

Análise de Alternativas de Mobilidade de **BAIXO CARBONO**

Analyzing **Low Carbon Emission** Mobility Alternatives



ÍNDICE

INDEX

Introdução	4 5	<i>Introduction</i>
Laboratório Urbano de Mobilidade da UFRJ	10 11	<i>IUFRJ's Urban Mobility Lab</i>
Alternativas de Baixo Carbono Avaliadas na Cidade Universitária da UFRJ	20 21	<i>Assessment of Low Carbon Emission Alternatives at Cidade Universitária of UFRJ</i>
Veículos Elétricos	26 27	<i>Electric Vehicles</i>
Potencial de Redução das Emissões da Cidade Universitária da UFRJ	50 51	<i>Emissions reduction potential at UFRJ's Cidade Universitária</i>
Considerações Finais	52 53	<i>Final Considerations</i>
Referências Bibliográficas	54 55	<i>Bibliographic References</i>

INTRODUÇÃO

O aquecimento global é uma realidade que coloca em risco a vida no planeta e tem uma relação direta com o aumento da emissão de gases poluentes, principalmente, dos gases que são derivados da queima dos combustíveis fósseis (Schipper *et al.*, 2000). A fim de garantir o crescimento econômico sem comprometer o

clima da terra, organizações de todo o mundo têm buscado alternativas para reduzir suas emissões de poluentes, com destaque para o dióxido de carbono (CO₂) que é o principal gás do efeito estufa.

Diante desse cenário, o setor de transporte tem um destaque especial, pois em 2010 foi responsável pela emissão de 7,0 GtCO_{2eq}¹ mesmo com o avanço da eficiência energé-

¹ O dióxido de carbono equivalente é o resultado da multiplicação das toneladas emitidas dos Gases de Efeito Estufa (GEE) pelo seu potencial de aquecimento global.

INTRODUCTION

Global warming is a reality that endangers life on the planet and it is directly related to an increase in greenhouse gas emissions, particularly those generated by the burning of fossil fuels (Schipper *et al.*, 2000). In order to ensure economic growth without compromising the world's climate, organizations around the world have sought alternatives to reduce their emission of pollutants, particularly

carbon dioxide (CO₂), which is the main greenhouse gas.

As such, the transport sector has an important role in this scenario, as in 2010 it was responsible for emissions amounting to 7.0 GtCO_{2eq}¹, and despite the development in vehicle energy efficiency and sustainability

¹ Carbon dioxide equivalent is calculated by multiplying the greenhouse gases (GHG) emissions in tons by its global warming potential.





Desafios de mobilidade de baixo carbono: As opções para a redução de emissão de carbono na mobilidade compreendem alternativas tecnológicas, de gestão e de comportamento. Como exemplo das tecnológicas temos veículos elétricos, de gestão temos a questão de incremento de transporte público e de comportamento, a preferência por transporte coletivo e deslocamentos não motorizados. Os desafios mais complexos estão associados à mudança de comportamento, uma vez que envolvem questões culturais, mas no entanto são os que apresentam maior benefício a longo prazo.

Low Carbon Mobility Challenges: The options for a reduction in carbon emissions in this mode of transport include technological, management and behavioral alternatives. Electric vehicles are an example of a technological alternative; improvements in public transportation are a management alternative; and opting for public transport and non-motorized means of locomotion are a behavioral alternative. Despite providing the best outcome in the long term behavioral changes face the most complex challenges, as they are closely associated with cultural matters.



O primeiro passo para implementar medidas de baixo carbono em larga escala é demonstrar sua viabilidade econômica ressaltando todos os benefícios associados, sobretudo relativos à melhoria de qualidade de vida da população. No caso de alternativas tecnológicas, não só o custo deverá ser competitivo mas é também necessário o investimento em infraestrutura de forma a atrair o usuário para as novas opções oferecidas. Já para aspectos que envolvam gestão e mudança de comportamento, a conscientização e educação acerca de questões ambientais e social são fundamentais.

The first step to implement low carbon measures on a large scale is to display its economic viability by highlighting all of its associated benefits, especially regarding improvement in the quality of life of the population. When it comes to technological alternatives, not only the costs have to be competitive, but also infrastructure investment are required in order to attract users to these new options. As for management and behavioral changes awareness and education on environmental and social issues are key.



tica dos veículos e das políticas de sustentabilidade, este número tende a aumentar. Além disso, considerando os países em desenvolvimento, a demanda por transporte tende a crescer, devido ao aumento da distribuição de renda e melhorias na infraestrutura (Sims, R *et al.*, 2014).

As cidades possuem um papel significativo nas emissões de CO₂, pois atraem pessoas em busca de bens, serviços, oportunidades de emprego e qualificação profissional aumentando a demanda por transportes, bem como a intensificação de seus impactos ambientais e sociais. Sendo assim, a mobilidade urbana, represen-

ta um desafio para a sociedade, não apenas em termos de deslocamento de pessoas, mas também sob a ótica dos impactos ambientais e sociais.

Considerando que as cidades universitárias representam, muitas vezes, uma amostra fidedigna de uma cidade real e a fim de descobrir e testar possíveis formas de minimizar os impactos promovidos pelo transporte, utilizou-se a Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) como um laboratório de mobilidade urbana para avaliar o potencial de redução de emissão de CO₂ de algumas alternativas de transporte.

policies this number tends to increase even more. Moreover, the demands for transportation in developing countries are expected to grow due to an increase in income distribution and improvements in infrastructure (Sims, R *et al.*, 2014).

Cities have a significant role in CO₂ emissions as they generate a growing demand for transport due to the convergence of people searching for goods, services, employment opportunities and professional qualification in one place, as well as further amplify the environmental and social impacts generated by transports. Thus, urban mobility

poses a challenge to society not only when it comes to the displacement of people from one place to another, but also from an environmental and social impact perspective.

Most often than not university cities represent a reliable sample of a real city, and in order to discover and assess potential ways to minimize the impacts generated by transportation, the Cidade Universitária of Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) was used as an urban mobility laboratory to assess the reduction potential of CO₂ emission of some transportation methods.



LABORATÓRIO URBANO DE MOBILIDADE DA UFRJ

A Cidade Universitária da UFRJ localizada na Ilha do Fundão, na cidade do Rio de Janeiro, possui uma população estimada em 60 mil pessoas e uma área de 5,2 milhões de metros quadrados, onde circulam diariamente mais de 100 mil pessoas e 25 mil veículos. Abriga todo o complexo universitário, que é composto por institutos, escolas, faculdades e órgãos suplementares e conta com a presença de importantes instituições, tais como o Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da

Petrobrás (CENPES), o Centro de Pesquisas da Eletrobrás (CEPEL), o Centro de Referência Tecnológica da Embratel (CRT) e o Centro de Tecnologia Mineral (CETEM). Além disso, se encontram na Cidade Universitária da UFRJ, um conjunto de cerca de 100 empresas, que atuam em uma área denominada de Parque Tecnológico, como ilustrado pela Figura 1.

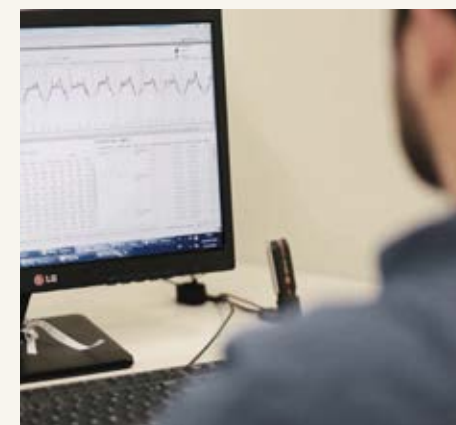
Um dos maiores problemas de sustentabilidade que a Cidade Univer-

UFRJ's Cidade Universitária located at Ilha do Fundão in the city of Rio de Janeiro, has an estimated population of 60,000 people and an area of 5.2 million square meters, which every day sees over 100,000 people and 25,000 vehicles circulating. The entire campus is located there, and it is comprised by institutes, schools, colleges, and support bodies, as well as major institutions such as Petrobras Research and Development

Center (CENPES), Eletrobras Research Center (CEPEL), Embratel Technology Reference Center (CRT), and Mineral Technology Center (CETEM). What's more, some 100 companies operate in the Technology Park at UFRJ's Cidade Universitária, as show in Figure 1.

One of the major sustainability challenges faced at Cidade Universitária, as is in Rio de Janeiro as a whole, is related to mobility,

IUFJR'S URBAN MOBILITY LAB



sitária enfrenta, a exemplo do Rio de Janeiro, é de mobilidade, principalmente pela dificuldade de acesso à Ilha do Fundão. A Ilha do Fundão está ligada às principais regiões da cidade tais como: Zona Oeste – Barra da Tijuca e Recreio dos Bandeirantes – por meio da Linha Amarela e do sistema de BRT (*Bus Rapid Transit*) Transcarioca, inaugurado em outubro/2014); Zona Norte por meio das vias expressas – Linhas Amarela e Vermelha – e ao Centro da Cidade, Zona Sul, Baixada Fluminense e Niterói pela Linha Vermelha e Avenida Brasil. Estas ligações rodo-

viárias, mostradas na Figura 2 permitem os deslocamentos tanto por motocicleta, automóvel individual, ônibus e caminhões.

Foram calculados, com base em uma pesquisa OD – Origem Destino (D'Agosto *et al.*, 2014), o consumo de energia e a emissão mensal de CO₂ referentes às atividades de transporte para a Cidade Universitária da UFRJ. Com isso, verificou-se que as viagens que possuem origem e/ou destino nas regiões de Botafogo, Barra da Tijuca, Niterói/São Gonçalo e Tijuca Vila/Isabel representam 59%

mainly caused by Ilha do Fundão access difficulties. Ilha do Fundão is connected to the city's main areas, including: West Zone - Barra da Tijuca and Recreio via Yellow Line and the Transcarioca BRT system (Bus Rapid Transit) (opened on October/2014); North Zone via expressways - Yellow Line and Red Line; and City Centre, South Zone, Baixada Fluminense, and Niterói via Red Line and Avenida Brasil. These road connections (Fig. 2) provide for the traffic of motorcycles, private cars, buses and trucks.

Cidade Universitária were calculated based on a O/D - Origin/Destination study (D'Agosto *et al.*, 2014). Trips originating and/or destined to the boroughs Botafogo, Barra da Tijuca, Tijuca/Vila Isabel and to the Niterói/São Gonçalo area accounted for 59% of the monthly CO₂ emissions associated with transportation activities at UFRJ's Cidade Universitária. Vehicle fleets (contractors² and own³) operating

2. The contractor fleet hired by UFRJ's Cidade Universitária is a free integration transport between the University's units and campi, and it is comprised by 18 3-door buses with capacity for 57 seated passengers and 27 standing passengers.

3. The fleet owned by UFRJ's Cidade Universitária (own fleet) is comprised by 242 vehicles of various makers and models, and they have eight years of use on average. The own fleet has 99 cars; 123 light commercial vehicles; 5 light trucks; 3 medium trucks; 5 minibuses; 4 road buses; and 3 city buses.

The monthly energy consumption and CO₂ emissions from transportation activities at UFRJ's

FIGURA 1: Localização da Cidade Universitária da UFRJ na Ilha do Fundão
FIGURE 1: Location of UFRJ's Cidade Universitária at Ilha do Fundão



Fonte: Elaboração própria. | Source: Own elaboration.

FIGURA 2: Acessos à Cidade Universitária
FIGURE 2: Cidade Universitária Accesses

da emissão mensal de CO₂ associada à atividade de transporte para a Cidade Universitária da UFRJ. Quanto às frotas de veículos (contratada² e cativa³) pertencentes à Cidade Universitária da UFRJ, verificou-se que são responsáveis por 1,19 e 2,83% da emissão mensal de CO₂, respectivamente. Portanto, o setor de transporte da UFRJ, no ano de 2015, foi responsável pela emissão de mais de 28,61 MkgCO₂ ou 2,384 MkgCO₂/mês (Kahn Ribeiro *et al.*, 2015). Sendo assim, caso nenhuma prática de baixo carbono seja adotada, as emissões para os anos seguintes tendem a aumentar ainda mais.

Adotou-se como *baseline* das emissões de CO₂ da Cidade Universitária da UFRJ a emissão total de CO₂ de 2,384 milhões kgCO₂/mês (2,384 CO₂ Mkg/mês), para o ano de 2015 (frota contratada, frota cativa e pesquisa O/D), considerando a seguinte distribuição:

• Emissão de CO₂

– Frota Contratada (ônibus interno):

2. A frota contratada pela Cidade Universitária da UFRJ é responsável pelo transporte de integração Inter unidades e Inter campi gratuito e é composta por 18 ônibus de 3 portas, com capacidade para 57 passageiros sentados e 27 passageiros em pé.

3. A frota cativa (própria) da Cidade Universitária da UFRJ é composta por 242 veículos, de diversas marcas e modelos que possuem, em média, 8 anos de utilização. Tal frota é constituída por 99 veículos tipo automóvel, 123 veículos tipo comercial leve, 5 veículos tipo caminhão leve, 3 veículos tipo caminhão médio, 5 veículos tipo micro ônibus, 4 veículos tipo ônibus rodoviário e 3 veículos tipo ônibus urbano.



