessárias são as reuniões entre pessoas de diferentes países que podem ser feitas via internet, se tivermos por exemplo uma reunião em Roma e tivermos uma pessoa de São Paulo, as emissões relativas a essa reunião apenas para essa pessoa é de 2.687.147gCO₂e

Fica evidente que esse tipo de ação seria interessante para as condições climáticas do planeta, isso deve primeiramente ser divulgado para que haja um engajamento público e que a mudança acontece organicamente pela consciência das pessoas e das empresas a figura 73 descreve as metas para atingir os objetivos

Figura 73– Metas para diminuição ou compartilhamento de viagens

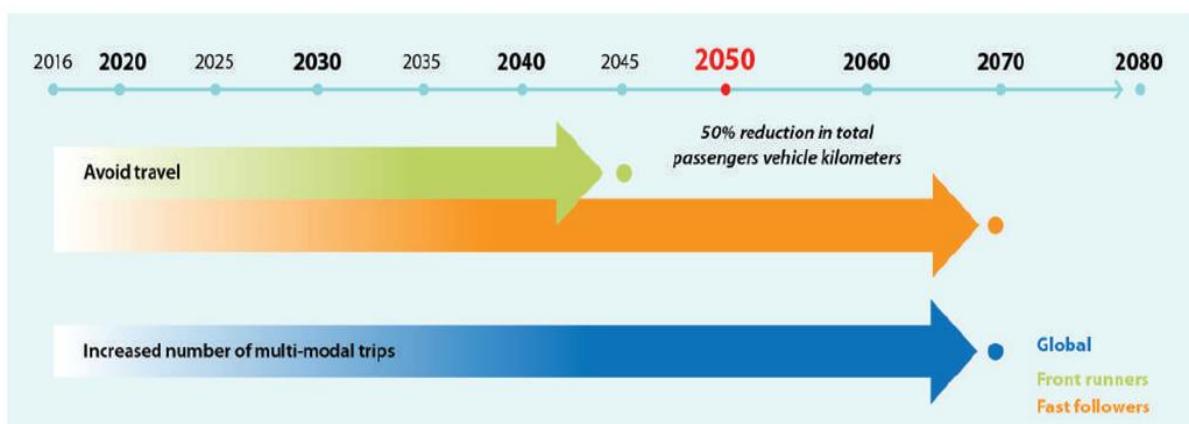


Figure 11: Component 5 : Unnecessary travel reduction

Fonte: A Global Macro Roadmap outlining an actionable vision towards decarbonized, resilient transport (2018)

5.6. SOLUÇÕES PARA ÁREAS RURAIS

Embora a maior parte das mudanças climáticas se deem com a atuação em grandes centros urbanos, hoje, cerca de um bilhão de pessoas não tem acesso a rodovias, aproveitando a oportunidade para garantir o desenvolvimento sustentável de todo o planeta as áreas rurais devem ser desenvolvidas visando as tendências de baixo carbono.

Dessa forma as principais atuações que devem ser realizadas para garantir o desenvolvimento sustentável é a utilização de energias descentralizadas de baixo carbono com oportunidade de armazenamento de energia, garantir o acesso à internet, aumentando assim a produtividade e aumento de renda das pessoas em áreas rurais. Essas tendências devem fornecer às áreas rurais uma gama diversificada de opções de transporte, que dependerão cada vez mais de fontes de energia renováveis. Com acesso à internet seria possível a compra online, diminuindo a necessidade de viagens para aquisição de produtos.

5.7. ADAPTAÇÃO

A adaptação para o sistema proposto de baixo carbono evidentemente é lenta e necessária, não é viável impor a todo custo as soluções que foram descritas as movimentações, devem acontecer de maneira oportuna, gradativa e sustentável, a fim de favorecer sempre o equilíbrio econômico, social e natural do planeta.

