

# Laboratório Urbano da Cidade Universitária da UFRJ - Fase 1: MOBILIDADE



## RELATÓRIO PARCIAL 2

Diagnóstico dos transportes e indicadores de  
emissão de CO<sub>2</sub> da Cidade Universitária da UFRJ

*Projeto 18997 - Shell Brasil Petróleo Ltda.*

Projeto 18997

Shell Brasil Petróleo Ltda.



# **Laboratório Urbano da Cidade Universitária da UFRJ**

## **Fase 1: Mobilidade**

### RELATÓRIO PARCIAL 2

Projeto 18.997 – Shell Brasil Petróleo Ltda.



#### **EQUIPE**

Coordenação: Suzana Kahn Ribeiro – PET/COPPE/UFRJ

Coordenação técnica da área de tecnologias de mobilidade sustentável: Márcio de Almeida D'Agosto – PET/COPPE/UFRJ

Coordenação técnica da área de indicadores e monitoramento: Elizabeth Lima – PET/COPPE/UFRJ

#### **Pesquisadores:**

Cíntia Machado de Oliveira - PET/COPPE/UFRJ

Daniel Neves Schmitz Gonçalves - PET/COPPE/UFRJ Ruan

Carlos Ramos da Silva – PEE/UFRJ

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>5</b>
1.1 Justificativa.....	5
1.2 Objetivos .....	6
1.3 Conteúdo do Relatório Parcial 2.....	7
<b>2. PLATAFORMA DE MONITORAMENTO E INDICADORES</b> .....	<b>7</b>
<b>3. PRÁTICAS DE BAIXO CARBONO – CAMPI UNIVERSITÁRIOS</b> .....	<b>11</b>
3.1 Protocolo da pesquisa .....	11
3.2 Resultados encontrados .....	12
3.3 Análise dos resultados.....	18
<b>4. PRÁTICAS DE BAIXO CARBONO – CAMPUS UFRJ</b> .....	<b>20</b>
4.1 Práticas avaliadas e implementadas .....	21
4.1.1 Utilização de veículos elétricos.....	21
4.1.2 Compartilhamento de veículos .....	21
4.1.3 Incentivo ao uso de transporte coletivo.....	22
4.2 Outras práticas.....	24
<b>5. VEÍCULO ELÉTRICO</b> .....	<b>28</b>
5.1 Identificação do objeto de teste.....	28
5.2 Identificação do teste .....	29
5.2.1 Teste de consumo contínuo.....	29
5.2.2 Teste de carregamento dos veículos elétricos e abastecimento dos veículos convencionais.....	30
5.3 Resultados preliminares .....	31
5.3.1 Teste de consumo contínuo, com o condicionador de ar desligado - modo D.....	31
5.3.2 Teste de consumo contínuo, com o condicionador de ar ligado - modo D .....	36
5.3.3 Teste de consumo contínuo, com o condicionador de ar desligado - modo Eco .....	41
5.3.4 Teste de carregamento do veículo elétrico e abastecimento do veículo convencional	43
5.4 Análise dos resultados.....	44
<b>6. COMPARTILAMENTO DE VEÍCULOS</b> .....	<b>46</b>
6.1 Conceito de economia compartilhada .....	46
6.2 Compartilhamento da Frota Cativa da UFRJ.....	47
6.3 Avaliação preliminar da implantação do compartilhamento de veículos .....	49
<b>7. INCENTIVO AO USO DO TRANSPORTE COLETIVO</b> .....	<b>50</b>
7.1 Programa de mobilidade Fundo Verde – UFRJ.....	50
7.1.1 Levantamento de dados .....	50
7.1.2 Avaliação preliminar do “Programa de Mobilidade Fundo Verde – UFRJ” .....	51
7.2 Sistema de compartilhamento de bicicletas .....	52

<b>7.2.1 A utilização das bicicletas como opção intermodal na UFRJ.....</b>	<b>53</b>
<b>7.2.2 Avaliação preliminar da implantação do compartilhamento de bicicletas.....</b>	<b>53</b>
<b>8. CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DAS PRÁTICAS BAIXO CARBONO .....</b>	<b>53</b>
<b>8.1 Veículos elétricos.....</b>	<b>53</b>
<b>8.2 Compartilhamento de veículos .....</b>	<b>55</b>
<b>8.3 Incentivo ao uso do transporte coletivo.....</b>	<b>55</b>
<b>9. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>56</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>58</b>

PARCIAL 2

## 1. INTRODUÇÃO

Os Gases do Efeito Estufa (GEE) emitidos por meio das atividades humanas são os principais responsáveis pelo aquecimento global, comprometendo a sustentabilidade do planeta. Considerando o período que compreende os anos de 1970 e 2010, as queimas de combustíveis fósseis foram responsáveis por 78% das emissões de CO<sub>2</sub>, contribuindo para o aumento dos GEE, sendo o setor de transportes um dos principais responsáveis pela queima destes combustíveis. Somente no ano de 2010 o setor de transporte foi responsável pela emissão direta de 7,0 GtCO<sub>2</sub>eq de GEE no mundo (Sims, R *et al.*, 2014).

Instituições do mundo todo buscam a sustentabilidade na mobilidade de pessoas e cargas, visando à redução de emissão dos GEE e a consequente mitigação dos impactos causados por eles. Em longo prazo, o desenvolvimento urbano e os investimentos em novas infraestruturas poderiam contribuir com a redução do nível de emissão de GEE entre 20% e 50% até 2050, considerando 2010 como referência (Sims *et al.*, 2014).

Considerando que alguns Campi Universitários podem ser equivalentes a uma cidade de médio porte e que possuem problemas semelhantes, inclusive no que se refere à atividade de transporte, o desenvolvimento de políticas visando à mobilidade sustentável de passageiro, tem se mostrado fundamental para o planejamento de melhorias nesse setor. Segundo Guo *et al.* (2013), um sistema de transporte de um campus universitário pode servir como excelente exemplo, em microescala, para os sistemas de transporte regionais, dessa forma, este conceito transforma as universidades em verdadeiros laboratórios vivos de mobilidade urbana.

Nesse contexto, a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) vem adotando medidas no sentido de reduzir suas emissões de GEE relacionadas à atividade de transporte e já conta com diversas iniciativas para o desenvolvimento de novas alternativas para uma mobilidade sustentável, tais como a utilização de veículos elétricos e híbridos, o uso de biocombustíveis e o deslocamento por meio de levitação magnética (Shell, 2015).

Adicionalmente, a Shell Brasil Petróleo Ltda. firmou uma parceria com a Cidade Universitária da UFRJ, por meio do projeto “Laboratório Urbano da Cidade Universitária da UFRJ”, com o objetivo de estabelecer uma plataforma para comparação de indicadores de mobilidade sustentável selecionados entre diferentes cidades universitárias em todo o mundo, incluindo a própria Cidade Universitária da UFRJ. Tal iniciativa permitirá que a UFRJ compartilhe experiências e, as torne mais visíveis, bem como, crie uma competição positiva em relação aos melhores indicadores de sustentabilidade relacionados a alternativas para reduzir as emissões de carbono.

### 1.1 Justificativa

Estudos preliminares relacionados à Fase 1, do Projeto “Laboratório Urbano da Cidade Universitária da UFRJ”, identificaram o consumo de energia e a emissão mensal de CO<sub>2</sub>, referentes à atividade de transporte, na Cidade Universitária da UFRJ. Com isso, verificou-se que as viagens que tem origem e/ou destino nas regiões de Botafogo, Barra da Tijuca, Niterói/São Gonçalo e Tijuca Vila/Isabel representam 58,85% da emissão mensal de CO<sub>2</sub>, associada à atividade de transporte da Cidade Universitária da UFRJ.

Quanto às frotas de veículos (contratada<sup>1</sup> e cativa<sup>2</sup>) pertencentes à Cidade Universitária da UFRJ, verificou-se que a frota cativa é responsável por 83% da emissão mensal de CO<sub>2</sub>. Adicionalmente, considerando apenas as frotas contratada e cativa, verificou-se que os combustíveis, gasolina e diesel, representam 92% das emissões de CO<sub>2</sub> da Cidade Universitária da UFRJ.