- 45.088 kgCO₂/mês
- Frota Cativa: 67.436 kgCO₂/mês
- Viagem de Alunos: 1.594.261 kgCO₂/mês
- Viagem de Professores: 284.849 kgCO₂/mês
- Viagem de Funcionários UFRJ: 171.375 kgCO₂/mês
- Viagem de Funcionários Externos: 221.897 kgCO₂/mês

Para avaliar o processo de sustentabilidade do Campus Universitário da UFRJ foi desenvolvido, no âmbito do Fundo Verde⁴ um Sistema de Monito-

million kgCO₂/month (2,384 CO₂ Mkg/month) (contractor fleet, own fleet and O/D study) according to the following distribution:

• CO₂ Emissions

- Contractor Fleet (internal bus system): 45,088 kgCO₂/month
- Own Fleet: 67,436 kgCO₂/month
- Transport of Students: 1,594,261 kgCO₂/month
- Transport of Teaching Staff: 284,849 kgCO₂/month
- Transport of UFRJ's Staff: 171,375 kgCO₂/month
- Transport of Third Party Staff: 221,897 kgCO₂/month

Pursuant to Fundo Verde⁴, a Monitoring and Information System was developed to evaluate the sustainability process at UFRJ's university campus comparing current situation (baseline) with the provisions of the plan. The system is intended to provide efficient and effective information for managing UFRJ by supporting decision-making, planning and scheduling actions, and through a more effective and responsible use of natural resources.

Monitoring is herein understood as the study and the continuous

at UFRJ's Cidade Universitária generated 1.19% and 2.83% of the monthly CO₂ emissions, respectively. Therefore, in 2015, UFRJ's transport sector was responsible for over 28.61 MkgCO₂ or MkgCO₂ 2,384/month in emissions (Kahn Ribeiro *et al.*, 2015). As such, if no effective low carbon measure is adopted, emissions for the coming years are likely to increase even further.

The baseline adopted for the total CO₂ emissions at UFRJ's Cidade Universitária on 2015 was 2,384

4. Fundo Verde de Desenvolvimento e Energia (The Green Fund for Development and Energy) for the Cidade Universitária of Universidade Federal do Rio de Janeiro was established by the State Decree No. 43.903/2012 to create and implement sustainable infrastructure projects for the generation and rational use of energy and urban mobility sectors.

FIGURA 3 Estrutura do Sistema de Monitoramento e Informação
FIGURE 3: Monitoring and Information System Structure



ramento e Informação para comparar a situação atual (*baseline*) com o que foi planejado. O sistema visa gerar informações eficientes e eficazes para a gestão da UFRJ, fornecendo subsídios para a tomada de decisão, no planejamento e na programação de ações, bem como, no uso mais eficiente e consciente dos recursos naturais.

O monitoramento é o estudo e o acompanhamento – contínuo e sistemático – do comportamento de fenômenos, eventos e situações es-

pecíficas, cujas condições deseja-se identificar, avaliar e comparar. A implantação de atividades de monitoramento necessita de uma seleção prévia de indicadores que possam representar as mudanças na sustentabilidade do campus. O monitoramento do processo de sustentabilidade do Campus deve se constituir em ferramenta indispensável à constituição de uma base de dados sólida, que garanta o conhecimento sobre o que se quer gerenciar. Assim, um banco de dados relacional associado a uma base de dados geográficos foi estruturada, com tecnologia de geoprocessamento ArcGis, de modo a permitir a importação de re-







and systematic tracking of the behavior of phenomena and of specific events and situations, which conditions one desires to identify, evaluate and compare. Indicators reflecting the changes in the campus sustainability must be defined before the implementation of the monitoring activities. The monitoring of the campus' sustainability process should be an indispensable tool for the creation of a solid database of the matters one has to manage. Therefore, a relational database associated with a geographical database was devised using the ArcGis geoprocessing technology

in order to allow the import of photographic records, to integrate with shapefiles for processing, to storage and view georeferenced data on the web with access to a high-resolution image database and data on water and energy consumption, mobility, waste control and buildings (Lima e Kahn Ribeiro, 2016). Figure 3 illustrates the structure of the Information and Monitoring System of Fundo Verde UFRJ and Table 1 shows the data records of CO₂ emissions associated with the accessibility at Cidade Universitária.

4. O Fundo Verde de Desenvolvimento e Energia para a Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro foi instituído por meio do decreto estadual nº 43.903/2012, com objetivo de elaborar e implantar projetos de infraestrutura sustentável nos setores de geração e racionalização do uso de energia e de mobilidade urbana.

TABELA 1: Emissão de CO₂ por grupos e por modo utilizado

TABLE 1: CO₂ emissions per groups and per modes

Aluno		Professor		Funcionário UFRJ		Funcionário externo		Veículo Vehicle	Student		Professor		UFRJ Employee		Third Party Employee	
CO ₂ (kg/mês)	%	CO ₂ (kg/mês)	%	CO ₂ (kg/mês)	%	CO ₂ (kg/mês)	%		CO ₂ (kg/month)	%	CO ₂ (kg/month)	%	CO ₂ (kg/month)	%	CO ₂ (kg/month)	%
8.756	66%	1.440	11%	737	6%	2.302	17%	Moto Motorcycle 	8,756	66%	1.440	11%	737	6%	2.302	17%
1.096.965	65%	266.866	16%	148.172	9%	173.927	10%	Carro Car 	1,096,965	65%	266,866	16%	148,172	9%	173,927	10%
33.684	66%	7.695	15%	3.734	7%	6.349	12%	Táxi Taxi 	33,684	66%	7,695	15%	3,734	7%	6,349	12%
6.086	84%	251	3%	279	4%	664	9%	Barcas Ferry 	6,086	84%	251	3%	279	4%	664	9%
422.584	87%	7.835	2%	16.596	3%	37.676	8%	Ônibus Bus 	422,584	87%	7,835	2%	16,596	3%	37,676	8%
26.185	88%	762	3%	1.857	6%	979	3%	Van 	26,185	88%	762	3%	1,857	6%	979	3%
1.594.261		284.849		171.375		221.897		TOTAL	1,594,261		284,849		171,375		221,897	

Fonte: Elaboração própria

Source: Own elaboration

gistros fotográficos, a integração com *shapefiles* para o processamento, armazenamento e visualização de dados georeferenciados na *web*, com acesso à base de imagens de alta resolução e a dados de consumo de água, energia, mobilidade, controle de resíduos e edificações (Lima e

Kahn Ribeiro, 2016). A Figura 3 ilustra a estrutura do Sistema de Informação e Monitoramento do Fundo Verde UFRJ e a Tabela 1 apresenta os registros dos dados de emissões de CO₂ associados à acessibilidade à Cidade Universitária.



ALTERNATIVAS DE BAIXO CARBONO AVALIADAS NA CIDADE UNIVERSITÁRIA DA UFRJ

O veículo convencional (automóvel, comercial leve e ônibus) é um dos meios de transporte mais utilizados para acessar a Cidade Universitária da UFRJ em função da inexistência de alternativas tecnológicas de baixo carbono. Desta forma, a alternativa de veículo elétrico deve ser considerada com uma opção mais sustentável. Portanto é necessário conhecer o desempenho dos veículos elétricos, tanto do ponto de vista energético e ambiental, como do ponto de vista de custos para sua plena adoção. Para tanto, foi feita então uma análise comparativa entre um veículo elétrico e seu similar à combustão.

Em termos de medidas de caráter não tecnológico, optou-se por anali-

sar o compartilhamento de veículos. O setor de transporte apresenta um alto potencial para mitigação das emissões de CO₂ por meio das mudanças comportamentais e de escolhas de modos alternativos. O uso de campus universitário como laboratório para mobilidade compartilhada possibilita a quantificação dos ganhos desta nova forma de economia, seja por meio de redução de consumo de combustível, emissão de poluentes atmosféricos ou tempo de viagem.

• Mobilidade Compartilhada

Os benefícios individuais dos sistemas de *carsharing* estão relacionados à aceitação do modelo pelo usuário, o qual evita os gastos de aquisição, estacionamento, seguro

ASSESSMENT OF LOW CARBON EMISSION ALTERNATIVES AT CIDADE UNIVERSITÁRIA OF UFRJ

The conventional vehicle (cars, light commercial vehicles and busses) is one of the most used means of transportation in the access to UFRJ's Cidade Universitária due to the lack of low carbon technology alternatives. As such, electric vehicles are considered a more sustainable alternative. Thus, one must know the performance of electric vehicles, from an energy and environmental perspective, as well as from a cost of full adoption one. Therefore, a comparative review between an electric vehicle and a similar combustion engine vehicle was carried out.

Carpooling was selected as a non-technological alternative for this study. The transport sector has great

potential for reducing CO₂ emissions through changes in behavior and in the choice of alternative modes. Using the campus as a shared mobility laboratory allowed us to quantify the benefits of this new form of economy, be it from the reduction of fuel consumption, air pollutant emission or travel time.

• Shared Mobility

The individual benefits from carsharing systems are related to the acceptance of the mode by the user, which avoids the costs related to the acquisition, parking, insurance and maintenance of a vehicle, in addition to making a wide range of different vehicles available. The total cost of ownership of a car includes variable costs (fuel, maintenance,

TABELA 2: Impacto do Sistema de Carsharing na Europa e na América do Norte

IMPACTOS	EUROPA	AMÉRICA DO NORTE
Redução das emissões de CO ₂	39-54%	27% (impacto observado) 56% (impacto total) ⁵
Número de veículos privados substituídos por veículo de <i>carsharing</i>	4-10	9-13
Percentual de veículos privados vendidos devido a <i>carsharing</i>	16-34%	25%
Percentual de compra de veículos evitado devido a <i>carsharing</i>	N/A	25%

Fonte: reproduzido a partir de Shaheen & Cohen (2013)

5. O "impacto observado" é baseado na simples previsão de mudança de emissões de antes para depois. O "impacto total" é baseado nas emissões das pessoas que participam do sistema de carsharing comparado ao nível hipotético de emissões caso o serviço não existisse (ACEA, 2014).

TABLE 2: Carsharing regime impacts in Europe and the North America

IMPACTS	EUROPE	NORTH AMERICA
Reduction in CO ₂ emissions	39-54%	27% (verified impact) 56% (total impact) ⁵
Number of private vehicles replaced with carsharing vehicles	4-10	9-13
Percentage of private vehicles sold due to carsharing	16-34%	25%
Percentage of vehicle purchases avoided due to carsharing	N/A	25%

Source: reproduced from Shaheen & Cohen (2013)

5. The "verified impact" is based on the simple forecast for comparative (before-after) changes in emissions. The "total impact" is based on emissions of people participating in the carsharing system against hypothetical emission levels if the service did not exist (ACEA 2014).

e manutenção de um veículo, além de possibilitar a disponibilidade de uma ampla oferta de diferentes veículos. O custo total de propriedade de um carro compreende os custos variáveis (combustível, manutenção, etc) e os custos fixos (preço de compra, seguro, etc), os quais correspondem a cerca de 60% dos custos totais, que independem de quanto o veículo é utilizado. Consequentemente, os proprietários de veículos privados tendem a viajar predominantemente de carro. A utilização do sistema de *carsharing* ao invés de veículos privados tende a deslocar a razão de custos em direção aos custos variáveis e com isto despesas totais relacionadas a transporte mudam de custos totais de propriedade para custos totais de mobilidade. Assim, os usuários do sistema de *carsharing* evitam os custos fixos de possuir um carro e têm acesso a veículos por meio de pagamento pelo uso, o que proporciona a oportunidade de economia de custos.

Impactos mais gerais estão relacionados à mudança de comportamento dos usuários de *carsharing* que podem repercutir em melhorias ambientais e no transporte urbano. Na verdade, os serviços de mobilidade compartilhada vêm crescendo significativamente nos EUA e no mundo, nos últimos 20 anos. De acordo com Shaheen *et al.* (2015), os estu-

dos realizados registram os inúmeros benefícios ambientais e sociais relacionados à mobilidade compartilhada, incluindo redução de custos, conveniência, melhora da acessibilidade (encorajando multimodalidade e expandindo a abrangência do transporte público). A Tabela 2, a seguir, apresenta alguns dos resultados das pesquisas sobre impactos no transporte e na redução de emissões de CO₂.

Por conta deste potencial de redução de emissões, buscou-se avaliar o resultado de uma alternativa deste tipo no campus da UFRJ. Na Cidade Universitária da UFRJ, cerca de 7.000 alunos já participavam de algum tipo de sistema de auxílio na obtenção de caronas, seja por redes sociais, ou por grupos de conversa, como o aplicativo WhatsApp.

A carona solidária ou *Carpooling* é uma prática que incentiva o compartilhamento de veículos, permitindo que duas ou mais pessoas que percorrem os mesmos trajetos, utilizem o mesmo veículo (Fu *et al.* 2008). Na carona solidária ou *Carpooling*, o veículo pode ser compartilhado por algum tempo, mas a propriedade e o controle da direção permanecem inalterados (Shaheen *et al.*, 2015).

A prática, muito difundida nos países da Europa e nos Estados Uni-



etc.) and fixed costs (purchase price, insurance, etc.), which account for nearly 60% of total costs, regardless of how often the vehicle is used. Consequently, owners of private vehicles tend to travel primarily by car. The use of carsharing system instead of private vehicles tends to shift the cost ratio towards the variable costs, thus making the total expenses related to transportation change from total cost of ownership to total cost of mobility. This way, carsharing system users avoid the fixed costs of car ownership and have access to vehicles through a *pay per use* method, which results in a cost saving opportunity.

The broader impacts related to the change of behavior of carsharing users may result in environmental and urban transportation improvements. Actually, shared mobility services have registered significant growth in the U.S. and worldwide in the last 20 years.