A figura 74 mostra as tendências de mudanças nas infraestruturas existentes e nas infraestruturas novas:

Figura 74– Mudanças na infraestrutura ao longo do tempo

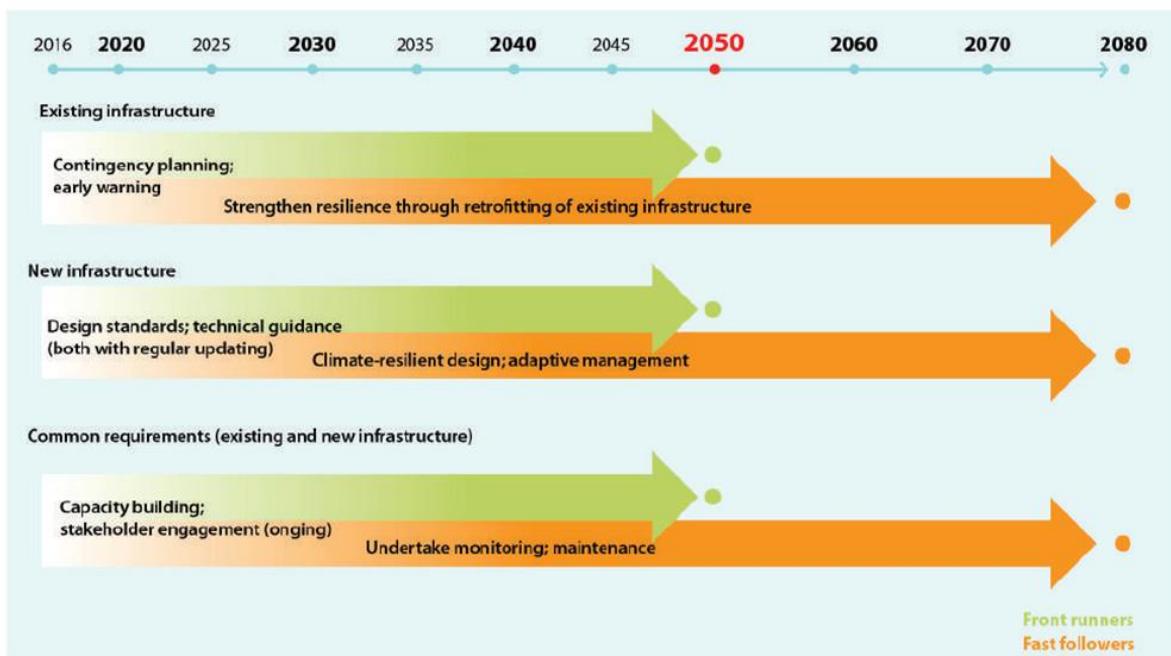


Figure 13: Component 7: Investing in adaptation

Fonte: A Global Macro Roadmap outlining an actionable vision towards decarbonized, resilient transport (2018)

5.8. INSTRUMENTOS ECONOMICOS

As mudanças para alcançar os objetivos discutidos, não são fáceis nem baratas, dessa forma é necessário mensurar quais são as vantagens que essas mudanças trarão para assim precisar de uma maneira justa e competitiva, por exemplo, veículos com menores ruídos e emissões devem ser taxados de maneira ao favorecimento da tecnologia, pois beneficiam não apenas uma pessoa, mas sim a sociedade.

O mercado de carbono se mostra como uma solução robusta para o avanço do mercado de baixo carbono, onde poderiam ser negociados métodos alternativos de transportes por toda a cadeia produtiva fabril, aumentando assim os interessados no negócio, viabilizando setores terceiros investissem em transporte de massa.

Uma maneira que já vem sendo utilizada para o fomento de veículos com baixo carbono é a possibilidade de estacionamento facilitada e a diminuição nos impostos pagos por veículos elétricos e híbridos.

As perspectivas para atingir os objetivos descritos seguem a figura 75.

Figura 75– Perspectivas para as ferramentas econômicas de baixo carbono



Figure 14: Component 8 : Economic instruments

Fonte: A Global Macro Roadmap outlining an actionable vision towards decarbonized, resilient transport (2018)