Com base nos dados levantados e nos cálculos realizados e apresentados no Relatório Parcial 1, do projeto estabelecido entre a Shell e a UFRJ, verificou-se que o setor de transporte da UFRJ, no ano de 2015, foi responsável pela emissão de mais de 2,0 MkgCO<sub>2</sub>. Caso nenhuma prática de baixo carbono seja implementada, as emissões para os anos seguintes tendem a aumentar ainda mais.

Sendo assim, adotou-se como “*base line*” das emissões de CO<sub>2</sub> da Cidade Universitária da UFRJ a emissão total de CO<sub>2</sub> de 2.199 milhões kgCO<sub>2</sub> (2,199 CO<sub>2</sub> Mkg), para o ano de 2015 (frota contratada, frota cativa e pesquisa O/D), considerando a seguinte distribuição:

- Emissão de CO<sub>2</sub> – Frota Contratada (ônibus interno) – 45.088 kgCO<sub>2</sub>
- Emissão de CO<sub>2</sub> – Frota Cativa – 201.276 kgCO<sub>2</sub>
- Emissão de CO<sub>2</sub> – viagem de Alunos – 1.386.609 kgCO<sub>2</sub>
- Emissão de CO<sub>2</sub> – viagem de Professores – 234.396 kgCO<sub>2</sub>
- Emissão de CO<sub>2</sub> – viagem de Funcionários UFRJ – 143.368 kgCO<sub>2</sub>
- Emissão de CO<sub>2</sub> – viagem de Funcionários Externos – 188.889 kgCO<sub>2</sub>

## 1.2 Objetivos

O Relatório Parcial 2 tem por objetivo descrever as atividades relacionadas à elaboração da plataforma de monitoramento dos indicadores de mobilidade sustentável, na Cidade Universitária da UFRJ. Adicionalmente, pretende-se apresentar práticas de baixo carbono adotadas em universidades de todo o mundo, inclusive na UFRJ.

Objetiva-se também, apresentar as práticas de baixo carbono que estão em fase de avaliação, por meio da realização de testes e das práticas que estão em fase de implementação, na Cidade Universitária da UFRJ. Além disso, pretende-se apresentar os custos estimados para implementação de cada uma dessas práticas.

O potencial de ganho por redução das emissões de CO<sub>2</sub> da Cidade Universitária da UFRJ, considerando a adoção de práticas de baixo carbono, está representado na Figura 1.

---

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> 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.

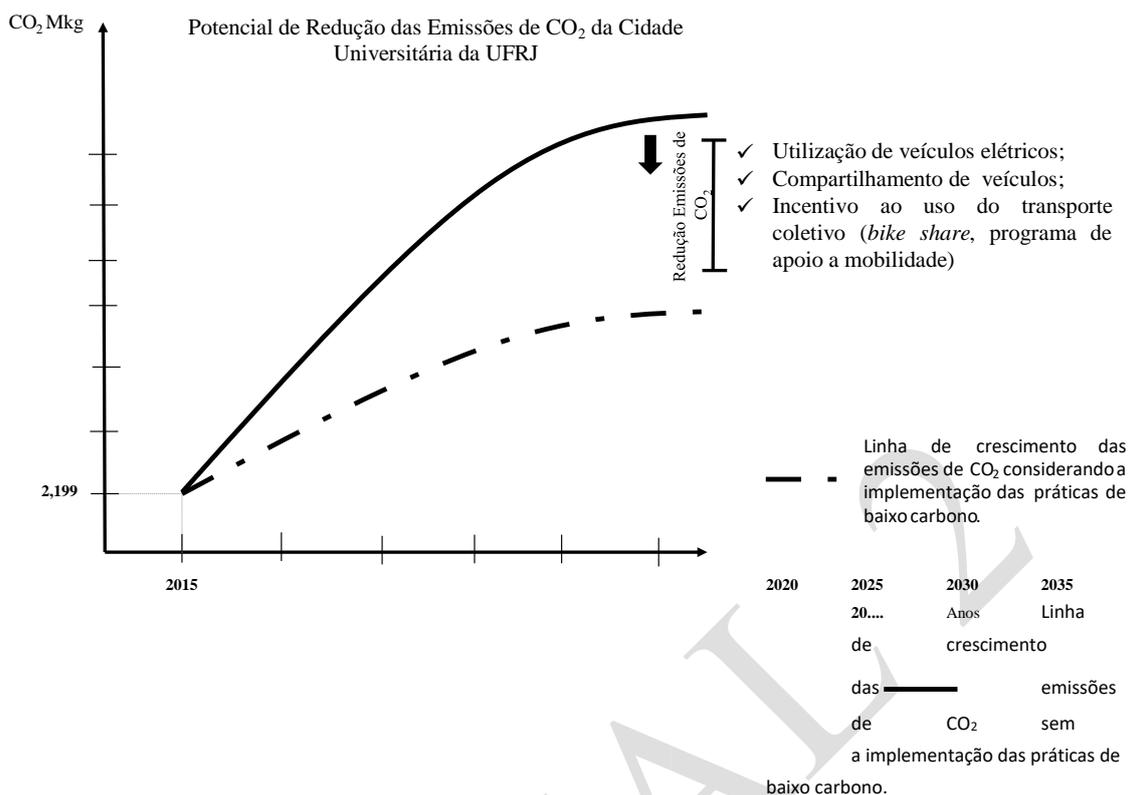


Figura 1: Demonstrativo do potencial de redução das emissões de CO<sub>2</sub> da Cidade Universitária da UFRJ.

### 1.3 Conteúdo do Relatório Parcial 2

A partir desta introdução este Relatório Parcial 2 se divide em sete seções. Na seção dois apresentam-se as informações sobre a plataforma de monitoramento de indicadores de mobilidade sustentável, na Cidade Universitária da UFRJ. Na seção três, tem-se a descrição das práticas de baixo carbono adotadas em Campi Universitários de todo o mundo, inclusive na UFRJ. Na seção quatro apresentam-se as práticas de baixo carbono a serem monitoradas e em fase de implementação, na UFRJ. Na seção cinco, tem-se a descrição do monitoramento a ser realizado com o veículo elétrico, bem como os resultados preliminares alcançados. Na seção seis, tem-se a descrição e os resultados preliminares da prática de compartilhamento de veículos, em fase de implementação na UFRJ. Na seção sete, tem-se a descrição e os resultados preliminares da prática de incentivo ao uso do transporte público, também em fase de implementação na UFRJ. Na seção oito tem-se os custos estimados associados a cada uma das práticas, em avaliação, por meio dos testes (monitoramento) e das práticas que estão em fase de implementação. Por fim, na seção oito, têm-se as considerações finais e os próximos passos do projeto “Laboratório Urbano da Cidade Universitária da UFRJ”.

## 2. PLATAFORMA DE MONITORAMENTO E INDICADORES

Nesta seção serão apresentadas as informações sobre a plataforma de monitoramento e dos indicadores de mobilidade sustentável, na Cidade Universitária da UFRJ.

Para avaliar o processo de sustentabilidade do Campus Universitário da UFRJ foi desenvolvido, no âmbito do Fundo Verde<sup>3</sup> um sistema de monitoramento para comparar a situação atual (*baseline*) com o que foi planejado.

O monitoramento é o estudo e o acompanhamento – contínuo e sistemático – do comportamento de fenômenos, eventos e situações específicas, cujas condições deseje 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 registros fotográficos, a integração com *shape* files 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).

O banco de dados é gerenciado por um sistema PostgreSQL com uma extensão PostGIS, que permite a comunicação entre todos os dados coletados, além da possibilidade de análise e consultas espaciais, uma vez que suporta feições geométricas em suas tabelas. Sendo assim, recebe três tipos de dados, conforme listado, a seguir.

Dados estruturados: os dados que têm uma organização definida por parâmetros específicos que estão sendo hospedados em um banco de dados clássico.

Dados semiestruturados: dados com origens variadas e que tem uma organização com poucos atributos fixos, tornando-se difícil estabelecer uma única estrutura de utilização e consequente classificação, no entanto permitindo a identificação (dados provenientes da *Internet*, mas que, temporariamente, podem ser organizados com base em algumas escolhas de referência).