According to Shaheen *et al.* (2015), studies carried out back the numerous environmental and social benefits related to shared mobility, including cost reduction, convenience, improved accessibility (encourages multimodality and expands the scope of public transport). Table 2 shows some findings from studies carried out on the impacts in transportation and in the reduction of CO₂ emissions.

Based on this emission reduction potential, we sought to evaluate the results of similar alternative at UFRJ's campus. Over 7,000 students at UFRJ's Cidade Universitária were using some kind of hitchhiking system, either by social media or by chat groups, such as WhatsApp.

Carpooling is a practice that encourages sharing vehicles, thus allowing two or more people who travel the same paths to use one vehicle (Fu *et al.* 2008). In Carpooling,

dos vem aumentando consideravelmente nos últimos anos no Brasil, com o uso de aplicativos para *smartphones* e com a difusão de inúmeras plataformas web que permitem a quem procura por uma carona e a quem possa oferecê-la, que entrem em contato entre si e possam definir melhor os detalhes da organização da viagem, seja essa ocasional ou continuada. Esta modalidade de transporte é ideal para grandes empresas bem como para universidades, onde diferentes pessoas, que percorrem o mesmo caminho no mesmo horário, podem ser incentivadas a viajar juntas.

A carona solidária teve avanço no Campus Universitário, em abril deste ano, com a implantação do Caronaê UFRJ (<https://caronae.ufrj.br/>). O aplicativo para *smartphones* (*Android* e *Iphone*) foi desenvolvido

visando organizar e integrar as caronas em todo o campus e está hospedado em servidores da UFRJ.

Para estimar as emissões de CO₂ evitadas com a carona solidária (*carpooling*) no deslocamento de ida e volta à Cidade Universitária foram avaliados os dados obtidos nos três primeiros meses do aplicativo, a partir de um *dump* do banco de dados do Caronaê, no período de abril a junho do ano de 2016. De posse destes dados, foi realizada uma análise exploratória, utilizando o *software* Tableau para visualização e classificação dos dados, buscando compará-los com os dados obtidos nas avaliações realizadas em 2014/2015. A Tabela 3 resume algumas métricas interessantes obtidas com *Carpooling* no deslocamento de ida e volta à Cidade Universitária da UFRJ.

although the vehicle can be shared for some time the ownership and steering control of the vehicle remain unchanged (Shaheen *et al.*, 2015).

A widespread practice in European countries and in the United States Carpooling is now considerably growing in Brazil through the use of smartphone apps and the dissemination of several web platforms that allow people looking for a ride and those offering it to communicate and further define the details of the ride, be it a one time or ongoing arrangement. This mode of transport is ideal for large companies and universities, where the several people who travel the same path at the same time can be encouraged to travel together.

Carpooling was improved at the University Campus this April with

the implementation of Caronaê UFRJ (<https://caronae.ufrj.br/>). The smartphone app (for Android and iPhone) was designed to organize and integrate rides all over the campus and it is hosted on UFRJ servers.

The data collected from the database dump of the campus carpooling app - Caronaê - in its first three months of use, from April to June 2016 were used to estimate the amount of CO₂ emissions avoided by carpooling in round trips to Cidade Universitária. The data was subjected to an exploratory analysis and the Tableau software was used for viewing and sorting the data as to generate a comparison with the data obtained from the assessments carried out in 2014/2015. Table 3 summarizes some interesting metrics obtained in the round trip carpooling analysis to UFRJ's Cidade Universitária.

TABELA 3: Métricas obtidas com *Carpooling* no deslocamento de ida e volta à UFRJ

MÉTRICA	CARONAÊ	CARPOOLING NA CIDADE UNIVERSITÁRIA
Taxa de ocupação de veículos privados	2,62	-
Viagens de veículo privado por mês	-	268.015
Emissões totais de CO ₂ dos deslocamentos em 2015 (ton CO ₂ /mês)	-	2.272
Viagens de veículo privado evitadas por mês	-	12.819
Emissões de CO ₂ evitadas pela carona em 2016 (ton CO ₂ /mês)	0,9	40,3
Redução total de emissões (%)	-	1,76



TABLE 3: Round trip carpooling metrics to UFRJ's Cidade Universitária

METRICS	CARONAÊ USERS	CARPOOLING USERS AT CIDADE UNIVERSITÁRIA
Occupancy rate of private vehicles	2.62	-
Private vehicle trips per month	-	268,015
Total CO ₂ emissions for 2015 trips (CO ₂ ton/month)	-	2,272
Private vehicle trips avoided per month	-	12,819
CO ₂ emissions prevented due to carpooling in 2016 (CO ₂ ton/month)	0.9	40.3
Total emission reduction (%)	-	1.76

Tendo em vista a evolução do crescimento da frota de automóveis para os próximos anos e a forte dependência da tecnologia veicular atual em relação aos combustíveis fósseis e a consequente emissão de CO₂, os automóveis elétricos representam uma importante alternativa. Sendo assim, foram realizados testes de ordem comparativa entre o automóvel equipado com o sistema de propulsão elétrico e o automóvel equipado com o sistema de propulsão convencional (motor de combustão interna (MCI) + sistema de transmissão mecânico (STM)) e de ordem comparativa entre as possíveis formas de condução do automóvel equipado com o sistema de propulsão elétrico (modo D e modo Eco).

Os veículos considerados no estudo foram: (1) um automóvel elétrico da marca Nissan, modelo Leaf, ano 2011 e (2) um automóvel convencional também da marca Nissan, modelo Sentra, ano 2010.

Um percurso de 2,6 km interno a Cidade Universitária da UFRJ foi estabelecido e, percorrido até que o veículo Nissan Leaf indicasse nível de carga mínimo em seu painel. Os testes foram realizados ao longo de 12 dias, alternando entre condução em modo Eco e modo D para o Nissan Leaf, e com condicionadores de ar

ligados ou desligados para ambos os automóveis.

Para as comparações de consumo de energia entre o Nissan Sentra e o Nissan Leaf, optou-se por converter todas as medidas de energia para a Joule.

Foi possível verificar maior eficiência do Nissan Leaf frente ao Nissan Sentra uma vez que o consumo do pri-

Electric vehicles represent a key alternative when we consider the expected expansion of car fleets in the coming years and the strong reliance of current vehicle technology on fossil fuels and its resulting CO₂ emissions. Thus, comparative tests were carried out between a vehicle with an electric drive system and a vehicle equipped with conventional drive

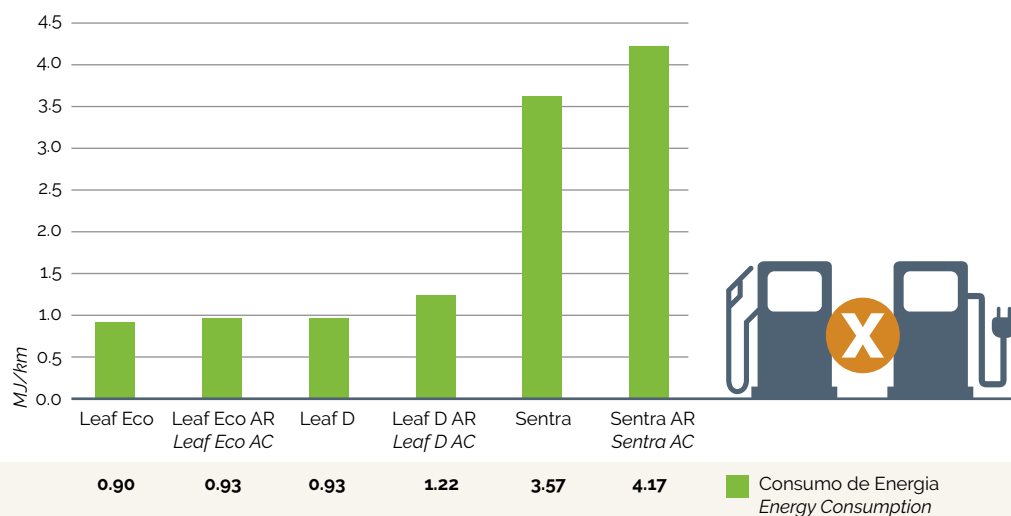
systems (internal combustion engine (ICE) + mechanical transmission system (MTS)), and an additional comparative test was performed on the driving methods of the vehicles equipped with the electric propulsion system (D mode and Eco mode).

The vehicles used in the tests were: (1) a 2011 Nissan Leaf electric car,



FIGURA 4: Comparação do consumo de energia Nissan Leaf x Nissan Sentra, com e sem condicionadores de ar ligado.

FIGURE 4: Nissan Leaf vs. Nissan Sentra energy consumption comparison, with air conditioning on and off.



meio corresponde a 25% do segundo (Figura 4).

Por meio da Figura 4, é possível também verificar uma pequena oscilação do consumo do Nissan Leaf, variando de 0,90 a 1,22 MJ/km. No entanto fica evidente que o condicionador de ar ligado e a direção em modo D proporcionam um consumo maior de 35% em relação a sua forma mais econômica (Leaf modo Eco com condicionadores de ar desligados).

Outro ponto importante é que a utilização ou não do condicionador de ar tem seus efeitos no aumento de consumo drasticamente minimizados através da utilização do modo Eco, uma vez que amplia em apenas 3% o consumo de energia frente a forma mais econômica de direção.

Ainda, com base nos dados levantados por meio do teste de autonomia do veículo elétrico, também se verificou a autonomia estimada por meio do painel e comparou-se a autonomia real do veículo (Figura 5).

É verificada uma grande discrepância, de 30% a 42% dos valores reais em comparação aos valores obtidos no painel, o que inviabiliza a condução do veículo baseado na autonomia apresentada no painel. As versões mais recentes do veículo Leaf prometem um melhor algoritmo de estimativa de autonomia. Outro ponto importante é a verificação da autonomia do Leaf plenamente carregado, que oscila dentre 62 km a 82 km, valor considerado modesto frente aos 150 km prometidos pelo fabricante.

and (2) a 2010 Nissan Sentra internal combustion engine car.

Driving took place on a 2.6 kilometers route defined within UFRJ's Cidade Universitária and it lasted until the Nissan Leaf vehicle had minimum charge level indication on its panel. The tests were conducted over 12 days, with the Nissan Leaf alternating between Eco mode and D mode, and with air conditioning on and off on both cars.

In order to compare energy consumption data between the Nissan Sentra and the Nissan Leaf all energy measures were converted to Joule.

A higher efficiency rate was verified on the Nissan Leaf as its energy consumption amounted to only 25% of the Nissan Sentra (Figure 4).

Figure 4 also indicates a slight oscillation in the Nissan Leaf's energy consumption rate between 0.90 and 1.22 MJ/km. However, driving with the air conditioning turned on on mode D resulted in consumption 35% higher than its most economic setup (Leaf on Eco mode with air conditioning turned off).

Another interesting point is that the effects of air conditioning use are significantly reduced when in Eco mode, where we registered

only a 3% increase in energy consumption compared to the most economic setup.

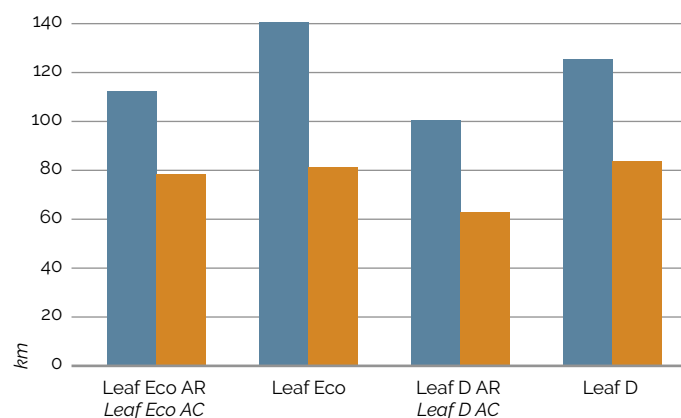
Additionally, data surveyed from the electric vehicle range test and from the vehicle's panel were used to create a comparison of the vehicles actual range (Figure 5).

A material difference amounting from 30% to 42% of the actual values was verified against the values indicated on the panel, thus preventing us from simply driving the vehicle based on the range displayed on the panel. The latest Leaf versions promise an improved range estimation algorithm. What is also important to highlight is the range obtained on a fully charged Leaf: between 62 km and 82 km, which is way below the 150 km range promised by the manufacturer.

A Life Cycle Inventory (LCI) was also carried out. This study identified the CO_{2eq} emissions resulting from the production and recycling of the vehicle-type, the production of gasoline and ethanol, and from the use of gasohol (27% Anhydrous Ethanol + 73% Gasoline) for the internal combustion vehicle. CO_{2eq} emissions identified for the electric vehicle resulted from the production and recycling of the vehicle-type, power generation, and from the production and recycling of the battery.

FIGURA 5: Comparação de consumo de energia entre Nissan Leaf Eco com aparelho de ar condicionado ligado x Nissan Leaf Eco sem aparelho de ar condicionado ligado.

FIGURE 5: Energy consumption comparison between Nissan Leaf Eco w/ AC turned on vs. Nissan Leaf Eco w/ AC turned off.



■ Distância Estimada Estimated range	110.67	138.67	99.00	123.33
■ Distância Percorrida Travelled range	77.40	79.98	61.92	82.56

Adicionalmente, realizou-se um Inventário de Ciclo de Vida (ICV). Neste estudo, identificou-se as emissões de CO₂eq. referentes à produção e reciclagem do veículo-tipo, da produção da gasolina A, do etanol e do uso da gasolina C (27% Etanol Anidro + 73% Gasolina A), para o veículo a gasolina. Para o veículo elétrico, tem-se as emissões de CO₂eq. referentes à produção e reciclagem do veículo-tipo, da produção de eletricidade e da produção e reciclagem da bateria.