5.9. PROXIMOS PASSOS PARA O DESENVOLVIMENTO DA MOBILIDADE

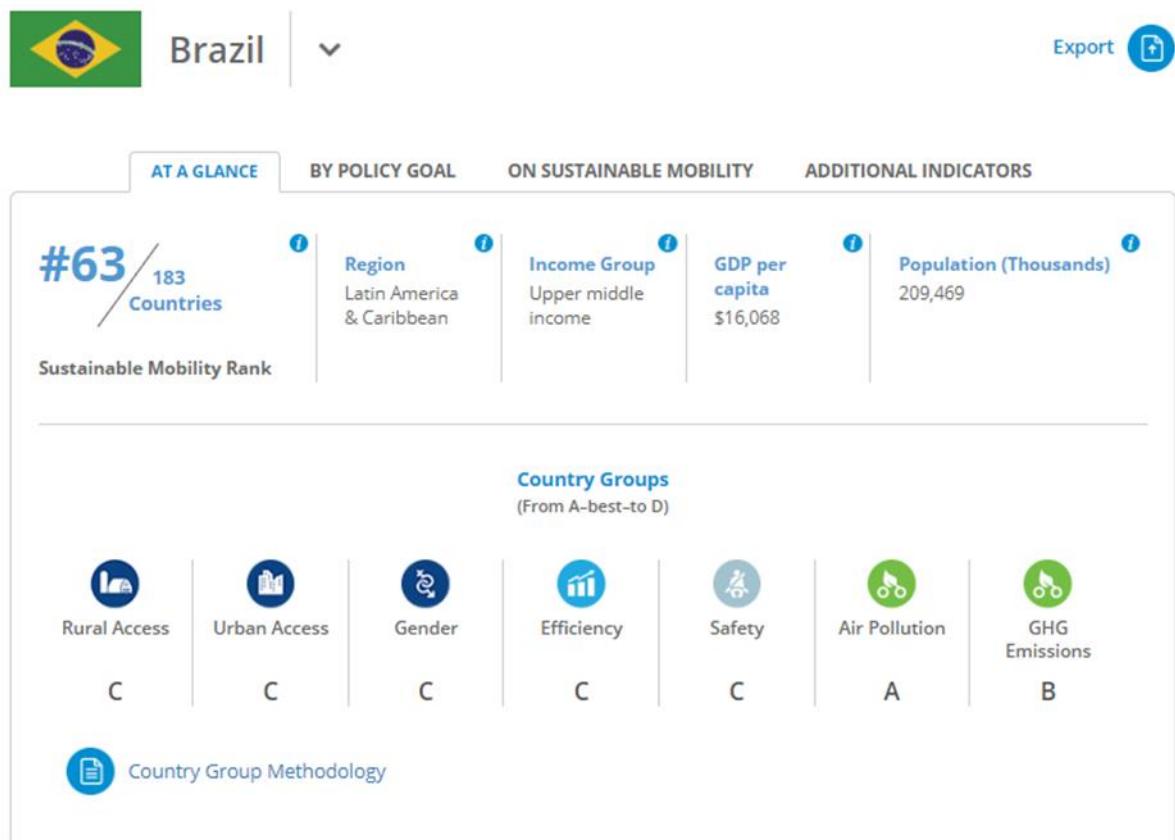
Toda a discussão é viva e deve ser reavaliada com as ações que serão feitas durante todo o processo de descarbonização do transporte, não havendo o certo ou errado, e sim modos mais realísticos e eficientes de alcançar a um objetivo em comum.

As rotas que foram traçadas foram definidas de acordo com uma avaliação global da realidade do planeta, mas é evidente que existem países onde essa realidade está mais próxima do que outros, e por esse motivo é necessário que todos os países criem sua própria estratégia

para alcançar a economia de baixo carbono para a mobilidade, em países grandes como o Brasil será necessária que esse plano seja feito pelos estados devido as especificidades de cada território.

O SUSTAINABLE MOBILITY FOR ALL (Sum4All) desenvolveu uma metodologia para traçar rotas para o caminho da mobilidade de acordo com o país que deve balizar as estratégias, essas informações estão disponíveis no site <https://sum4all.org/online-tool> de maneira gratuita. Além disso o site oferece informações de ranking em relação a 183 países, a figura 76 mostra a realidade dos números brasileiros.

Figura 76– Informações sobre o desempenho do brasil para atingir os desafios da mobilidade