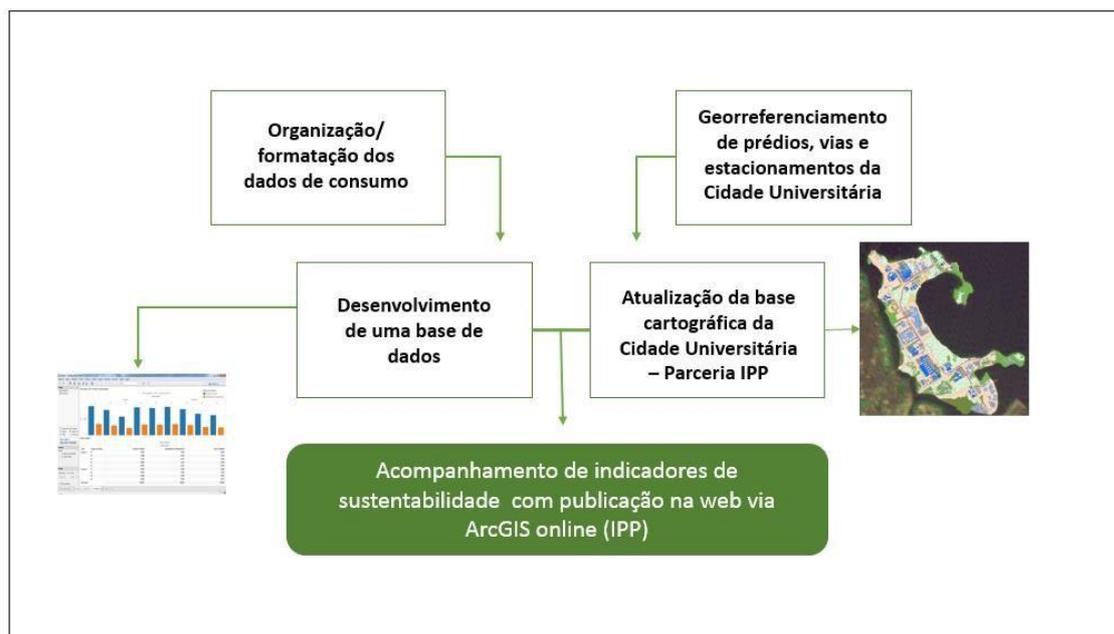
Dados não-estruturados: dados sem um formato pré-definido e com várias origens, impedindo a sua organização a priori e que limitam a sua utilização em um momento de tempo. São fotos, vídeos e dados provenientes de um número considerável de ferramentas de *Internet*, tais como redes sociais, e-mail e *logs* de equipamentos.

Estão disponíveis duas formas de visualização neste banco de dados: a visualização dos dados via *webmapping* e via *software Tableau*. A visualização dos dados especializados através de mapas *online* é proveniente de uma parceria com o Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos (IPP) e permite que um maior número de usuários tenha acesso

---

<sup>3</sup> 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.

aos dados, de forma hábil e atraente. O *Tableau*, por sua vez, permite a manipulação e visualização dos dados por meio de gráficos e relatórios, sem a necessidade do conhecimento de detalhes técnicos. A Figura 2 ilustra a estrutura da Base de Dados do Fundo Verde UFRJ.



Fonte: Elaboração Própria

Figura 2: Estrutura da base de dados

Conforme mencionado anteriormente, os principais dados coletados e armazenados regularmente estão relacionados aos indicadores de sustentabilidade, inicialmente definidos, tais como: quantidade de resíduos sólidos produzidos, demanda e consumo de energia, consumo de água e mobilidade (consumo de combustível da frota cativa, tempo de viagem dos ônibus internos, número de veículos que entram e saem da Cidade Universitária).

Para este projeto, em parceria com a Shell, foi acrescentado à base de dados, o indicador quantitativo relativo a emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Destacam-se três origens principais das emissões contabilizadas: emissões provenientes da frota cativa, da frota contratada e das viagens dos usuários para acesso e saída da cidade universitária, realizada a partir do padrão de viagem identificado na pesquisa de campo do tipo origem/destino (OD) de 2014.

Até o momento, foram incorporados à base de dados, os cálculos de emissão de CO<sub>2</sub> para a frota cativa e frota contratada, a partir das premissas definidas no Relatório Parcial 1. Dessa forma, com a atualização do consumo mensal de combustíveis dos veículos da frota cativa e da frota de ônibus contratada e com os fatores de emissão definidos, será possível acompanhar, com a frequência desejável, a evolução das emissões de CO<sub>2</sub> para essas duas categorias – frota cativa e frota contratada. As Figuras 3 e 4 ilustram as visualizações no *Tableau* das informações armazenadas no banco de dados.

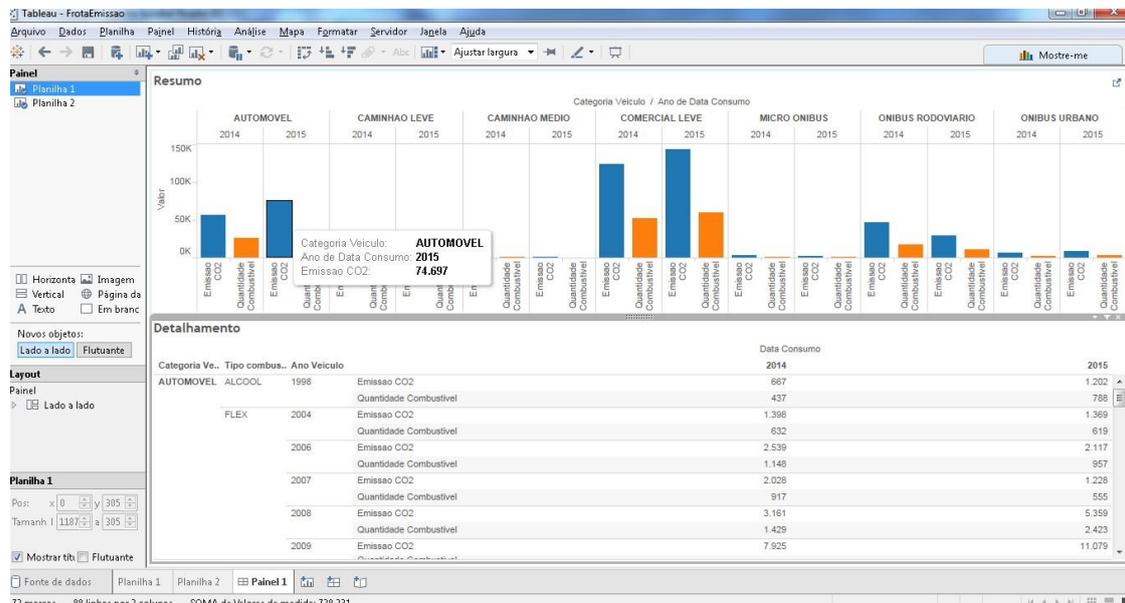


Figura 3: Visualização das emissões de CO<sub>2</sub> da Frota Cativa.

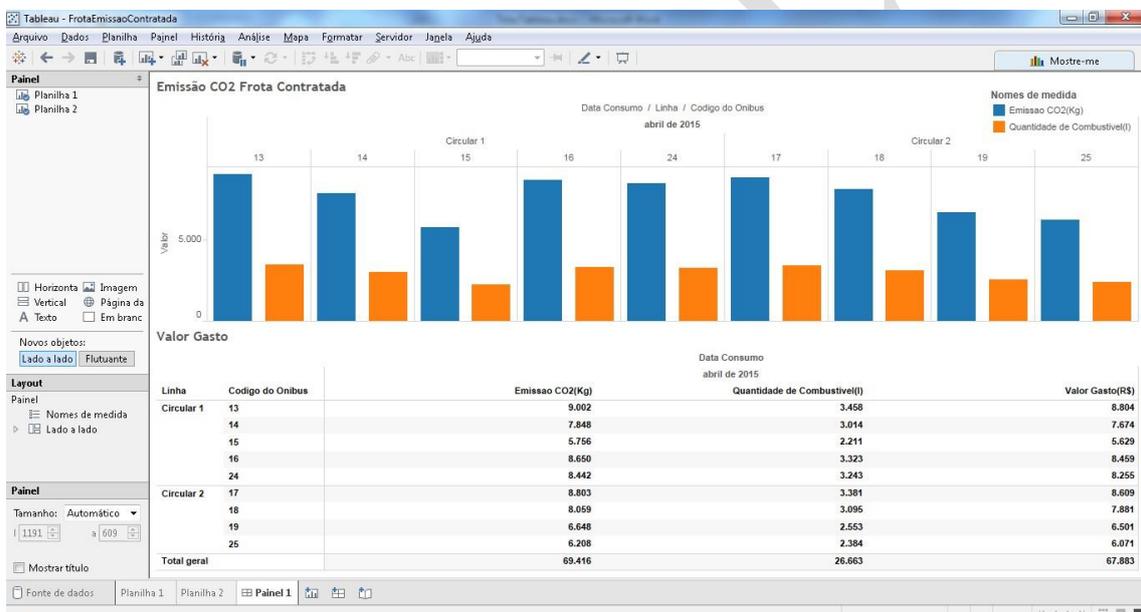


Figura 4: Visualização das emissões de CO<sub>2</sub> da Frota Contratada.