Em relação ao ICV do veículo-tipo, não há comparações a serem realizadas, tendo em vista que se adotou o mesmo automóvel tipo em função da não disponibilização dos dados dos veículos fabricados pela Nissan (Leaf e Sentra). Sendo assim, a comparação

desses veículos resume-se ao acréscimo da bateria de íon de lítio ao veículo elétrico e a fonte energética utilizada, gasolina e eletricidade.

No que diz respeito à energia consumida pelas duas tecnologias avaliadas, verificou-se que para o veículo convencional utiliza-se a gasolina com adição de 27% do etanol e para o elétrico, utiliza-se a energia elétrica. No entanto, o ICV da energia utilizada, demonstrou maior potencial de sustentabilidade na fase de uso dos veículos, tendo em vista que a matriz energética brasileira é composta por, aproximadamente, 89% de fontes renováveis (IES Brasil, 2015).

Sendo assim, por meio das entradas e saídas do sistema, o ciclo de vida



As for the LCI of the vehicle-type, we were unable to perform comparisons; we have adopted the same vehicle-type due to the lack of data available for Nissan vehicles (Leaf and Sentra). As such, the comparison between these vehicles is limited in scope to the addition of a lithium-ion battery to the electric vehicle and to the energy source used (gasoline or electricity).

Considering the type of energy used by the two technologies evaluated, conventional vehicles use 27% ethanol gasoline and electric vehicles use electricity. However, the LCI of the energy used indicated a greater sustainability potential at the vehicle use phase, as the Brazilian energy mix is mostly

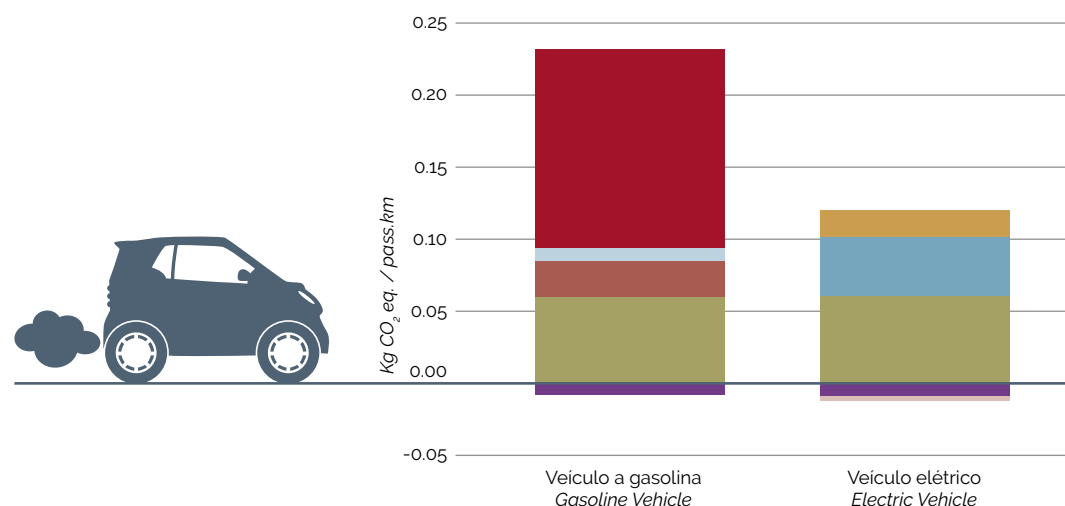
comprised by renewable sources (89%) (IES Brasil, 2015).

Therefore, considering the system's input and output, CO₂ emissions during the life of a conventional vehicle are higher than on an electric vehicle. Conventional vehicle emissions amount to 0.229 kg CO₂eq./pass.km, while electric vehicle emissions amount to 0.118 kg CO₂eq./pass.km (Souza, 2015).

Figure 6 shows the CO₂eq emissions resulting from the production and recycling of the vehicle-type, the production of gasoline and ethanol, and from the use of gasohol (27% Anhydrous Ethanol + 73% gasoline) for the internal combustion vehicle. CO₂eq emissions identified for the

FIGURA 6: Emissão de CO₂ eq./pass.km do veículo a gasolina e elétrico.

FIGURE 6: Conventional and electric vehicles CO₂eq./pass.km emissions



do veículo a gasolina possui maior emissão de CO₂ do que o veículo elétrico. A emissão do veículo a gasolina corresponde a 0,229 kg CO₂ eq./pass.km e a emissão do veículo elétrico corresponde a 0,118 kg CO₂ eq./pass.km (Souza, 2015).

A Figura 6 apresenta as emissões de CO₂eq. referentes à produção e reciclagem do veículo-tipo, da produção da gasolina A, do etanol e do uso da gasolina C (27% Etanol Anidro + 73% Gasolina A), para o veículo a gasolina. Para o veículo elétrico, tem-se as emissões de CO₂eq. referentes à produção e reciclagem do veículo-tipo, da produção de eletricidade e da produção e reciclagem da bateria.

A produção do automóvel tipo corresponde a cerca de 25% das emis-

sões totais de CO₂ eq./pass.km no ciclo de vida do veículo a gasolina e cerca de 50% para o veículo elétrico. A reciclagem na produção do veículo-tipo representa cerca de - 4% para o veículo a gasolina e -7,8% para o veículo elétrico.

A produção do combustível para o veículo a gasolina representa 14% do total das emissões de CO₂eq., esse resultado é menor que as médias mundiais, devido principalmente à adição de etanol ao combustível, pois durante a etapa agrícola do etanol, ocorre a captura de CO₂. Para o veículo elétrico, a produção de eletricidade corresponde a apenas 15% da emissão total de CO₂eq. Além disso, a produção da bateria representa 35% e sua reciclagem - 3,5%.

	Veículo a gasolina Gasoline Vehicle	Veículo elétrico Electric Vehicle
Reciclagem da bateria Battery recycling	-	-0.0041
Reciclagem do veículo Vehicle recycling	-0.0092	-0.0041
Produção da eletricidade Power generation	-	0.0177
Produção da bateria Battery manufacturing	-	0.0413
Uso combustível Fuel use	0.1368	-
Produção do Etanol Ethanol production	0.0090	-
Produção Gasolina A Gasoline production	0.0242	-
Veículo tipo Vehicle-type	0.0590	0.0590

Fonte: Elaboração própria com base nos dados de Souza (2015).
Source: Adapted from Souza (2015).

electric vehicle resulted from the production and recycling of the vehicle-type, power generation, and from the production and recycling of the battery.

The manufacturing process is responsible for 25% of the total CO₂eq./pass.km emissions of a conventional vehicle life, against approximately 50% of an electric vehicle life. Recycling in the manufacturing process represents -4% for conventional vehicles and -7.8% for electric vehicles.

For this study we estimated the production of fuel for combustion engine vehicles at 14% of the total CO₂eq. emissions. This total is lower than the world average mainly due to the addition of ethanol to the

fuel; there is capture of CO₂ during the agricultural step of ethanol production. As for electric vehicles, the production of electricity accounts for 15% of the total CO₂eq. emissions. Moreover, battery production accounts for 35% and recycling for 3.5% of total CO₂eq. emissions.

Lastly, we carried out an assessment for the implementation (introduction) of electric vehicles in Brazil. Four scenarios were devised to assess the development of electric car numbers in Brazil and the impact that the use of these vehicles could have on the Brazilian energy mix against fossil fuel and electric power consumption and CO₂ emissions. These scenarios were devised based on different national and international references.

Por fim, fez-se uma avaliação para introdução do uso dos veículos elétricos no Brasil. Para isso, foram estabelecidos 4 cenários a fim de avaliar a evolução da frota de automóveis elétricos no Brasil e o impacto que o uso destes veículos poderia acarretar na matriz energética brasileira em relação ao consumo de energia fóssil, energia elétrica e emissão de CO₂. Os cenários foram estabelecidos com base em diferentes referências nacionais e internacionais.

Para as projeções agregadas projeções de consumo de energia e emissão de CO₂ utilizou-se o PIB Absoluto descontado, estimado a partir de percentuais de variação fornecidos pelo Banco Central, o Banco Itaú e a nota Técnica EPE⁶, no ano de 2015, que considera o período de 2016 a 2050 em composição com a população, fornecido pelo IBGE (2013), na forma do PIB per capita.

Cenário 1: Teve como base o estudo desenvolvido pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, Vaz *et al.*, (2015), que considera um crescimento tendencial, com base no histórico das vendas e da frota de veículos elétricos e híbridos até o ano 2025. A partir daí, até o ano de 2050, baseou-se no estudo desenvolvido pelo *The International*

Energy Agency (IEA, 2015). No entanto, considerou-se que a frota brasileira de veículos híbridos e elétricos crescerá na mesma proporção estimada para o mundo, de 2015 a 2020, até o ano de 2035 e na mesma proporção estimada para o mundo, de 2021 a 2025, até o ano de 2050. Tal premissa foi adotada com base na condição do Brasil, ser um país ainda em desenvolvimento.

Cenário 2: Teve como base o estudo do *The International Council on Clean Transportation* (Façanha, 2012), que considerou uma participação de 1-2% de veículos elétricos até 2030. A partir daí, até 2050, baseou-se no estudo realizado pela Empresa de Pesquisa Energética, por meio do Estudo de Demanda de Energia 2050 (EPE, 2016), considerando todas as premissas estabelecidas para os veículos leves (automóveis e comerciais leves).

Cenário 3: Teve como base estudos da Frost & Sullivan, por meio dos relatórios *Strategic Analysis of Brazil Electric Vehicle Market - Era of Electric Vehicles in Brazil, With Market Growing to More than 80,000 Units by* (Frost & Sullivan, 2013a) 2020 e *Brazilian Electric Vehicle and Supporting Infrastructure Market* (Frost & Sullivan, 2013b), só que por conta da recessão econômica que o Brasil vem enfrentando nos últimos 2 anos, considerou-se uma visão conservadora,

For the aggregate projections, energy consumption and CO₂ emission projections we used the deducted nominal GDP obtained from variation indexes provided by the Central Bank of Brazil, Banco Itaú and EPE⁶ Technical note (2015), considering the 2016-2050 period, including population data (as GDP per capita) provided by IBGE (2013).

Scenario 1: is based on the study carried out by the National Bank for Economic and Social Development (BNDES), Vaz *et al.*, (2015), and it sets out a growth trend by 2025 based on electric and hybrid vehicles sales and fleet history. A study developed by The International Energy Agency (IEA, 2015) was used for the years 2025 to 2050. However, the adoption rate of hybrid and electric vehicles in Brazil by 2035 was based on the world's proportional rate for 2015-2020; and the 2021-2025 world's proportional rate was used for the adoption rate by 2050 in Brazil. This premise was set out based on Brazil's status as a developing country.

Scenario 2: is based on the study carried out by The International Council on Clean Transportation (Façanha, 2012), which forecasts a 1-2% market share for electric vehicles by 2030. The Energy Demand Survey 2050 (EPE, 2016) developed by the Federal Energy

Research Company, providing on all premises defined for light vehicles (cars and light trucks) was used for the years 2030 to 2050.

Scenario 3: is based on the studies carried out by Frost & Sullivan from the reports *Strategic Analysis of Brazil Electric Vehicle Market - Era of Electric Vehicles in Brazil, With Market Growing to More than 80,000 Units by* (Frost & Sullivan, 2013a) 2020 and *Brazilian Electric Vehicle and Supporting Infrastructure Market* (Frost & Sullivan, 2013b). However, due to the economic crisis Brazil has been facing in the past couple of years, a more conservative forecast was selected and the premises from the study were only adopted for the period after 2025. Additionally, this Scenarios includes the inputs from the Paris Declaration on Electro-Mobility and Climate Change & Call to Action Lima - Paris Action Calendar (LPAA, 2015) indicating that by the year 2030 at least 20% of all road transport vehicles (passenger and cargo) will be electric (global average), with light vehicles being the key factor in achieving this goal. Scenario 3 was also based on the program Mobilise Your City Local Governments in Developing Countries Take High Road to Low-Carbon development

6. Fez-se uma avaliação entre as principais fontes de dados econômicos no Brasil, a fim de combinar projeções pessimistas, moderadas e otimistas para a variação do PIB brasileiro.