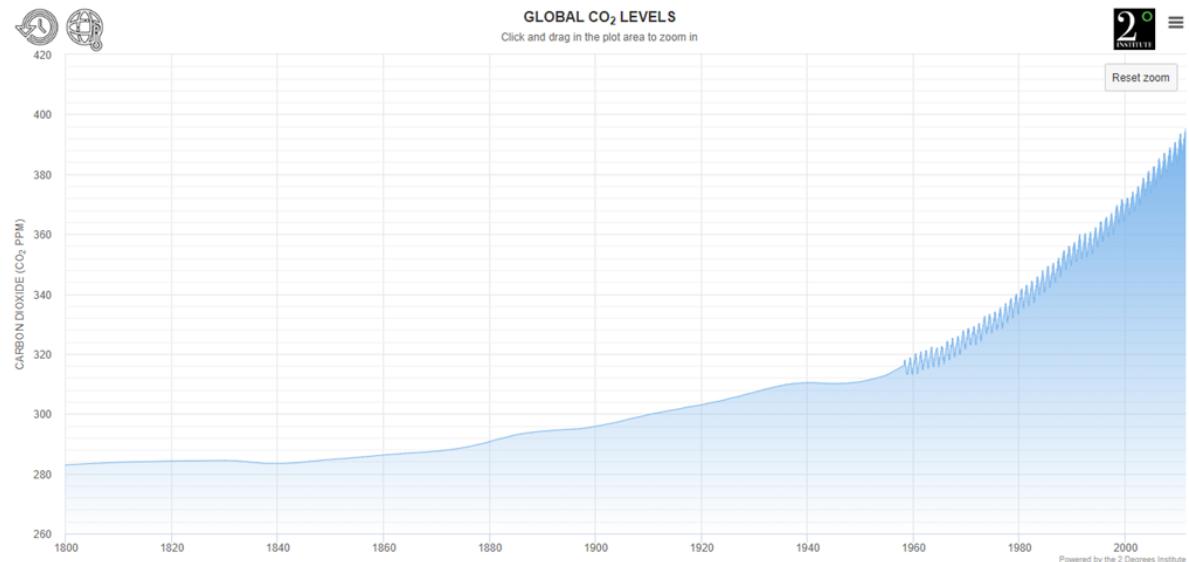


Fonte: SUSTAINABLE MOBILITY FOR ALL (2019)

6. CONCLUSÃO

Durante toda a história da humanidade os avanços relacionados a mobilidade foram cruciais para os principais eventos da humanidade, partimos de um modo de transporte de baixo carbono até o período de revolução industrial (na figura 77 é possível verificar uma inflexão em meados dos anos 1840) e estamos em um período de grandes emissões de gases do efeito estufa desde então. O futuro da mobilidade depende de muitos fatores sabidos e muitos que ainda vamos discutir nos próximos anos, seja por parte social, comercial e principalmente do meio ambiente.

Figura 77– Variação de emissões de CO₂ ao longo da história



Fonte: 2 degrees institute

As perspectivas do futuro da mobilidade devem seguir alguns padrões a partir de estudo de emissões realizados por tipo de transporte utilizado, por eficientização dos modelos atuais e por investimentos necessários para que o futuro seja escrito de acordo com o que foi definido pela Conferencia de Paris e dos objetivos do desenvolvimento sustentável.

- Curto Prazo: até 2030

Quando pensamos em ações de curto prazo temos evidentemente a necessidade de transformar as tecnologias mais poluentes e de menor tecnologia em tecnologias já disponíveis

e viáveis para a aquisição, além disso viabilizar a partir de ferramentas econômicas tecnologias que ainda são inviáveis quando simplesmente comparamos preço vs economia em operação, como é o caso dos veículos elétricos e híbridos no brasil.

Para o segmento de transporte de pessoas, temos a necessidade de expandir os sistemas de compartilhamento principalmente de bicicletas e de carros, aumentar a disponibilidade, confiabilidade e eficiência de transporte público, tendendo principalmente para a utilização de veículos elétricos sobre trilhos, fomentar fortemente a utilização da bicicleta e caminhada como alternativa a utilização de carros, além é claro de evitar viagens desnecessárias.

Quando pensamos na geração de energia, ela necessariamente deve ser de baixo carbono, pois quando tendemos a eletrificação temos que nos atentar a matriz de fornecimento de energia, caso ela ainda não seja de baixo carbono devemos primariamente investir na geração de energia e depois na eletrificação dos veículos, pois caso isso não aconteça a mobilidade nunca se sustentará realmente em baixo carbono.

Para o segmento de frete, temos a necessidade de expandir os incentivos as transportadoras que utilizem sistemas eficientes e de baixo carbono, eficientizar as viagens de forma a evitar as viagens sem carregamento, aumentando o compartilhamento entre empresas.

- Médio e longo prazo: pós 2030

As estratégias pensadas a médio prazo tendem a ser enganosas visto a agilidade em avanços tecnológicos, dessa forma não faz sentido a divisão entre médio e longo prazo, visto que o erro acumulado das previsões seriam muito grandes, porem a direção e o conceito deve seguir o que foi estipulado para curto prazo.

Garantir a evolução de energia primaria em baixo carbono, favorecer economias de baixo carbono, bem como a utilização de crédito de carbono nos transportes viabilizando cada vez mais veículos e modo de operação que evite a emissão de gases do efeito estufa.