Para o próximo relatório (Relatório Parcial 3) será incluído em seu conteúdo, toda a metodologia de estimativa das emissões de CO<sub>2</sub> para as viagens dos usuários, para acesso e saída da Cidade Universitária, a partir do padrão de viagem identificado na pesquisa de campo do tipo origem/destino (OD).

Além de apresentar os dados do *baseline* obtidos pela pesquisa de campo do tipo origem/destino (OD), cujos resultados foram apresentados no Relatório Parcial 1, deste projeto, será possível acompanhar a evolução das emissões a partir dos dados coletados por um aplicativo para uso em celular que considerará informação voluntária e será desenvolvido para usuários do Campus Universitário, com vistas ao acompanhamento do perfil de seus deslocamentos e do meio de transporte utilizado.

### 3. PRÁTICAS DE BAIXO CARBONO – CAMPI UNIVERSITÁRIOS

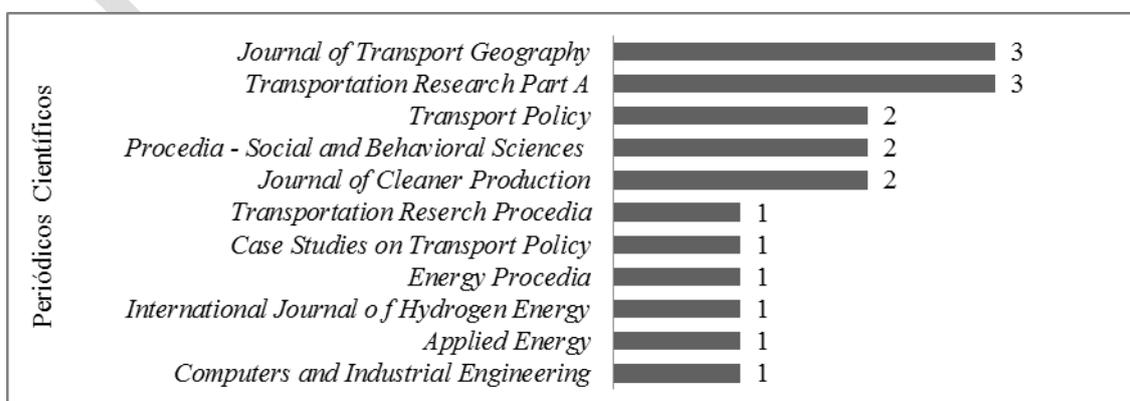
Com o objetivo de identificar as boas práticas de mobilidade de baixo carbono em universidades de todo o mundo e que possam contribuir no desenvolvimento de novos projetos ou no aperfeiçoamento dos já existentes, na Cidade Universitária da UFRJ, optou-se por realizar uma pesquisa bibliográfica (artigos científicos) e uma pesquisa documental (relatórios técnicos). Nesta seção encontram-se o protocolo adotado na pesquisa, bem como os resultados e suas respectivas análises.

#### 3.1 Protocolo da pesquisa

A identificação dos artigos foi realizada na base de dados *on line*, *Science Direct*, que disponibiliza, de forma gratuita, estudos que tenham passado por um processo de avaliação criterioso, garantindo, assim, a qualidade do material consultado. A seleção ocorreu mediante o uso das palavras chaves: *Sustainable University Campus*; *Green Campus Transportantion*; *Greenhouses Gases Transport*; *Transportation Campus*; *Mobility University Campus*; *Transportation University Campus Fuel*; *Sustainable Transportantion Policy*; e *Campus University*. Considerou-se uma abrangência temporal para realização da pesquisa entre os anos de 1996 e 2015. Além destes, utilizou-se também como fonte de consulta, os relatórios técnicos das universidades membros do *International Sustanaibility Campus Network (ISCN)*, formado por 72 universidades, das quais, somente 19 foram selecionadas, por disponibilizarem seus dados publicamente em seus *web sites*. Neste momento, identificou-se 138 estudos.

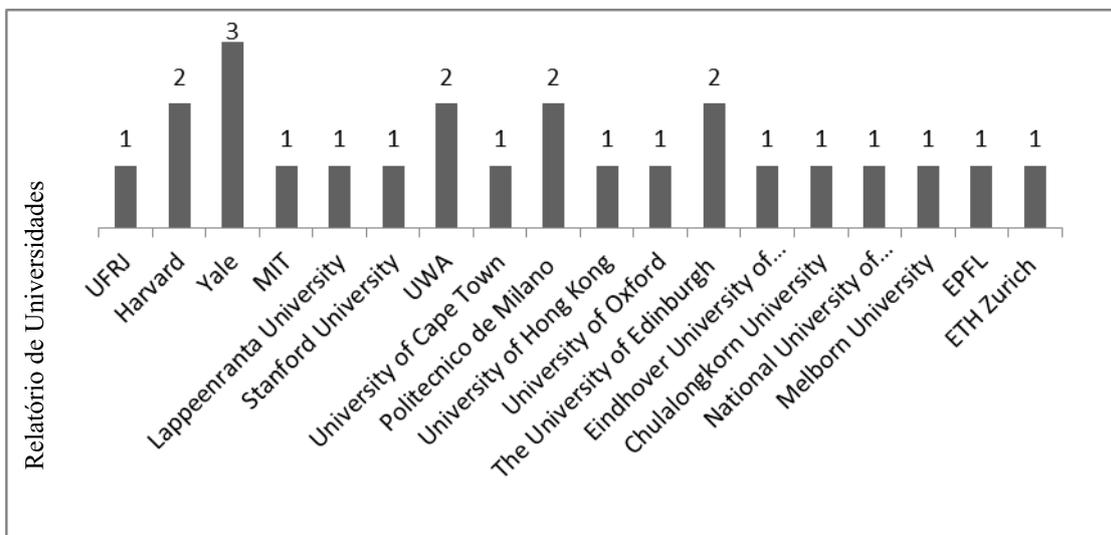
A partir desse levantamento para identificação dos estudos, fez-se a seleção dos mesmos, por meio da leitura do *abstract*, quanto se tratavam de artigos e da leitura dos relatórios quando se tratavam das universidades, membros do ISCN. Dos 138 estudos identificados inicialmente, apenas 65 foram selecionados.

Quanto aos critérios para inclusão ou exclusão dos estudos selecionados, levou-se em consideração o seu conteúdo. Todos os estudos que descrevessem boas práticas, relacionados à atividade de transporte, capazes de promover a redução de CO<sub>2</sub>, foram incluídos. A partir de então, somente 42 estudos foram incluídos no processo de revisão. Quanto aos artigos, foram incluídos 18 estudos que estão distribuídos em 11 periódicos científicos diferentes (Figura 5), com maior concentração em: *Journal of Transport Geography* e *Transportation Research Part A*, ambos com três artigos cada. Quanto aos relatórios, foram incluídos 24 relatórios selecionados, oriundos de 19 universidades (Figura 6).



Fonte: Elaboração Própria

Figura 5: Distribuição dos artigos selecionados por periódico científico.



**Fonte:** Elaboração Própria

Nota: As siglas utilizadas nesta figura estão identificadas na Tabela 1.