6. The main sources of economic data in Brazil were reviewed in order to assess pessimistic, moderate and optimistic forecasts for the variation of Brazil's GDP.

adotando as premissas dos estudos apenas para os anos após 2025. Além disso, considerou-se também a *Paris Declaration on Electro-Mobility and Climate Change & Call to Action Lima – Paris Action Agenda* (LPAA, 2015) que admitiu que para o ano de 2030, pelo menos 20% de todos os veículos de transporte rodoviário (passageiro e carga) serão elétricos (média mundial) e que os veículos leves serão os que mais vão contribuir para o alcance dessa meta. Foi usado também como referência no desenho deste cenário, o programa *Mobilise Your City Local Governments in Developing Countries Take High Road to Low-Carbon* desenvolvido pela *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC, 2015)

que visa apoiar países em desenvolvimento (África, Sul da Ásia, América do Sul, e Oriente Médio), a partir de 2020 para o desenvolvimento e a implementação de sustentabilidade urbana, tendo em vista que parceiros doadores já se comprometeram a doar 5,5 milhões de euros, em 2016. Adicionalmente, o cenário 3 usou dados do estudo desenvolvido pela *Shell International BV*, por meio de seu relatório "*A better life with, a healthy planet: Pathways to net-zero emissions*" (Shell, 2016) que considera uma participação global de 80% de veículos elétricos em 2050. Sendo assim, com base em todos esses estudos citados, estabeleceu-se a premissa de que no Brasil, a participação dos veículos elétricos, em 2050,

by the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC, 2015), which aims to support developing countries (Africa, South Asia, South America, and Middle East) from 2020 to develop and implement urban sustainability, whereas 5.5 million euros have been pledged in 2016 by sponsors for this goal. The Shell International BV report "*A better life with a healthy planet: Pathways to net-zero emissions*" (Shell, 2016) estimating an 80% share of electric vehicles by 2050 was also used. Considering the abovementioned studies and reports we have estimated a 20% electric vehicle share in Brazil by 2050, which is 25% of the world's estimate.

behind the widespread use of electricity is the fact that combustion engine is already at the efficiency limits of heat engines, thus being no longer reasonable to keep investing in such technology. This Scenario was prepared based on the studies from CCC (2008), (Frost & Sullivan, 2013a), (Frost & Sullivan, 2013b), LPAA (2015), UNFCCC (2015), Shell (2016) and Morgan Stanley (2016).

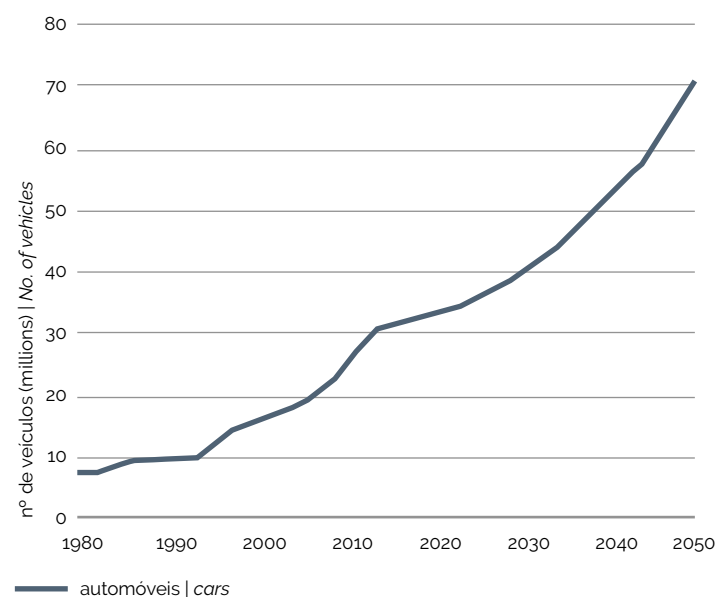
The four scenarios estimate a car fleet of 70 million vehicles by 2050; an increase of approximately 128% compared to the 2015 fleet (Figure 7).

As for light commercial vehicles we estimate a car fleet of 11 million vehicles by 2050; an increase of approximately 123% compared to the 2015 fleet (Figure 8).

The development projections for car fleet, light commercial fleet and energy consumption under the four scenarios are presented below (Figures 9 to 24):

Scenario 4: Unlike the other scenarios this is a revolutionary scenario (upheaval), where pursuant to a massive economic globalization Brazil would follow the world's electromobility trend (LPAA, 2015; UNFCCC, 2015). One of the reasons

FIGURA 7: Evolução da frota total de automóveis - Cenários 1, 2, 3 e 4
FIGURE 7: Evolution of total car fleet - Scenarios

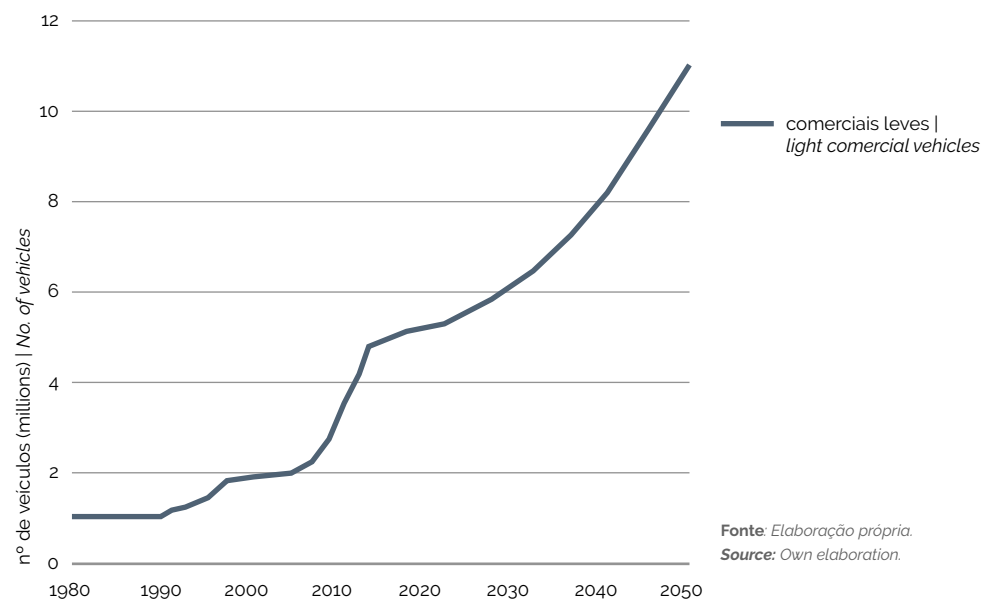


Fonte: Elaboração própria. | Source: Own elaboration.



FIGURA 8: Evolução da frota total de comerciais leves - Cenários 1, 2, 3 e 4

FIGURE 8: Evolution of total light commercial vehicle fleet - Scenarios 1, 2, 3, and 4



será de aproximadamente 20%, ou seja, 25% da estimativa global.

Cenário 4: Ao contrário dos demais, este é um cenário revolucionário (de ruptura), onde devido a enorme globalização da economia, se considera que o Brasil seguiria a tendência mundial de eletromobilidade (LPAA, 2015; UNFCCC, 2015). Uma das justificativas para a eletrificação é que o motor a combustão já está no limite de eficiência de máquina térmica, não tendo mais sentido investir em tal tecnologia. Para elaboração deste Cenário, baseou-se nos estudos CCC (2008), (Frost & Sullivan, 2013a), (Frost & Sullivan, 2013b), LPAA (2015), UNFCCC (2015), Shell (2016) e Morgan Stanley (2016).

Para os quatro cenários, estima-se que a frota de automóveis chegue a 70 milhões de veículos em 2050, o que representará um crescimento de aproximadamente 128% em relação à frota do ano de 2015 (Figura 7).

No que diz respeito aos veículos comerciais leves, estima-se que a frota chegue a 11 milhões de veículos em 2050, o que representará um crescimento de aproximadamente 123% em relação à frota do ano de 2015 (Figura 8).

Os resultados das projeções da evolução da frota de automóveis, da evolução da frota de comerciais leves e do consumo de energia para os 4 cenários são apresentados a seguir (Figuras 9 a 24):