Para o transporte de pessoas, devemos cada vez mais compartilhar os veículos, economizando não mais apenas na operação do transporte, mas também nos ativos do transporte, diminuindo os congestionamentos que devem piorar devido ao aumento de população nas grandes cidades.

Para o transporte de cargas, a ideia é substituir o transporte aéreo para o transporte náutico (que possivelmente terão tecnologias para a utilização de energias de baixo carbono) além é claro de otimizar as produções dificultando as grandes cadeias logísticas que hoje são pensadas unicamente com conceito econômico e pouco eficiente.

O futuro da mobilidade é dinâmico e complexo, fica evidente que um dos principais caminhos para atingirmos os objetivos se dá a partir de incentivos regulatórios e fiscais com o intuito de viabilizar economicamente as novas tecnologias, garantindo o equilíbrio econômico do setor de transportes, dessa maneira seria de extrema valia um trabalho objetivando a regulamentação desse sistema considerando investimento vs benefícios gerais para a sociedade como um todo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 2° INSTITUTE. **Global CO2 levels.** [S.I.], 2019, disponível em <<https://www.co2levels.org/>> acesso em 08 de setembro de 2019
- ADOLF, Jorg; BALZER, Christoph; LOUIS, Jurgen; SCHABLA, Uwe; FISCHEDICK, Manfred; ARNOLD, Karin; PASTOWSKI, Andreas; SCHUWER, Dietmar . **Shell Hydrogen Study Energy of the Future? Sustainable Mobility through Fuel Cells and H2.** [S.I.], 2017
- ALPHA HOLDINGS. **Ethanol history.** [S.I.], [2018?], Disponível em <<http://www.alphaholdingsllc.com/EthanolHistory.html>> acesso em 20 de Agosto de 2019
- ANP. **Biodiesel.** [S.I], 2016, Disponível em <<http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biodiesel>> acesso em 22 de Agosto de 2019
- AVENTURAS NA HISTÓRIA. **Como os cavalos ajudaram na construção da história.**[S.I.], [201?], disponível em <<https://aventurasnahistoria.uol.com.br/noticias/reportagem/como-os-cavalos-ajudaram-na-construcao-da-historia>> acesso em 08 de setembro de 2019
- BARATA, João da Gama Pimentel, **A Caravela, Estudos de Arqueologia Naval**, vol. II, Lisboa, IN-CM, 1989, pp. 13-53.
- BEAUMONT, Nicolas. **A Global Macro Roadmap Outlining an Actionable Vision towards Decarbonized, Resilient Transport ;**Transport decarbonisation alliance, [S.I.] , 2018
- BECKER, F., P; BOSCH, H. Becker; AXHAUSEN, K. **Costbased Analysis of Autonomous Vehicle Services**, IVT Seminar, Zürich, 2017
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Safra Brasileira de Cana-de-açúcar.** [S.I], 2019, Disponível em <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>> acesso em 22 de Agosto de 2019

DA COSTA, Angela Oliveira. **A inserção do biodiesel na matriz energética nacional: aspectos socioeconômicos, ambientais e institucionais.** Rio de Janeiro, 2017.

DE OLIVEIRA, Diogo. **Novo Toyota Corolla 2020 chega às lojas a partir de R\$99.990.** Auto Esporte, [S.I.], 2019, disponível em <<https://revistaautoesporte.globo.com/Noticias/noticia/2019/09/novo-toyota-corolla-2020-chega-lojas-partir-de-r-99990.html>> acesso em 28 de agosto de 2019

DELOITTE. **Elevating the future of mobility: Passenger drones and flying cars.** [S.I.], 2019, disponível em <<https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/future-of-mobility/passenger-drones-flying-cars.html>> acesso em 28 de agosto de 2019

DOS SANTOS, Fernando Miguel Soares Mamede; DOS SANTOS, Fernando António Castilho Mamede. **O Combustível hidrogénio.** Viseu, [200?].

DUTRA, R.M. **Energia Eólica Princípios e Tecnologia. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica – CRESESB.** Maio/2008.

EESI. **Electrification of U.S. Railways: Pie in the Sky, or Realistic Goal?.** [S.I.], 2019, disponível em <<https://www.eesi.org/articles/view/electrification-of-u.s.-railways-pie-in-the-sky-or-realistic-goal>> acesso em 01 de setembro de 2019

ESTÊVÃO, Tania Esmeralda Rodrigues. **O Hidrogénio como combustível.** Porto, 2008.