Figura 6: Número de relatórios por Universidade selecionada

A Tabela 1 sintetiza as universidades estudadas, de acordo com os países onde estão estabelecidas.

Tabela 1: Universidades estudadas de acordo com sua localização.

Universidade	País	Universidade	País
UFRJ	Brasil	<i>University of Oxford</i>	Reino Unido
<i>Harvard</i>	EUA	<i>University of Edinburgh</i>	Escócia
<i>Massachusetts Institute of technology (MIT)</i>	EUA	<i>Eindhoven University of Technology</i>	Holanda
<i>Yale</i>	EUA	<i>Chulalongkorn University</i>	Tailândia
<i>Lapeenranta University</i>	Finlândia	<i>National University of Singapore</i>	Singapura
<i>Stanford University</i>	EUA	<i>Melborn University</i>	Austrália
<i>The University of Western Australia(UWA)</i>	Austrália	<i>Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)</i>	Suíça
<i>University of Cape Town</i>	África do Sul	<i>Swiss Federal Institute of Technology (ETH Zurich)</i>	Suíça
<i>Politecnico de Milano</i>	Itália	Universidade de Campinas (Unicamp)	Brasil
<i>University of Hong Kong (UHK)</i>	China		

**Fonte:** Elaboração Própria

Mediante a utilização de um banco de dados, foi feito o registro das informações levantadas, com a finalidade de facilitar a classificação, averiguação e avaliação dos estudos considerados nesta pesquisa.

### 3.2 Resultados encontrados

A Tabela 2 apresenta uma relação de boas práticas identificadas nos estudos que são relacionados à atividade de transporte e capazes de promover a redução de CO<sub>2</sub>, bem como os meios de intervenção para sua implantação.

Tabela 2: Relação das boas práticas e seus os meios de intervenção.

Boa Prática	Referências		
	Meio de intervenção	Artigos	Universidades
<b>Gestão de projetos sustentáveis</b>	Estabelecimento de um fundo de reserva para projetos sustentáveis	Tolley, 1996	<b>UFRJ</b> ; <i>Harvard</i> ; <i>Stanford University</i> ; <i>Politecnico de Milano</i> ; e <i>University of Cape Town</i>
	Criação de um plano de mobilidade	Carlos J.L. Balsas, 2003; Dell'Olio <i>et al</i> , 2014; Guo <i>et al.</i> , 2013; Hancock <i>et al.</i> , 2014; Li <i>et al</i> , 2014; Miralles-Guasch <i>et al.</i> , 2010	<i>Harvard</i> ; <i>Yale</i> ; <i>MIT</i> ; <i>EPFL</i> ; <i>Politecnico de Milano</i> ; <i>University of Oxford</i> ; <i>National University of Singapore</i> ; e <i>UWA</i>
<b>Utilização de tecnologias de baixo carbono</b>	Utilização de ônibus elétrico (frota cativa)	De Filipo <i>et al.</i> , 2014	<i>Harvard</i> ; <i>Stanford University</i> ; e <i>Chulalongkorn University</i>
	Utilização de automóveis elétricos e híbridos (frota dos correios do campus)	-	<i>Havard</i> ; <i>MIT</i>
	Utilização de automóveis elétricos e híbridos (frota da polícia do campus)	-	<i>Havard</i>
	Utilização de veículos (ônibus, automóveis, <i>scooters</i> etc.) híbridos ou elétricos para a frota da universidade	Danaf <i>et al.</i> , 2014; Lei Shang <i>et al.</i> , 2010; Symes <i>et al.</i> , 2012	<i>Harvard</i> ; <i>Lappeenranta University</i> ; <i>Stanford University</i> ; <i>EPFL</i> ; <i>Eindhoven University of Technology</i> ; <i>Politecnico de Milano</i> ; <i>Chulalongkorn University</i> ; <i>Melborn University</i> ; <i>UWA</i> ; e <i>UHK</i>
	Disponibilização de bicicletas elétricas para alunos e funcionários do campus	-	<i>EPFL</i> ; <i>Eindhoven University of Technology</i> ; e <i>National University of Singapore</i>
	Disponibilização de carros elétricos para percurso entre o campus para alunos e funcionários	-	<b>UFRJ</b> ; <i>Politecnico de Milano</i>
<b>Oferta de infraestrutura para veículos elétricos ou híbridos</b>	Construção de estação de abastecimento de hidrogênio (H <sub>2</sub> ) para veículos híbridos (células a combustível)	Ko <i>et al.</i> , 2012	-

Boa Prática	Meio de intervenção	Referências	
		Artigos	Universidades
	Construção de estações de abastecimento de veículos elétricos (automóveis, bicicletas etc.)	Symes <i>et al.</i> , 2015	<i>Havard; MIT; Eindhoven University of Technology; Politecnico de Milano; University of Edinburgh; e UHK</i>
	Construção de estações de abastecimento a partir da energia solar para veículos elétricos (automóveis, bicicletas etc.)	-	<i>EPFL; Eindhoven University of Technology; UWA; e UHK</i>
	Construção de estações de abastecimento de bicicletas elétricas	-	<i>Lappeenranta University; EPFL; e University of Edinburgh</i>
<b>Utilização de combustíveis alternativos</b>	Utilização de mistura de biodiesel na frota de veículos a diesel do campus	-	<i>UFRJ; Havard; Yale; Stanford University; e Cape Town University</i>
<b>Incentivo ao uso do transporte não motorizado</b>	Registro de bicicletas na polícia para recuperação em caso de perda ou roubo	-	<i>Harvard; MIT; Oxford; e University of Edinburgh</i>
	Disponibilização de curso gratuito sobre segurança no uso da bicicleta, considerando o trajeto casa /campus ( <i>Bike Safety Course</i> )	-	<i>Yale e Stanford</i>
	Reembolso dos custos associados à manutenção de bicicletas usadas para o transporte casa/campus realizados por alunos e funcionários	Tolley, 1996	<i>Harvard; MIT; e University of Edinburgh</i>
	Construção de estações de reparo de bicicletas no campus	Carlos J.L. Balsas, 2003; Rybarczyk e Gallagher, 2015; Tolley, 1996	<i>MIT; EPFL; Politecnico de Milano; University of Oxford; University of Edinburgh; Melborn University; e UWA</i>

Boa Prática	Referências		
	Meio de intervenção	Artigos	Universidades
	Estabelecimento de sistema de compartilhamento de bicicleta para alunos e funcionários do campus, com ou sem redução na tarifa ( <i>Bike Share Program</i> )	Carlos J.L. Balsas, 2003; Rybarczyk e Gallagher, 2014; Singhirunnusorn <i>et al.</i> , 2012	<i>Harvard; Yale; MIT; Stanford University; EPFL; Eindhoven University of Technology; Politecnico de Milano; ETH Zurich; Chulalongkorn University; Melborn University; UWA; e Unicamp</i>
	Manutenção de descontos em restaurantes e atividades culturais para os que fazem o trajeto casa/campus a pé ou de bicicleta	-	<i>Yale</i>
	Criação de mapas com rotas para pedestres e ciclistas	Hancock <i>et al.</i> , 2014; Rybarczyk e Gallagher, 2014	<i>Harvard; Yale; MIT; EPFL; Politecnico de Milano; University of Oxford; University of Edinburgh; University of Cape Town; Chulalongkorn University; Melborn University; e UWA</i>
	Manutenção de área verde com ruas exclusivas para pedestres e ciclistas entre os edifícios do campus	Carlos J.L. Balsas, 2003	<i>Stanford University; Eindhoven University of Technology; e Chulalongkorn University</i>
	Manutenção de área de estacionamento exclusivo para bicicletas	Carlos J.L. Balsas, 2003; Rybarczyk e Gallagher, 2014; Tolley, 1996	<b>UFRJ</b> ; <i>Harvard; Yale; MIT; Stanford University; EPFL; Eindhoven University of Technology; Politecnico de Milano; University of Oxford; University of Edinburgh; National University of Singapore; Melborn University; UWA; e UHK</i>
	Manutenção de empréstimos, sem juros, para compra de bicicleta e equipamentos de segurança, para alunos e funcionários da universidade	Tolley, 1996	<i>University of Edinburgh</i>