FIGURA 9: Evolução da Frota de automóveis – Cenário 1

FIGURE 9: Evolution of car fleet - Scenario 1

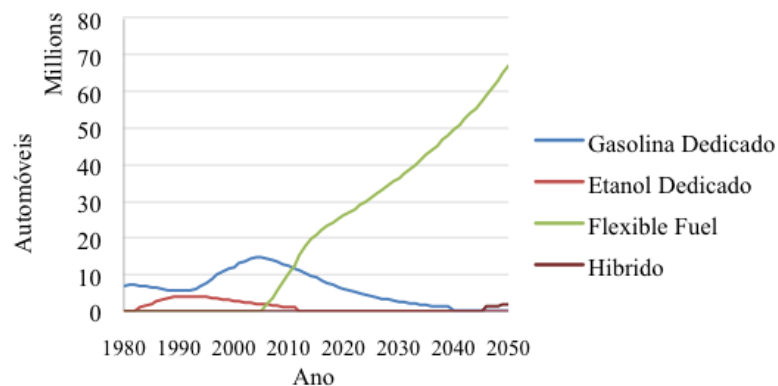


FIGURA 12: Projeção Consumo de Energia – Cenário 1

FIGURE 12: Energy Consumption Forecast - Scenario 1

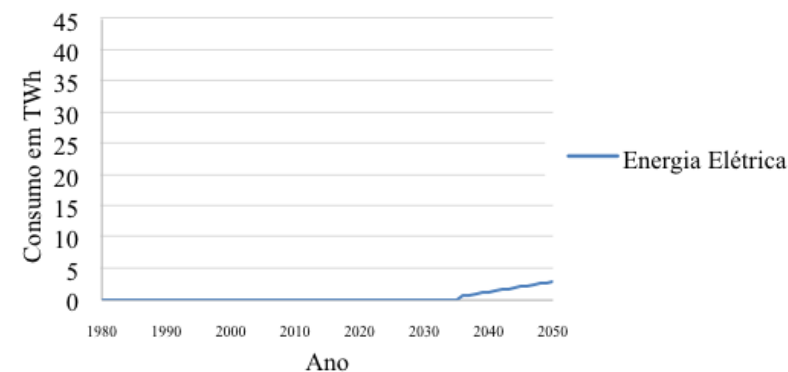


FIGURA 10: Evolução da frota de comerciais leves – Cenário 1

FIGURE 10: Evolution of light commercial vehicle - Scenario 1

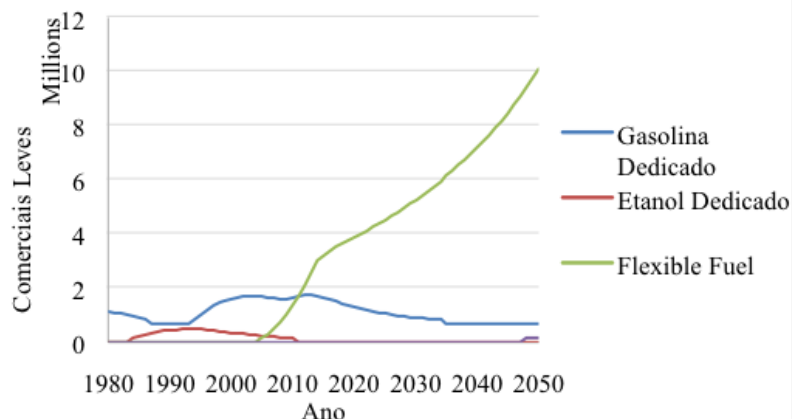


FIGURA 13: Evolução da Frota de automóveis – Cenário 2

FIGURE 13: Evolution of car fleet - Scenario 2

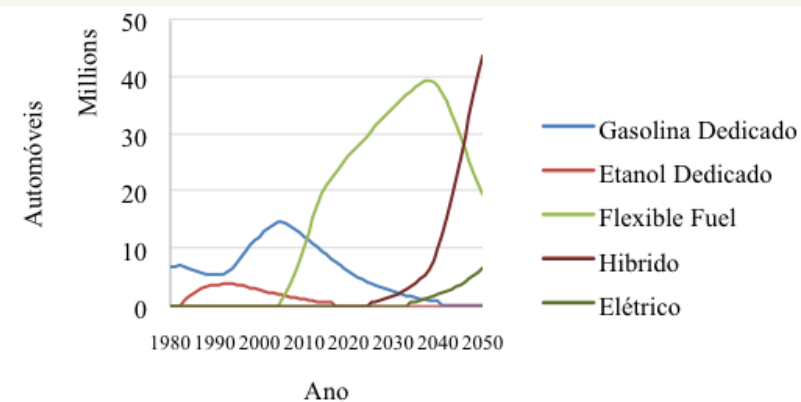


FIGURA 11: Projeção Consumo de Energia (gasolina e etanol) – Cenário 1

FIGURE 11: Energy Consumption Forecast (gasoline and ethanol) - Scenario 1

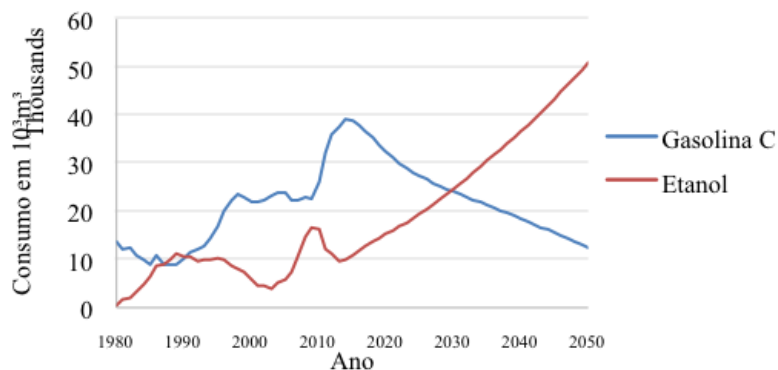


FIGURA 14: Projeção Consumo de Energia (gasolina e etanol) – Cenário 2

FIGURE 14: Energy Consumption Forecast (gasoline and ethanol) - Scenario 2

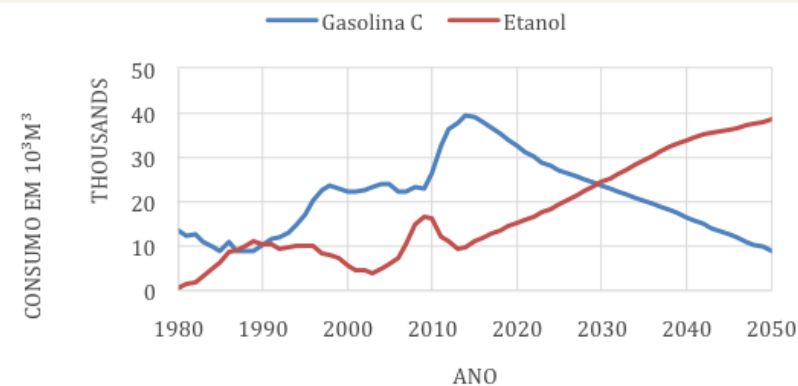


FIGURA 15: Evolução da frota de comercias leves - Cenário 2

FIGURE 15: Evolution of light commercial vehicle - Scenario 2

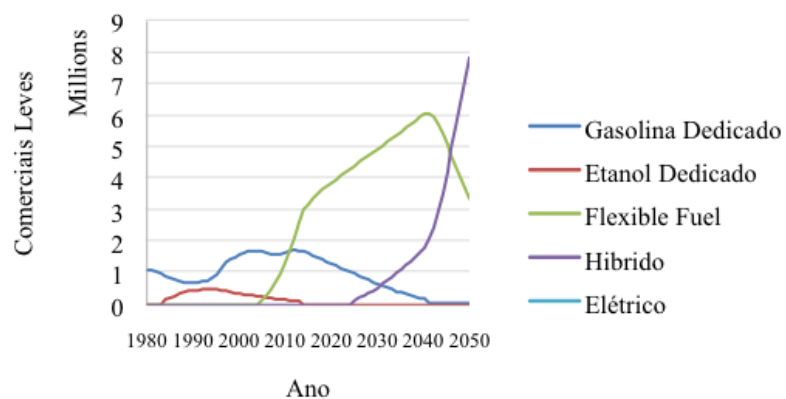


FIGURA 18: Evolução da frota de comercias leves – Cenário 3

FIGURE 18: Evolution of light commercial vehicle - Scenario 3

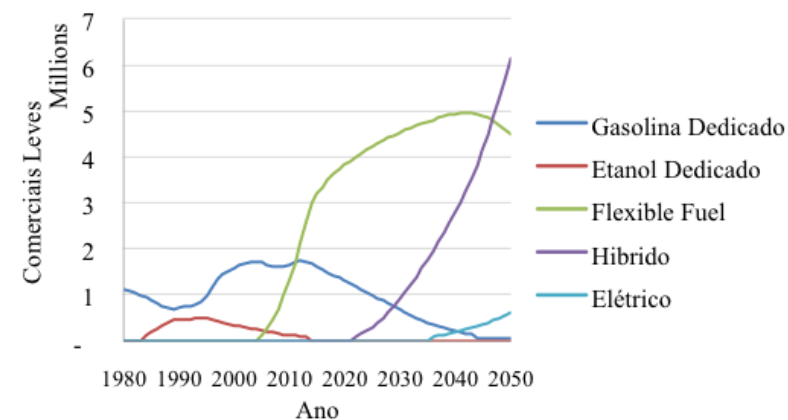


FIGURA 16: Projeção consumo de energia (elétrica) - Cenário 2

FIGURE 16: Energy Consumption Forecast (electricity) - Scenario 2

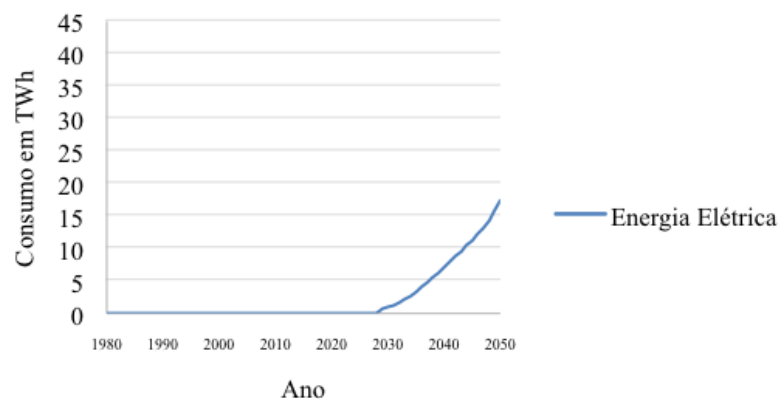


FIGURA 19: Projeção Consumo de Energia (gasolina e etanol) – Cenário 3

FIGURE 19: Energy Consumption Forecast (gasoline and ethanol) - Scenario 3

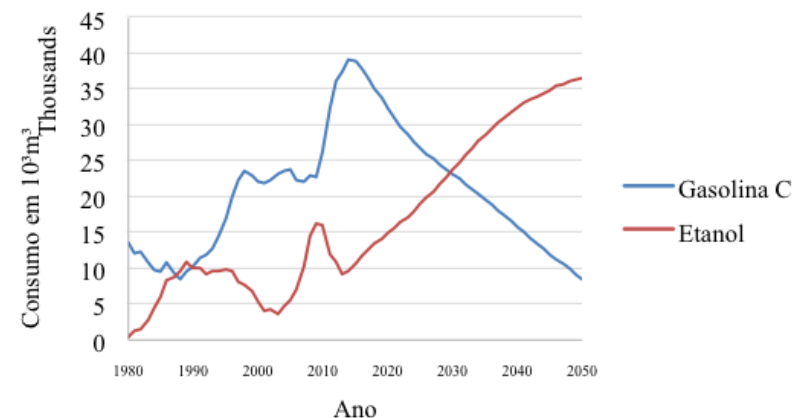


FIGURA 17: Evolução da Frota de automóveis – Cenário 3

FIGURE 17: Evolution of car fleet - Scenario 3

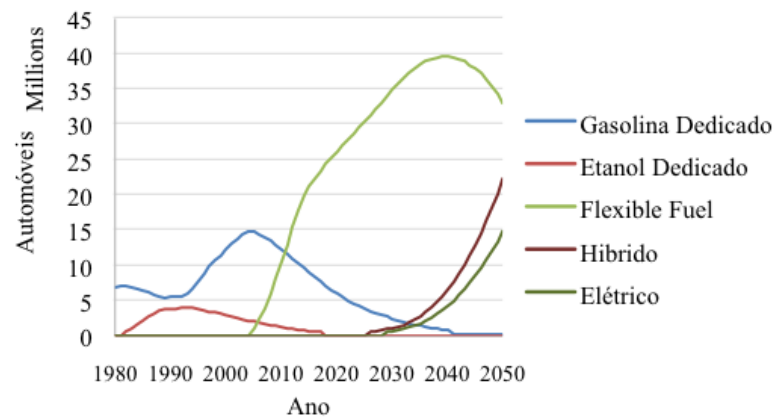


FIGURA 20: Projeção consumo de energia (elétrica) – Cenário 3

FIGURE 20: Energy Consumption Forecast (electricity) - Scenario 3

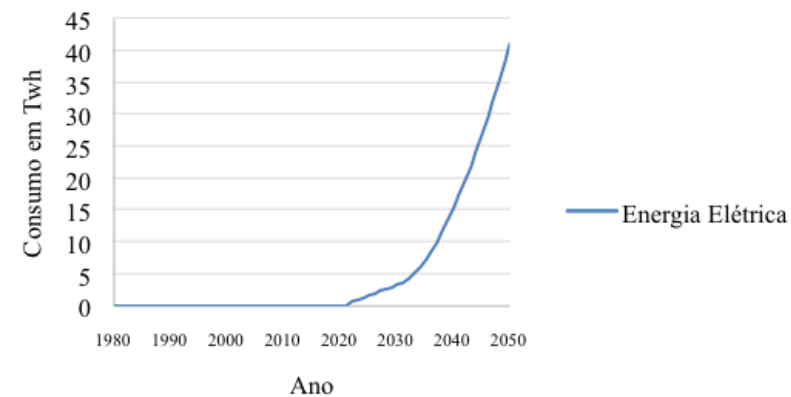


FIGURA 21: Evolução da Frota de automóveis – Cenário 4

FIGURE 21: Evolution of car fleet - Scenario 4

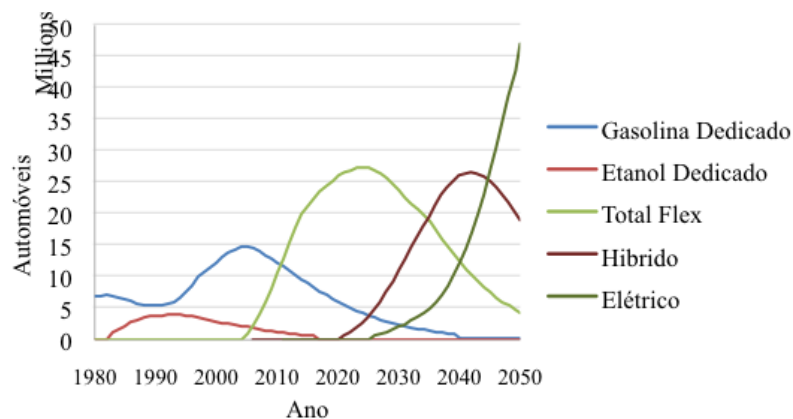
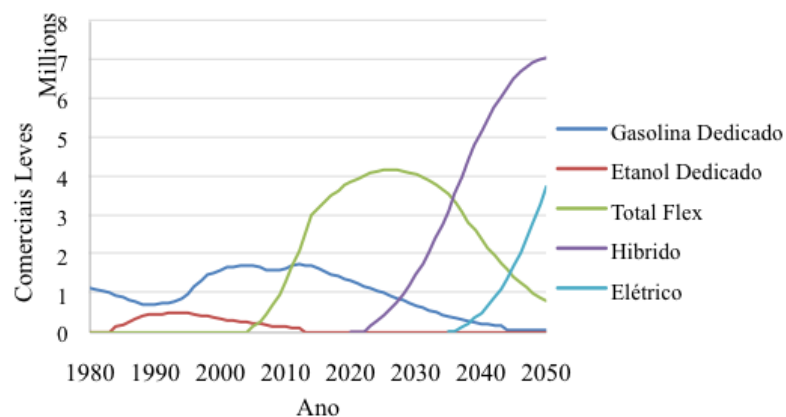


FIGURA 22: Evolução da frota de comerciais leves – Cenário 4

FIGURE 22: Evolution of light commercial vehicle - Scenario 4



Análise Comparativa dos Cenários: as estimativas demonstram que os 4 cenários apresentam grande potencial quanto à utilização de energia renovável, no entanto, serão dependentes de fontes de energia diferentes. No caso do Cenário 1, estima-se que este seja dependente do etanol, fonte renovável, porém empregando tecnologia de combustão. Para os Cenários 3 e 4, o uso da energia elétrica se intensifica, que no caso específico

do Brasil, trata-se de fonte majoritariamente renovável e não poluente. É oportuno ressaltar que a oferta de infraestrutura para carregamento das baterias nas cidades e residências e a comercialização da energia elétrica necessária para abastecimento dos veículos podem representar uma barreira para implementação dessa tecnologia de forma imediata no Brasil. O cenário 2 é o mais equilibrado no que diz respeito às fontes de energia.

FIGURA 23: Projeção Consumo de Energia (gasolina e etanol) – Cenário 4

FIGURE 23: Energy Consumption Forecast (gasoline and ethanol) - Scenario 4

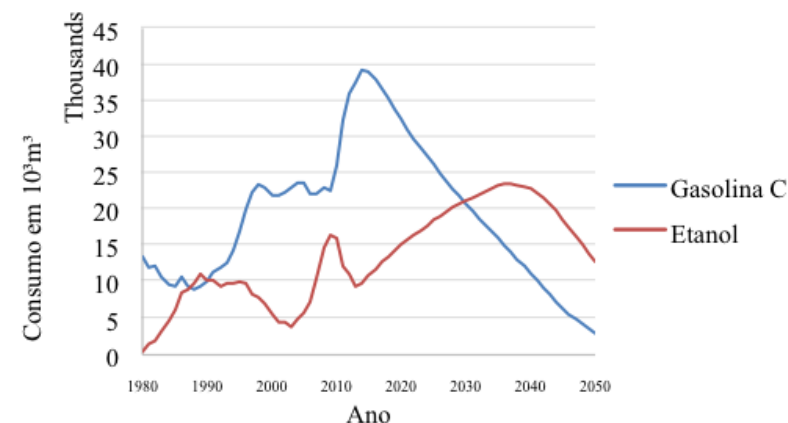
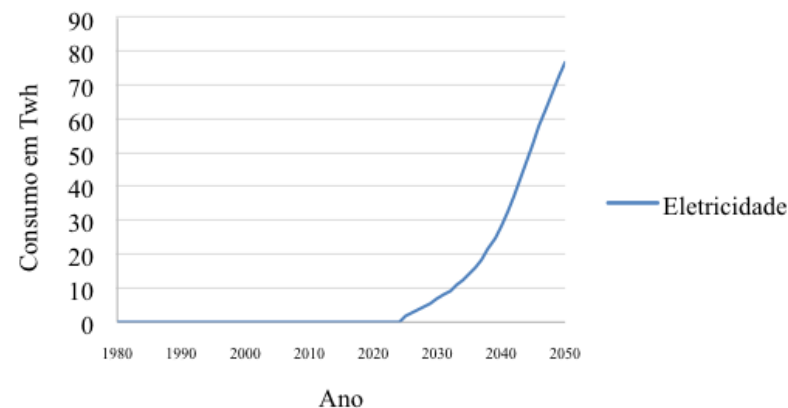


FIGURA 24: Projeção consumo de energia (elétrica) – Cenário 4

FIGURE 24: Energy Consumption Forecast (electricity) - Scenario 4



Scenario Comparative Analysis:

the estimates provided above show that the four scenarios have great potential for the use of renewable energy, however, they will be reliant on different energy sources. Scenario 1 estimates reliance on ethanol, which is a renewable source, and the use of combustion engine technology. Scenarios 3 and 4 estimate a greater reliance on and increased use of electricity,

which is overall a renewable and non-polluting source of energy in Brazil. However we must bring to attention that the current availability of battery charging infrastructure in cities and homes and the supply of electricity required for such vehicles might be a deterrent for the prompt implementation of this form of technology in Brazil. Scenario 2 is better balanced when it comes to energy sources.