FARIAS, L.M.; SELLITTO, M.A. **Uso da energia ao longo da história:** evolução e perspectivas futuras. Revista Liberato, Novo Hamburgo, v. 12, n. 17, p. 01-106, jan./jun. 2011

FARIAS, Leonel Marques; SELLITTO, Miguel Afonso. **Uso da energia ao longo da história:** evolução e perspectivas futuras. Revista Liberato, Novo Hamburgo, v. 12, n. 17, p. 01-106, jan./jun. 2011.

FIRMINO, Janee Lúcia da Nobrega; LIMA, Edivania de Araujo. **Atuação da física no corpo humano,** Universidade Estadual da Paraíba; Universidade Federal de Campina Grande, 2013

GOMES, Pedro Aguiar. **Avaliação das oportunidades do gás natural liquefeito em pequena escala no Brasil sob as perspectivas do produtor, transportador e do consumidor final.** Rio de Janeiro, 2018.

GRANDE, Paulo Campo. **Conheça os tipos de carro híbrido que existem atualmente no mercado.** Quatro Rodas, [S.I.], 2019, disponível em <

<https://quattrorodas.abril.com.br/especial/conheca-os-tipos-de-carros-eletricos-e-hibridos-existentes-no-mercado/> acesso em 28 de agosto de 2019

HEALTH& CLIMATE, Transport and Climate Change Global Status Report (TCC-GSR), disponível em <http://www.slocat.net/news/2011>, acesso em 16 de Agosto de 2019

HOLLINGSWORTH, Joseph; COPELAN, Brenna; JOHNSON, Jeremiah X. Are e-scooters polluters? The environmental impacts of shared dockless electric scooters. North Carolina, 2019

HYPERLOOP. Hyperloop explained. [S.I.], 2019, disponível em <<https://www.hyperloop.global/how-it-works/>> acesso em 28 de agosto de 2019

JUNG, Cláudio Rosito; OSÓRIO, Fernando Santos; KELBER, Christian Roberto; HEINEN, Farlei José. Computação Embarcada: Projeto e Implementação de Veículos Autônomos Inteligentes. São Leopoldo, 2005

KATOWICE PARTNERSHIP FOR E-MOBILITY, Driving Change Together, Disponível em: http://cop24.gov.pl/fileadmin/user_upload/files/Driving_Change_Together_-_Katowice_Partnership_for_E-Mobility_-_final.pdf, acesso em 16 de Agosto de 2019

KOHLHEPP, Gerd. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. [S.I.], 2010. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142010000100017> acesso em 23 de agosto de 2019

LAURINDO, José Carlos. Poderes caloríficos de combustíveis sólidos líquidos e gasosos. Curitiba, 2014.

LEITE, Rogério Cerqueira; CORTEZ, Luís Augusto Barbosa. O etanol combustível no Brasil. [S.I.], [201?].

OLIVEIRA, F. Importância do Vento para a Navegação. [S.I.],[200?]

MINISTÉRIO DAS CIDADES, Plano de Mobilidade Urbana nas Capitais, [S.I.],2018

MOREIRA, José Roberto; COELHO, Suani Teixeira; VELÁZQUEZ, Sílvia M. S. G; APOLINÁRIO, Sandra Maria; MELO, Euler Hoffmann; ELMADJIAN, Paulo Henrique B. Veículos elétricos híbridos e a emissão de poluentes. São Paulo, 2009

MOUETTE, Dominique; MACHADO, Pedro Gerber; FRAGA, Denis; PEYERL, Drielli; BORGES, Raquel Rocha; BRITO, Felipe; THIAGO LUIS ; SHIMOMAEBARA, Lena Ayano;

DOS SANTOS, Edmilson Moutinho. **Costs and emissions assessment of a Blue Corridor in a Brazilian reality:** The use of liquefied natural gas in the transport sector. Science of The Total Environment, v. 668, p. 1104-1116, São Paulo, 2019

NAÇÕES UNIDAS. **Transformando Nossa Mundo:** A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. [S.I.], [201?], disponível em < <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/> > acesso em 22 de setembro de 2019

PALMER, David. **Hydrogen in the Universe.** NASA, [S.I.], 1997

PANTAROTO, Hermano Luis. **Eliminação do chumbo da gasolina.** Piracicaba, 2007.