Boa Prática	Meio de intervenção	Referências	
		Artigos	Universidades
	Manutenção de vias para caminhada e bicicleta cobertas, a fim de fornecer sombra em dias de sol e proteção em dias de chuva	Carlos J.L. Balsas, 2003	<i>Chulalongkorn University</i>
	Disponibilidade de vestiários com chuveiro e armários com trancas	Carlos J.L. Balsas, 2003; Hancock <i>et al.</i> , 2014; Tolley, 1996	-
	Manutenção de bônus, tais como oferta de café da manhã, para usuários de bicicleta no trajeto casa/campus	-	<i>Stanford University; Politecnico de Milan; University of Edinburgh; e Melborn University</i>
	Manutenção de iluminação e sinalização de qualidade nas ciclovias	Carlos J.L. Balsas, 2003; Hancock <i>et al.</i> ; Rybarczyk e Gallagher, 2014; Tolley, 1996	<i>Harvard</i>
	Manutenção das boas condições de vias para pedestres (passagens largas, poucas escadas, não escorregadias e bem iluminadas)	Carlos J.L. Balsas, 2003	-
	Implantação de um conjunto de técnicas visando à redução dos efeitos negativos do trânsito ao mesmo tempo em que cria um ambiente seguro, calmo, agradável e atraente. <i>Trafficcalming</i>	Carlos J.L. Balsas, 2003	<i>Yale</i>
	Disponibilização de ônibus, trens e metrô, que servem ao campus, adaptados para o transporte de bicicletas	Carlos J.L. Balsas, 2003	<i>Yale</i>
<b>Incentivo ao uso de transporte coletivo</b>	Disponibilização de todas as alternativas de rotas em página da web da universidade	Carlos J.L. Balsas, 2003; Danaf <i>et al.</i> , 2014; Hancock <i>et al.</i> , 2014	<b>UFRJ; Harvard; Yale; MIT; Stanford University; University of Oxford; University of Edinburgh; Melborn University; UWA; e Unicamp</b>

Boa Prática	Meio de intervenção	Artigos	Referências
			Universidades
	Promoção do dia sem carro com orientação para utilização do transporte coletivo ( <i>Car-free day</i> )	Miralles-Guasch <i>et al.</i> , 2010; Politis <i>et al.</i> , 2012; Singhirunnusorn <i>et al.</i> , 2012	Harvard; Yale; Lappenranta University of Technology; e MIT
	Oferta de ônibus interno gratuito	-	UFRJ; Harvard; MIT; Stanford University; University of Edinburgh; University of Edinburgh; University of Cape Town; Chulalongkorn University; e Unicamp
	Redução ou isenção de tarifa de estacionamento em dias que é necessário o uso de automóvel, para alunos e funcionários que utilizam transporte coletivo	Carlos J.L. Balsas, 2003	Harvard; Yale; University of Oxford; e Unicamp
	Manutenção de subsídio na tarifa mensal de transporte público para estudantes e funcionários	Danaf <i>et al.</i> , 2014; Hancock <i>et al.</i> , 2014; Rotaris <i>et al.</i> , 2014; Tolley, 1996	UFRJ; Harvard; Yale; MIT; EPFL; Politecnico de Milano; ETH Zurich; University of Edinburgh; Melborn University; UWA; e Unicamp
Incentivo a redução do uso de automóveis individuais	Redução da tarifa de estacionamento para os que participam do programa de caronas	-	Harvard; Yale; MIT; Stanford University; e University of Cape Town
	Criação de um site/ <i>club</i> para achar caronas	Carlos J.L. Balsas, 2003; Danaf <i>et al.</i> , 2014; Rotaris <i>et al.</i> , 2014; Singhirunnusorn <i>et al.</i> , 2012; Tolley, 1996;	Harvard; Yale; MIT; Stanford University; EPFL; Politecnico de Milano; University of Edinburgh; University of Cape Town; Chulalongkorn University; Melborn University; UWA; e UHK
	Manutenção de estacionamento com capacidade limitada	Carlos J.L. Balsas, 2003; Danaf <i>et al.</i> , 2014; Miralles-Guasch <i>et al.</i> , 2010; Rotaris <i>et al.</i> , 2014; Tolley, 1996	MIT; Politecnico de Milano; Cape town University; Lappenranta University of Technology; e UWA

Boa Prática	Referências		
	Meio de intervenção	Artigos	Universidades
		Tolley, 1996	
	Redução da frota cativa de veículos do campus	-	<i>Harvard; Yale; University of Oxford; Politecnico de Milano; Melborn University; e UHK</i>
Promoção da redução do número de viagens	Disponibilização de instalações para videoconferências ou <i>telecommuting</i>	Rotaris <i>et al.</i> , 2014; Zhou, 2012	<i>University of Oxford e Melborn University</i>
	Compartilhamento de veículos em viagens com destinos comuns ou próximos	-	<i>Yale; Melborn University</i>
	Eliminação de viagens desnecessárias da frota cativa do campus	-	<i>Melborn University</i>
Promoção da redução da extensão do deslocamento	Aumento da oferta de alojamento local	Miralles-Guasch <i>et al.</i> , 2010	<b>UFRJ e UWA</b>
Adoção de medidas compensatória	Manutenção do plantio de árvores para captura do carbono emitido	-	<i>Melborn University</i>
	Aumento no preço do estacionamento	Danaf <i>et al.</i> , 2014; Hancock <i>et al.</i> 2014; Miralles-Guasch <i>et al.</i> , 2011; Rotaris <i>et al.</i> , 2014; Rybarczyk e Gallagher, 2014;	<i>University of Oxford</i>

Fonte: Elaboração Própria

### 3.3 Análise dos resultados

Por meio dos resultados da revisão bibliográfica e documental realizada, foi possível identificar 10 práticas de baixo carbono (boas práticas), relacionadas à atividade de transporte, em Campi Universitários de todo o mundo. Tais boas práticas, podem ser adotadas pelas universidades, por intermédio de 45 meios de intervenção.

Dentre as boas práticas identificadas, destacam-se: (1) Incentivo ao uso do transporte não motorizado, com 35% dos meios de intervenções identificados; (2) Incentivo ao uso de transporte coletivo, com 19% dos meios de intervenção identificados; (3) Incentivo à redução do uso de automóveis individuais, com 17% dos meios de intervenções

Boa Prática	Meio de intervenção	Artigos	Referências Universidades
-------------	---------------------	---------	------------------------------

identificados e (4) Utilização de tecnologias de baixo carbono, com 13% dos meios de intervenções identificados.

Quanto aos meios de intervenção mais citados, destacam-se: (1) Manutenção da área de estacionamento exclusivo para bicicletas, citado em 42% dos estudos; (2) Criação de um site/*club* para achar carona, citado em 40% dos estudos; (3) Estabelecimento de sistema de compartilhamento de bicicleta para alunos e funcionários do campus, com ou sem redução na tarifa (*Bike Share Program*); (4) Manutenção de subsídio na tarifa

PARCIAL 2

mensal de transporte público para estudantes e funcionários; (5) Utilização de veículos (ônibus, automóveis, *scooters*, etc.) híbridos ou elétricos para a frota da universidade, citados em 35% dos estudos.

A Cidade Universitária da UFRJ adota seis das 10 boas práticas identificadas (60%), no entanto, utiliza apenas oito, dos 45 meios de intervenção identificados (18%). São elas (1) Gestão de projetos sustentáveis; (2) Utilização de tecnologias de baixo carbono; (3) Utilização de combustíveis alternativos; (4) Incentivo ao uso do transporte não motorizado; (5) Incentivo ao uso de transporte coletivo e (6) Promoção da redução da extensão do deslocamento.

Quanto às práticas adotadas na Cidade Universitária da UFRJ que possuem mais de um meio de intervenção para sua adoção, verificou-se que, na prática que consiste na gestão de projetos sustentáveis, apenas o meio de intervenção que trata do estabelecimento de um fundo de reserva para projetos sustentáveis é adotado (50%).

Quanto à prática que consiste na utilização de tecnologias de baixo carbono, apenas o meio de intervenção que consiste na utilização de veículos (ônibus, automóveis, *scooters* etc.) híbridos ou elétricos para a frota da universidade é adotado (20%), deixando de lado, os outros cinco meios de intervenção identificados.