Para que o cenário 4 seja de fato de baixo carbono, não basta que se eletrifique o setor de transporte, mas que a geração de energia elétrica tenha bases renováveis. Vale ressaltar que o sucesso do uso em larga escala da energia renovável está intimamente ligado com o desenvolvimento de soluções para a armazenagem desta energia.

In order for scenario 4 to be considered a low carbon scenario, not only does the transport sector have to be electric, but power generation must be from renewable sources. It is worth mentioning that the success of the large-scale use of renewable energy is closely tied to the development of energy storage solutions.



Por meio das Figuras 25 a 30 é possível realizar comparar os resultados dos 4 cenários.

Figures 25 to 30 allow us to compare the results of the four scenarios.



FIGURA 25: Estimativa de participação dos automóveis por tipo de energia
FIGURE 25: Estimated car share per type of energy

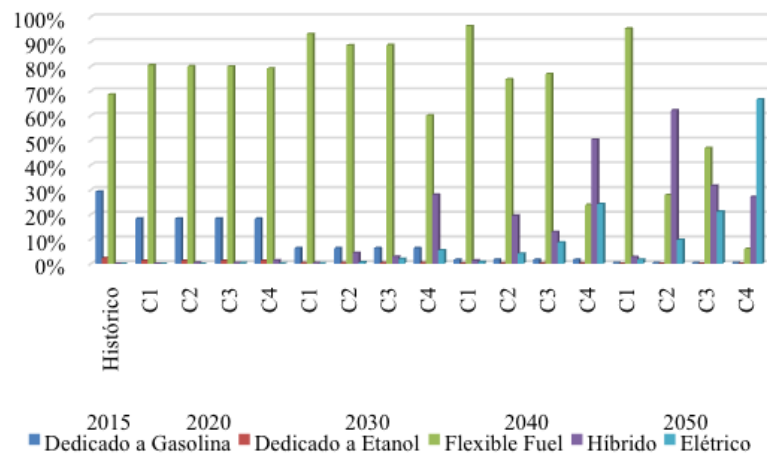


FIGURA 27: Comparação demanda de combustível e energia elétrica
FIGURE 27: Fuel and electricity demand comparison

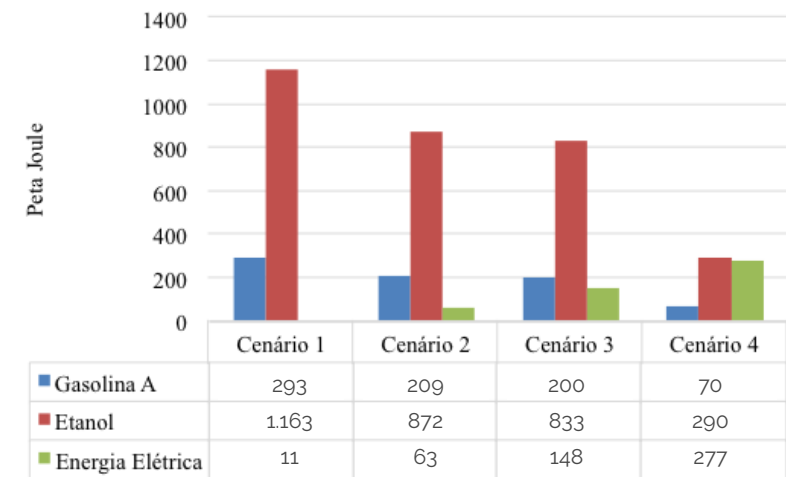


FIGURA 26: Estimativa de participação dos comerciais leves por tipo de energia
FIGURE 26: Estimated light commercial vehicle share per type of energy

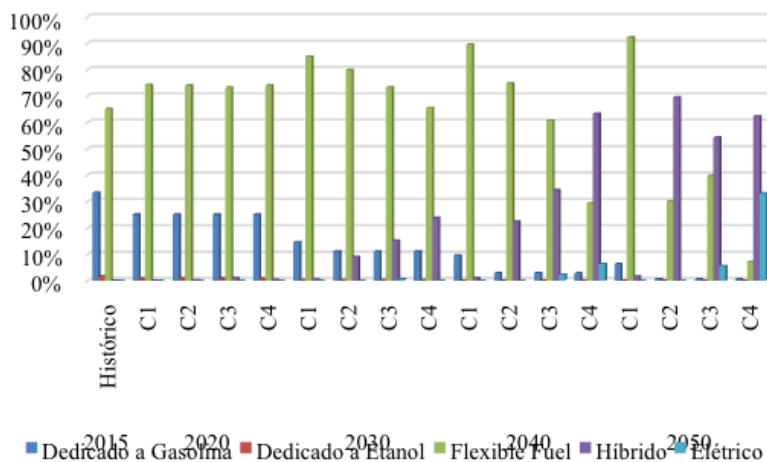


FIGURA 28: Demanda de energia em Peta Joule. (Cenários 1, 2, 3 e 4).
FIGURE 28: Energy demand in Peta Joule. (Scenarios 1, 2, 3, and 4)

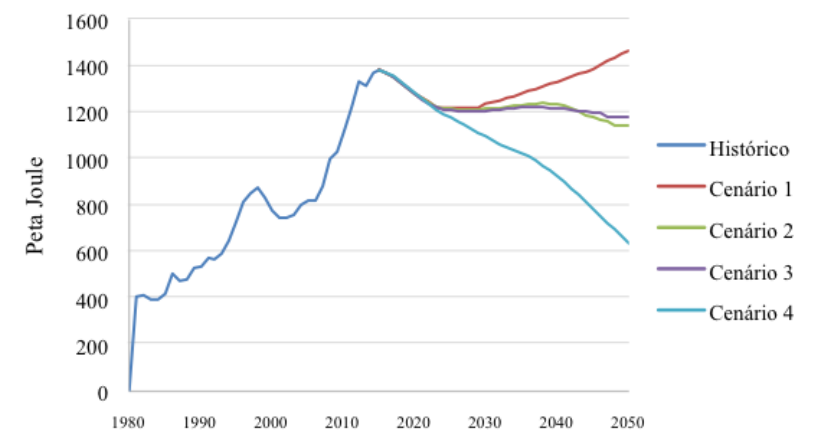


FIGURA 29: Emissão de CO₂.

FIGURE 29: CO₂ Emissions.

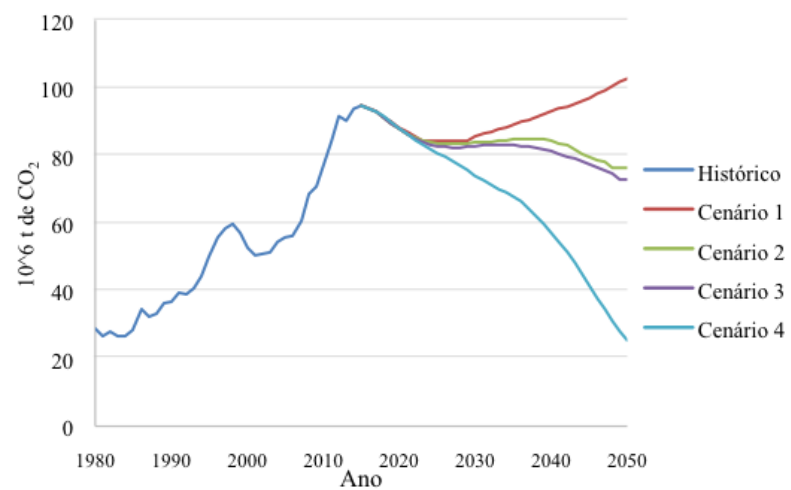
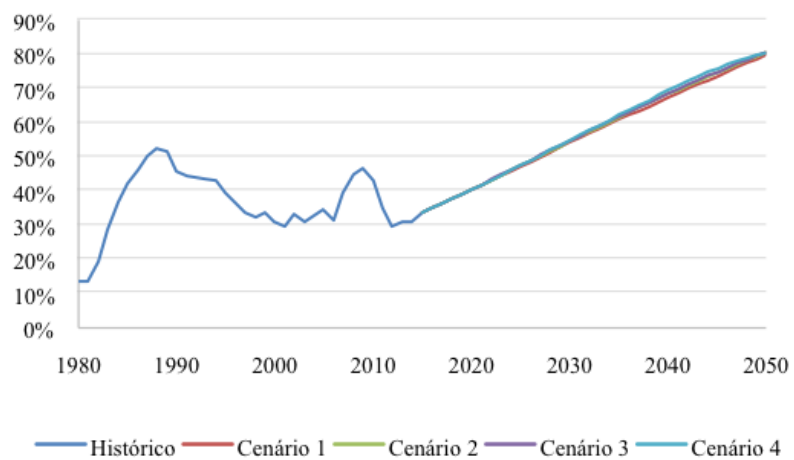


FIGURA 30: Participação de energia renovável.

FIGURE 30: Renewable energy share.



POTENCIAL DE REDUÇÃO DAS EMISSÕES DA CIDADE UNIVERSITÁRIA DA UFRJ

De forma a avaliar o potencial de redução das emissões de CO₂, na Cidade Universitária da UFRJ, por meio da adoção de automóveis elétricos em substituição dos automóveis convencionais, fez-se uma estimativa para até o ano de 2050, seguindo as mesmas premissas adotadas para identificação do Cenário 4, do estudo que buscou a introdução do uso dos veículos elétricos no Brasil.

A Figura 31 demonstra o potencial de redução de emissões de CO₂ da

Cidade Universitária da UFRJ. Verificou-se que as emissões de CO₂ poderiam ser reduzidas em até 75%, em relação a 2050 e 68% em relação ao *baseline*, ou seja, o que se emitiu em 2015.

Quanto ao compartilhamento de veículos, verificou-se que considerando um cenário futuro para 2050, um ganho seria marginal em termos de emissões, já que se está se considerando uma grande introdução de veículos elétricos no Brasil.

EMISSIONS REDUCTION POTENTIAL AT UFRJ'S CIDADE UNIVERSITÁRIA

An estimate by the year 2050 under Scenario 4 conditions - set out in the study used for the introduction of electric cars in Brazil - was used in the assessment of the potential reduction of CO₂ emissions obtained with the adoption of electric vehicles as a substitute to conventional cars at UFRJ's Cidade Universitária.

Figure 31 shows the CO₂ emissions reduction potential at UFRJ's Cidade Universitária. We verified a 75% reduction in CO₂ emissions by

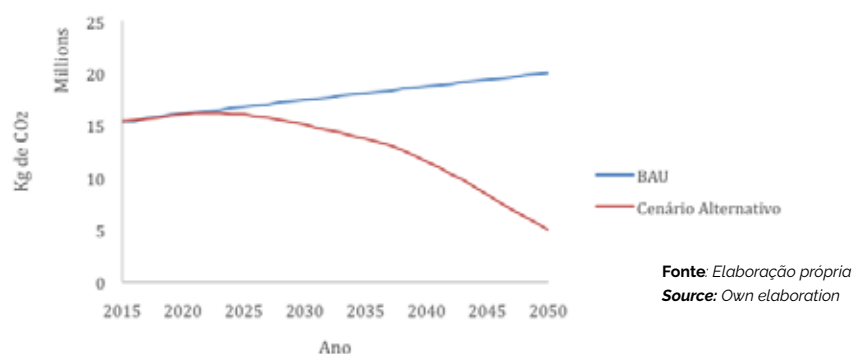
2050 and a 68% reduction over the baseline, i.e., 2015 emissions.

Carsharing was found to generate negligible improvements in emissions under the 2050 forecast scenario, since electric vehicles are expected to be widely deployed in Brazil.



FIGURA 31: Emissões de CO₂

FIGURE 31: CO₂ Emissions



CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto enfocou duas alternativas de redução das emissões de CO₂ que possivelmente irão liderar as estratégias de mobilidade urbana de baixo carbono nas próximas décadas. A primeira com grande dependência de mudança tecnológica dos veículos, da produção e distribuição de energia e a segunda com um forte componente de mudança de hábitos de consumo. No caso de mudança tecnológica foi analisado o aumento do uso de veículos elétricos no Brasil. Inicialmente se comparou o desempenho destes veículos por meio de testes de campo com o similar usando tecnologia de combustão interna e também através de análise de ciclo de vida. Como a velocidade de introdução destes veículos ainda é incerta, foram traçados quatro cenários prospectivos, sendo um deles extremamente conservador e outro um cenário de ruptura e dois intermediários.