PARIS PROCESS ON MOBILITY AND CLIMATE.A Global Macro Roadmap Outlining an Actionable Vision towards Decarbonized, Resilient Transport Implementing the Paris Agreement on Climate Change in the transport sector in support of a net-zero EMISSION, climate-resilient economy by 2050 or shortly thereafter. Paris, 2017

PARTNERSHIP ON SUSTAINABLE LOW CARBON TRANSPORT, Cop24Special Report – Health & Climate Change, disponível em <http://slocat.net/tcc-gsr> , acesso em 16 de Agosto de 2019.

PIMENTEL, Fabiana. **Carro financiado: por que o brasileiro troca tanto de carro?.** São Paulo, 2011. Disponível em < <https://www.infomoney.com.br/consumo/carro-financiado-por-que-o-brasileiro-troca-tanto-de-carro/> > acesso em 23 de agosto de 2019

PINSKY, Jaime. **As primeiras civilizações.** São Paulo: Contexto, 2011

PIRES, Antonio Cecílio Moreira; PIRES, Lilian Regina Gabriel Moreira. **Mobilidade urbana: desafios e sustentabilidade. São Paulo: Ponto e Linha, 2016.** Disponível em: <<http://cidadeemmovimento.org/wp-content/uploads/2016/10/Mobilidade-Urbana-Desafios-e-Sustentabilidade.pdf> >. Acesso em: 18 de outubro de 2019.

RAMALHO, Lucio João Luís. **Análise energética, económica e ambiental de utilização de combustíveis alternativos em veículos.** Porto, 2015.

RODRIGUES, J.N; DEVEZAS,T. **Portugal:** O pioneiro da globalização: a Herança das Descobertas. p.188. Famalicão , 2009

SAÚDE TERRA. **Gasto calórico.** [S.I.], [201?], disponível em <<http://saude.terra.com.br/infograficos/gasto-calorico-v7/>> acesso em 08 de setembro de 2019

SCANIA. Scania na IAA 2018. [S.I], 2018, disponível em <<https://www.scania.com/br/pt/home/experience-scania/news-and-events/News/archive/2018/09/default-press-release21.html>> acesso em 28 de agosto de 2019

SECRETARIA NACIONAL DE TRANSPORTES E DA MOBILIDADE URBANA, Política Nacional de Mobilidade Urbana – Lei nº 12.587/12, Disponível em <http://www.capacidades.gov.br/biblioteca/detalhar/id/269/titulo/politica-nacional-de-mobilidade-urbana---lei-n%C2%BA-1258712>, acesso em 14 de agosto de 2019

SHRINK. 5 Elements of Sustainable Transport. [S.I], [201?], disponível em <<http://shrinkthatfootprint.com/5-elements-of-sustainable-transport>> acesso em 01 de setembro de 2019

SHRINK. What's the greenest car? An extremely short guide to vehicle emissions. [S.I], [201?], disponível em <<http://shrinkthatfootprint.com/greenest-car-vehicle-emissions>> acesso em 01 de setembro de 2019

SILVA, Juliana Rodrigues de Melo. Implicações Econômicas do Uso do Óleo Diesel no Setor de Transporte Rodoviário. Rio de Janeiro, 2010.

SUPPLY CHAIN 247. Behind the Scenes at Starbucks Supply Chain Operations it's Plan, Source, Make & Deliver. [S.I], 2013, disponível em <https://www.supplychain247.com/article/behind_the_scenes_at_starbucks_supply_chain_operations> acesso em 01 de setembro de 2019

U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, Gasoline explained: History of gasoline. [S.I], 2019.

UNITROVE. What is LNG?. [S.I], [201?], Disponível em <<https://www.unitrove.com/engineering/gas-technology/liquefied-natural-gas>> acesso em 28 de Agosto de 2019

VOLP,A.C.P et al; Energy expenditure: components and evaluation methods, Disponível em : <http://www.nutricionhospitalaria.com/pdf/5181.pdf> , acesso em 16 de agosto de 2019.

VORMITTAG, Evangelina; DELGADO, Juliana. Relatório de poluição do ar durante a greve dos caminhoneiros no Brasil. São Paulo, 2018.

WILSON, Lindsay. **Shades of Green: Electric Cars' Carbon Emissions Around the Globe.** [S.I.], 2013, disponível em <<http://shrinkthatfootprint.com/electric-car-emissions>> acesso em 01 de setembro de 2019