Quanto à prática que consiste no incentivo ao uso do transporte não motorizado apenas a manutenção de área de estacionamento exclusivo para bicicletas é mantida (6%), deixando de adotar outros 16 meios de intervenções identificados.

Em relação à prática que consiste no incentivo ao uso de transporte coletivo, são adotados três, dos cinco meios de intervenção (60%): Disponibilização de todas as alternativas de rotas, em página da web da Universidade; Oferta de ônibus interno gratuito e Manutenção de subsídio na tarifa mensal de transporte público para estudantes e funcionários.

Quanto à prática que consiste em promover a redução da extensão do deslocamento principal, está se dá por meio do aumento da oferta de alojamento local, assim como foi verificado em outras universidades do mundo.

Quanto à utilização de combustíveis alternativos, a UFRJ adota a utilização de mistura de biodiesel e diesel na frota de veículos a diesel do campus.

Os resultados das pesquisas bibliográfica e documental realizadas podem contribuir com o aperfeiçoamento das boas práticas já adotadas na Cidade Universitária da UFRJ, na medida em que apresentam outros meios de intervenção para sua plena implementação. Além disso, os resultados da revisão apresentam uma relação de boas práticas que podem ser adotadas não apenas em campi universitários, mas também cidades de todo o mundo, tendo em vista que um sistema de transporte de um campus universitário pode servir como exemplo, em menor escala, para os sistemas de transporte urbanos.

#### **4. PRÁTICAS DE BAIXO CARBONO – CAMPUS UFRJ**

Nesta seção, serão apresentadas as boas práticas de mobilidade de baixo carbono que são adotadas na Cidade Universitária da UFRJ.

Dentre elas, tem-se as práticas que poderão ter o seu desempenho avaliado, por meio da realização de testes (utilização de veículos elétricos) e as práticas que se encontram em

fase de implementação (compartilhamento de veículo e incentivo ao uso de transporte público).

No entanto, existem outras práticas já implantadas e que se encontram em fase de estudos de viabilidade técnica e econômica, que apenas poderão ser descritas, mas não avaliadas em função da falta de disponibilidade de dados.

#### **4.1 Práticas avaliadas e implementadas**

Quanto às práticas a serem avaliadas, em função da disponibilidade para obtenção de dados, tem-se a utilização de tecnologias de baixo carbono, adotada por meio da utilização de veículos elétricos para circulação interna de alunos e funcionários.

Quanto às práticas em fase de implementação têm-se: (1) promoção da redução do número de viagens, adotada por meio do compartilhamento de veículos e (2) avaliação do incentivo ao uso de transporte coletivo, adotada por meio da criação de um programa de apoio à mobilidade intracampus e da criação de sistema de compartilhamento de bicicletas.

##### **4.1.1 Utilização de veículos elétricos**

Uma vez que 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 outras alternativas e a utilização de tecnologias de baixo carbono, como por exemplo, veículos elétricos tratar-se de uma alternativa sustentável, 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.

A Cidade Universitária da UFRJ dispõe de uma frota de veículos de tecnologia convencional, composta por veículos do tipo automóvel, comercial leve, caminhão leve e semi-leve, equipados com o sistema de propulsão convencional (motor de combustão interna (MCI) e sistema de transmissão mecânico (STM)). Além disso, dispõe também de três veículos de tecnologia alternativa. Um automóvel equipado com o sistema de propulsão elétrico e dois veículos similares a veículos comerciais leves equipados com sistema de propulsão elétrico e com capacidade para 23 pessoas cada um, também conhecidos como “Jardineira”.

Em um primeiro momento, em função das características dos veículos alternativos e da possibilidade de encontrar veículos convencionais equivalentes na frota da UFRJ, optou-se por realizar os testes de monitoramento apenas com os veículos do tipo automóvel, comparando o consumo energético entre as duas tecnologias (convencional e alternativa).

##### **4.1.2 Compartilhamento de veículos**

Em decorrência da grande parcela de contribuição no custo final dos serviços do Campus Universitário da UFRJ, a atividade de transporte deve ser considerada crítica, o que implica na necessidade de uma gestão cada vez mais próxima e afim aos serviços a que dá suporte, assim como subsidiada por análises, critérios técnicos e métodos de gestão contemporâneos.

Por outro lado, Sims, R *et al.* (2014) indicam que o setor de transporte apresenta um alto potencial para mitigação das emissões de CO<sub>2</sub> por meio das mudanças comportamentais, de escolhas de modos alternativos e de investimentos em infraestruturas relacionadas.

Neste contexto, o novo conceito de compartilhamento de veículos pretende contribuir para a redução de emissões de CO<sub>2</sub> e dos custos de transportes, bem como, provocar uma revolução cultural no sistema atual. Além disso, a economia compartilhada vem ganhando força ao redor do mundo e vem provando ser um movimento duradouro, abrangente e revolucionário.

Adicionalmente, estudos realizados por Shaheen *et al.* (2010) apontam que cada carro compartilhado remove, entre 9 e 12 automóveis privados das ruas, sendo assim, pode contribuir significativamente com a ampliação da mobilidade urbana.

Tendo em vista que a frota cativa da Cidade Universitária da UFRJ é responsável por aproximadamente 10% das emissões totais de CO<sub>2</sub> do Campus, que a sua frota de automóveis é composta por 242 veículos e que o sistema de compartilhamento de veículos pode trazer benefícios ambientais, econômicos e ainda é capaz de ampliar a mobilidade urbana, para quem o utiliza, optou-se avaliar a implementação da prática que consiste na redução do número de viagens (individuais), por meio do uso compartilhado dos automóveis da UFRJ, em viagens com destinos próximos ou comuns aos usuários do sistema.

#### **4.1.3 Incentivo ao uso de transporte coletivo**

Visando à integração com modos de maior capacidade, como por exemplo, o sistema de transporte coletivo, mais conhecido como *Bus Rapid Transit* (BRT) que tem uma estação localizada dentro do Campus da UFRJ na Ilha do Fundão, o Fundo Verde propôs a criação de um programa de apoio à mobilidade e um sistema de compartilhamento de bicicletas.

##### **✓ Programa de Mobilidade Fundo Verde – UFRJ**

O programa de apoio à mobilidade intracampus, denominado "Programa de Mobilidade Fundo Verde - UFRJ", prevê a utilização de três veículos, sendo duas Jardineiras equipadas com o sistema de propulsão elétrico, similar a um veículo do tipo comercial leve, com capacidade para 23 pessoas e um veículo do tipo comercial leve, denominado de "Van", equipado com o sistema de propulsão convencional (MCI + STM), com capacidade para 15 pessoas, que circularão pelo campus em diferentes horários (Figura 7);

Com rotas diferenciadas, as jardineiras percorrem o trajeto mais curto, ligando o Parque Tecnológico à Reitoria e ao Centro de Tecnologia, enquanto a Van liga os principais centros da Cidade Universitária à estação do BRT, partindo também do Parque Tecnológico. A Van já está em circulação, funcionando das 8:00 às 17:00h e as Jardineiras tem previsão de circular entre 11:00h às 18:00h, a partir de março de 2016.

A eficiência destas formas de auxílio à mobilidade interna do compus foi comprovada por testes realizados com a Van. De forma que, em um mês de circulação, mais de 2.300 passageiros utilizaram o veículo em um horário reduzido de utilização (11:00 as 14:00).



Figura 7: Veículos de apoio ao “Programa de Mobilidade Fundo Verde – UFRJ” – a esquerda a Jardineira e a direita a Van.

### ✓ Sistema de compartilhamento de bicicletas

O sistema de compartilhamento de bicicletas aproveita a infraestrutura existente da Cidade Universitária da UFRJ, que já possui já cerca de 8km de ciclovias (Figura 8) e visa obter melhoria da mobilidade interna e promover a redução dos efeitos negativos das emissões de poluentes atmosféricos e gases de efeito estufa pelos veículos rodoviários que lá circulam.



Figura 8: Rede ciclovitária e pontos de estacionamento de bicicletas da Cidade Universitária da UFRJ.