Os resultados nos mostram que do ponto de vista energético e ambiental, o cenário de ruptura é o mais interessante. No entanto, politicamente será o mais desafiador, pois irá requerer mudanças não apenas de infraestrutura de distribuição de energia, mas também a criação de um novo modelo de mercado energético. Outra barreira será com o destino dos derivados de petróleo como

gasolina e do álcool automotivo que seriam deslocados pela energia elétrica. Uma possibilidade seria o mercado de petroquímica e álcoolquímica. Mas para viabilizar esta solução é fundamental que já se desenhe uma estratégia, uma vez que mudanças deste porte demandam tempo e grandes investimentos. Porém, deve se ter em mente que a evolução dos veículos elétricos, sobretudo em relação as baterias, tem sido cada vez mais rápida com todas as grandes montadoras investindo pesadamente nesta opção. Com as metas de redução de emissão de carbono acordadas na Convenção do Clima, os países têm também apostado no aumento do uso de veículos elétricos através de incentivos monetários ou não e aumento da infraestrutura. Outros países investem pesadamente em tecnologia e inovação buscando melhorar o desempenho dos veículos. Este esforço mundial aliado com a globalização desta indústria, provavelmente não dará muita opção a escolhas individuais de determinados países, fazendo com que o mundo todo passe a seguir na mesma direção da eletrificação.

A outra questão abordada neste trabalho diz respeito ao compartilhamento. Evidentemente que para a economia compartilhada prosperar é importante que se tenha avan-

FINAL CONSIDERATIONS

The project focused on two CO₂ emissions reduction alternatives, which might become the leading urban mobility strategy regarding low carbon emission in the near future. The first alternative greatly relies on technological changes in vehicles, energy generation and distribution, while the second involves considerable changes in consumer behavior. For technological changes we have analyzed the increase in the use of electric vehicles in Brazil. An initial assessment compared the performance of electrical vehicles against similar internal combustion engine vehicles in field tests, in addition to their respective life cycles. As the implementation rate of electrical vehicles is still unknown, we have devised four prospective scenarios: an extremely conservative, two intermediate and an upheaval scenario.

From an energy and environmental point of view, the outcomes have identified the upheaval scenario as the most promising. However, from a political point of view it might be the most challenging of the four, as it will not only require changes in the energy distribution infrastructure, but also the creation of a new energy market model. Another barrier is related to what

will happen to petroleum products such as gasoline and alcohol fuel that are no longer needed due to the use of electricity. One possible outcome is petrochemical and alcohol markets. However, in order to make the solution viable a strategy ought to be created now, as changes of such magnitude takes time and requires significant investments. A thing to keep in mind is the development of electric vehicles, particularly its batteries, which have been improving quicker everyday as major automakers are now heavily investing in the electric alternative. The latest Climate Convention saw the undersigning of carbon emission reduction goals by several countries, which in addition to such goals are now anticipating an increase in the use of electrical vehicles through financial incentives and infrastructure development. Some other countries are investing heavily in technology and innovation in order to improve vehicle performance. Such global efforts aligned with the globalization of the automotive industry will probably not allow much freedom of choice to particular countries, thus making the whole world follow in the same path towards electric energy.

This paper also addresses the issues pertaining sharing. For a shared economy to be successful

ços tecnológicos sobretudo na área de tecnologia da informação, porém o que é determinante é a mudança comportamental. No entanto, vale ressaltar que o sucesso de um sistema de compartilhamento está muito ligado ao desenvolvimento da tecnologia da informação, como "internet das coisas" e do nível de conectividade do ambiente, uma vez que depende de sistemas de localização

geográfica. Além disso, como toda mudança comportamental é necessário um grande trabalho de comunicação e convencimento.

O projeto de laboratório urbano de mobilidade teve como objetivo testar e avaliar os pontos fortes e fracos das alternativas de baixo carbono de forma a fornecer subsídios para decisões de governo e de empresas.

technological advances, particularly in the information technology industry are rather important, however behavior change is paramount. Additionally, the success of a sharing system is closely related to the development of information technology, such as the "internet of things", as well as the local level of connectivity, since it relies on geographic location systems.

What is more, as in all behavioral change huge communication and persuasion efforts are required.

The urban mobility laboratory project undertakes to test and assess the strengths and weaknesses of low-carbon alternatives in order to provide support for the decision making process of governments and companies.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

D'AGOSTO M, SILVA M, MARUJO L *et al.* (2014) Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE): Linha circular de veículo leve sobre trilho (VLT) na Ilha do Fundão com conexão com a região do Porto Maravilha e da Ligação Aquaviária entre a Ilha do Fundão, Praça XV e Praia Vermelha. Fundo Verde UFRJ. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Brasil. Relatório Parcial 1 – Estudo Preliminar de Demanda. Disponível em <http://www.fundoverde.ufrj.br/index.php/pt/publicacoes>.

EPE, 2016. Empresa de Pesquisa Energética. Estudo de Demanda de Energia 2050. Nota técnica DEA 13/14, Ministério de Minas e Energia, Brasil, 2016.

FAÇANHA C, BLUMBERG K, MILLER J. (2012). Global Transportation Energy and Climate. The International Council on Clean Transportation (ICCT).

FROST & SULIVAN (2013a). Strategic Analysis of Brazil Electric Vehicle Market - Era of Electric Vehicles in Brazil, With Market Growing to More than 80,000 Units by 2020. < <http://goo.gl/7vAUj8> > (Acesso em: 07/06/2016).

FROST & SULIVAN (2013b). Brazilian Electric Vehicle and Supporting Infrastructure Market. < <http://goo.gl/HYrJJH> > (Acesso em 07/06/2016).

FU Y, FANG Y, JIANG C *et al* (2008). Dynamic ride sharing community service on traffic information grid. In ICICTA '08 volume 2, pages 348–352.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

D'AGOSTO M, SILVA M, MARUJO L *et al.* (2014) Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE): Linha circular de veículo leve sobre trilho (VLT) na Ilha do Fundão com conexão com a região do Porto Maravilha e da Ligação Aquaviária entre a Ilha do Fundão, Praça XV e Praia Vermelha. Fundo Verde UFRJ. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Brazil. Relatório Parcial 1 – Estudo Preliminar de Demanda. Available at <http://www.fundoverde.ufrj.br/index.php/pt/publicacoes>.

EPE, 2016. Empresa de Pesquisa Energética. Estudo de Demanda de Energia 2050. Nota técnica DEA 13/14, Ministério de Minas e Energia, Brasil, 2016.

FAÇANHA C, BLUMBERG K, MILLER J. (2012). Global Transportation Energy and Climate. The International Council on Clean Transportation (ICCT).

FROST & SULIVAN (2013a). Strategic Analysis of Brazil Electric Vehicle Market - Era of Electric Vehicles in Brazil, With Market Growing to More than 80,000 Units by 2020. < <http://goo.gl/7vAUj8> > (Accessed on: 2016/06/07).

FROST & SULIVAN (2013b). Brazilian Electric Vehicle and Supporting Infrastructure Market. < <http://goo.gl/HYrJJH> > (Accessed on 2016/06/07).

FU Y, FANG Y, JIANG C *et al* (2008). Dynamic ride sharing community service on traffic information grid. In ICICTA '08 volume 2, pages 348–352.

IEA, Energy Technology Perspectives (2015), IEA Publications, Paris, France, 2015.

IES Brasil (2015). Implicações econômicas e sociais de cenários de mitigação de gases de efeito estufa no Brasil até 2030.

KAHN RIBEIRO S, D'AGOSTO M; LIMA E *et al.* (2015). Diagnóstico dos Transportes e Indicadores de Emissão de CO₂ da Cidade Universitária da UFRJ. COPPE/UFRJ. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em <http://www.fundoverde.ufrj.br/index.php/pt/publicacoes>.

LIMA E & KAHN RIBEIRO S. (2016). Monitoring sustainability at Rio de Janeiro Federal University. Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Municipal Engineer. ISSN 09650903/ E-ISSN 1751-7699. DOI:10.1680/muen.1500012.

LPAA – Lima-Paris Action Agenda (2015). Paris Declaration on Electro-Mobility and Climate Change & Call to Action, Paris.

MORGAN STANLEY (2016). Shared Mobility on the Road of the Future. <<http://www.morganstanley.com/ideas/car-of-future-is-autonomous-electric-shared-mobility.html>> (Acesso em: 18/06/2016).

SCHIPPER L; MARIE-LILLIU C; GORHAM R. (2000). "Flexing the Link between Urban Transport and CO₂ Emissions: A Path for the World Bank." International Energy Agency, 2000.

SHAHEEN S. & COHEN A (2013). Carsharing and Personal Vehicle Services: Worldwide Market Developments and Emerging Trends. *International Journal of Sustainable Transportation*, 7:1, 5-34. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1080/15568318.2012.660103>

SHAHEEN, S., N. CHAN, A. BANSAL *et al.* (2015) Shared Mobility: Definitions, Industry Developments and Early Understanding Transportation Sustainability Research Center.

SHELL. A better life with a healthy planet: Pathways to net-zero emissions. Shell International BV, 2016.

SIMS R., R. SCHAEFFER, F. CREUTZIG, X. CRUZ-NÚÑEZ, M. D'AGOSTO,

IEA, Energy Technology Perspectives (2015), IEA Publications, Paris, France, 2015.

IES Brasil (2015). Implicações econômicas e sociais de cenários de mitigação de gases de efeito estufa no Brasil até 2030.

KAHN RIBEIRO S, D'AGOSTO M; LIMA E *et al.* (2015). Diagnóstico dos Transportes e Indicadores de Emissão de CO₂ da Cidade Universitária da UFRJ. COPPE/UFRJ. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Available at <http://www.fundoverde.ufrj.br/index.php/pt/publicacoes>.

LIMA E & KAHN RIBEIRO S. (2016). Monitoring sustainability at Rio de Janeiro Federal University. Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Municipal Engineer. ISSN 09650903/ E-ISSN 1751-7699. DOI:10.1680/muen.1500012.

LPAA – Lima-Paris Action Agenda (2015). Paris Declaration on Electro-Mobility and Climate Change & Call to Action, Paris.

MORGAN STANLEY (2016). Shared Mobility on the Road of the Future. <<http://www.morganstanley.com/ideas/car-of-future-is-autonomous-electric-shared-mobility.html>> (Accessed on: 2016/06/18).

SCHIPPER L; MARIE-LILLIU C; GORHAM R. (2000). "Flexing the Link between Urban Transport and CO₂ Emissions: A Path for the World Bank." International Energy Agency, 2000.

SHAHEEN S. & COHEN A (2013). Carsharing and Personal Vehicle Services: Worldwide Market Developments and Emerging Trends. *International Journal of Sustainable Transportation*, 7:1, 5-34. Available at <http://dx.doi.org/10.1080/15568318.2012.660103>

SHAHEEN, S., N. CHAN, A. BANSAL *et al.* (2015) Shared Mobility: Definitions, Industry Developments and Early Understanding Transportation Sustainability Research Center.

SHELL. A better life with a healthy planet: Pathways to net-zero emissions. Shell International BV, 2016.

SIMS R., R. SCHAEFFER, F. CREUTZIG, X. CRUZ-NÚÑEZ, M. D'AGOSTO,

D. DIMITRIU, M. J. FIGUEROA MEZA, L. FULTON, S. KOBAYASHI, O. LAH, A. MCKINNON, P. NEWMAN, M. OUYANG, J. J. SCHAUER, D. SPERLING, AND G. TIWARI (2014). Transport. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

SOUZA, L.L.P. (2015). Avaliação do Ciclo de Vida do sistema veículo/combustível no Brasil. Dissertação (Mestre em Engenharia de Energia). Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG.

UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change (2015). Mobilise Your City Local Governments in Developing Countries Take High Road to Low-Carbon. <<http://newsroom.unfccc.int/lpaa/transport/mobiliseyourcity-taking-the-high-road-to-low-carbon/>> (acesso em 07.06.2016).

VAZ L., BARROS D; CASTRO, B. (2015) Veiculos hibridos e elétricos: sugestões de políticas públicas para o segmento. Automotivo. BNDES Setorial, v.41, p.295-344.

D. DIMITRIU, M. J. FIGUEROA MEZA, L. FULTON, S. KOBAYASHI, O. LAH, A. MCKINNON, P. NEWMAN, M. OUYANG, J. J. SCHAUER, D. SPERLING, AND G. TIWARI (2014). Transport. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

SOUZA, L.L.P. (2015). Avaliação do Ciclo de Vida do sistema veículo/combustível no Brasil. Dissertação (Mestre em Engenharia de Energia). Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG.

UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change (2015). Mobilise Your City Local Governments in Developing Countries Take High Road to Low-Carbon. <<http://newsroom.unfccc.int/lpaa/transport/mobiliseyourcity-taking-the-high-road-to-low-carbon/>> (accessed on 2016.06.07).

VAZ L., BARROS D; CASTRO, B. (2015) Veiculos hibridos e elétricos: sugestões de políticas públicas para o segmento. Automotivo. BNDES Setorial, v.41, p.295-344.





**EQUIPE LABORATÓRIO
URBANO DE MOBILIDADE
URBAN MOBILITY LAB TEAM**

Coordenação | *Coordination*

Suzana Kahn Ribeiro

Equipe Técnica | *Technical Team*

Marcio de Almeida D'Agosto

Elizabeth Lima

Cintia Machado de Oliveira

Daniel Neves Schmitz Gonçalves

Ruan Carlos Ramos da Silva

Berta Castelar

Apoio Administrativo |

Administrative Support

Monique Menezes

Para baixar | *For download*

[http://www.fundoverde.ufrj.br/
index.php/pt/publications](http://www.fundoverde.ufrj.br/index.php/pt/publications)

Projeto gráfico e diagramação |

Art direction and design

Quadratta Comunicação & Design