O projeto de implantação desse sistema apoia-se em um estudo realizado pelo Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP), para a Cidade Universitária UFRJ, que inclui o dimensionamento (número de estações e de bicicletas), localização das estações e sistema de controle operacional. O estudo propõe a aquisição inicial de 400 bicicletas, considerando uma ampliação gradual, conforme o crescimento da demanda.

Propõe-se a ampliação do número de instalações de pontos de estacionamento para bicicletas na Cidade Universitária e o projeto prevê a criação de 29 pontos de estacionamento, com capacidade para receber até 400 bicicletas, na Cidade Universitária

da UFRJ (Figura 9). O maior ficará situada no terminal de integração do BRT, com espaço para abrigar 100 bicicletas e poderá ser utilizado por funcionários ou estudantes, sem qualquer custo.



Figura 9: Distribuição dos pontos de estacionamento para bicicletas na Cidade Universitária da UFRJ.

#### 4.2 Outras práticas

Quanto à prática que consiste na utilização de tecnologias de baixo carbono, um dos meios de intervenção identificados na revisão consiste na utilização de ônibus híbridos ou elétricos. Verificou-se que tal tecnologia já está sendo utilizada na Cidade Universitária da UFRJ, deste o ano de 2010 e que foi desenvolvida pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa em Engenharia (COPPE) da UFRJ, com o objetivo de ter uma opção de transporte sustentável para a cidade do Rio de Janeiro até a realização das Olimpíadas, em 2016.

Verificou-se que o conceito tecnológico adotado neste veículo considerou um nível elevado de hibridização de energia e que sua configuração inovadora (híbrido-elétrico) do sistema de propulsão possibilitou a diminuição da necessidade de geração de energia por meio da pilha a combustível para permitir que o equipamento opere em regime permanente. Isto provocou impactos positivos na redução de peso e volume do sistema, também diminuindo significativamente o consumo de hidrogênio, bem como os custos de fabricação e manutenção do veículo.

Tal tecnologia foi embarcada em um veículo do tipo ônibus urbano, medindo 12m de comprimento, com piso baixo, ar-condicionado, suspensão pneumática e três portas largas, sendo que, a porta do meio possui uma rampa de acesso para cadeira de rodas. O veículo tem capacidade para 29 passageiros sentados e 42 em pé (Figura 10). Com autonomia para rodar até 300 quilômetros, sendo movido à energia elétrica, obtida de uma tomada ligada na rede e complementada com energia produzida a bordo por uma pilha a combustível alimentada com hidrogênio. Como resultado, tem-se um veículo silencioso,

com eficiência energética muito maior que a dos ônibus convencionais a diesel e com emissão zero de poluentes. O que sai de seu cano de descarga é apenas vapor de água, tão limpo que, se condensado, resultaria em água para consumo. Seu sistema de tração elétrica oferece partidas e deslocamentos suaves e permite otimizar o seu desempenho em função do ciclo de rodagem.



Figura 10: Ônibus híbrido-elétrico desenvolvido pela COPPE/UFRJ.

Estudos publicados a cerca dessa tecnologia apontaram que ela ainda possui um custo superior aos custos dos ônibus convencionais, mas existem estimativas de que essa diferença desapareça, a partir de uma produção em escala.

No entanto, não será possível a realização dos testes de desempenho para este veículo, pois se trata de um estudo ainda em implantação, como disponibilidade de dados públicos ainda muito limitada.

Adicionalmente, na Cidade Universitária da UFRJ existem estudos para implementação de mais dois dos meios de intervenção relacionados à prática de utilização de tecnologias de baixo carbono. No entanto, por ainda não estarem em pleno funcionamento, não podem ser monitoradas. São eles: (1) A utilização de Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) e (2) A utilização do Veículo de Levitação Magnética (Maglev).

Quanto à utilização de Veículo Leve sobre Trilhos (VLT), no ano de 2014 o Fundo Verde realizou um estudo para avaliar a viabilidade técnica e econômica para implantação de um ramal de ligação do sistema de VLT, já implementado no Porto da Cidade do Rio de Janeiro, com a Cidade Universitária da UFRJ. Tal estudo considerou que o projeto se mostrou viável operacionalmente e promissor no atendimento a demandas futuras, caso o poder público proporcionasse um investimento a partir de 25% do valor total de implantação.

Quanto à utilização do Veículo de Levitação Magnética (Maglev), já existe um protótipo em escala real, operando em uma linha de teste com 223 m de extensão em uma área da Cidade Universitária, ligando dois Centros de Tecnologia (Figura 11). A UFRJ aposta no projeto como uma solução de apelo mundial para a redução da emissão de gases poluentes e responsáveis pelo aquecimento global.



Figura 11: Protótipo do Veículo de Levitação Magnética (Maglev) – COPPE-UFRJ.

O projeto propõe a implantação de uma linha para atender toda a Cidade Universitária da UFRJ como forma de substituição de parte da frota contatada de ônibus, para atendimento da demanda de circulação interna de alunos e funcionários. A extensão total da linha proposta é de 4.280 m, sendo 1.400 m de via elevada, com altura máxima de 5,00 m do nível da rua e 2.880 m em via em superfície. O traçado proposto para a Cidade Universitária da UFRJ pode ser verificado na Figura 12.

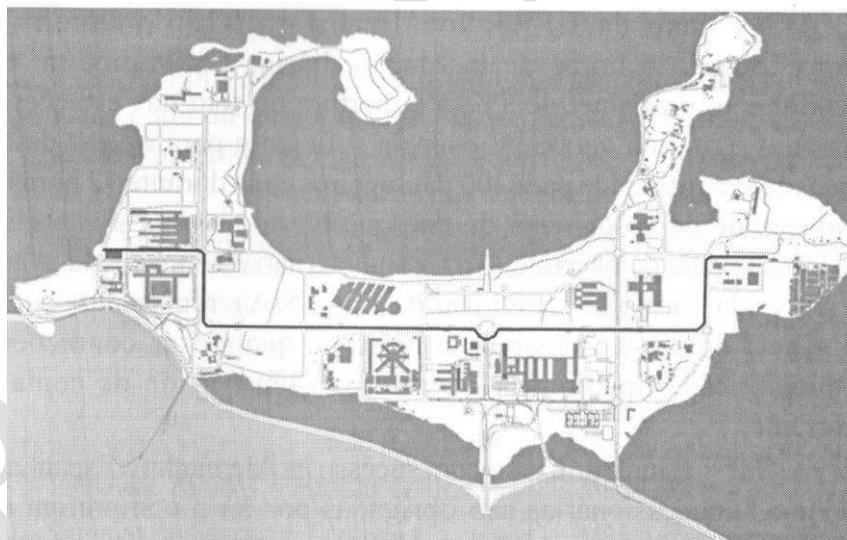


Figura 12: Traçado proposto para a Cidade Universitária da UFRJ.

Adicionalmente, é importante ressaltar que a tecnologia do Maglev, por seu baixo consumo de energia, viabiliza sua alimentação por geração de energia elétrica fotovoltaica. Dessa forma, está previsto no projeto que os terminais devem ser cobertos com painéis solares, permitindo tal geração de energia.

No caso da UFRJ, considerando 6 horas de insolação diária, 1kW pico/m<sup>2</sup> e rendimento do painel de 7%, a cobertura do teto das estações garante energia suficiente para operar dois trens com capacidade para 200 passageiros cada, durante 12 horas, em regime de cogeração de energia, ou seja, a energia elétrica gerada pelos painéis fotovoltaicos não seria armazenada, mas transferida a rede da UFRJ (David, 2009).

Em relação ao custo de implantação desta tecnologia, na Cidade Universitária, estudos apontam que os recursos financeiros são da ordem de 1/3, do que seria necessário para implantação de um metrô e se considerando todo o custo que poderia ser evitado em função da sua implantação, como por exemplo, a substituição da frota contratada dos ônibus internos, o projeto teria o seu retorno do investimento em 11 anos (David, 2009).

No que diz respeito à prática que consiste na utilização de combustíveis alternativos, a UFRJ, no ano de 2014, em parceria com a Prefeitura Universitária, o PET (Programa de Engenharia de Transporte) e o Programa de Engenharia Química (PEQ) da COPPE/UFRJ, lançou um projeto denominado “Projeto de Reaproveitamento de Resíduos de Óleo Vegetal e Criação da linha ‘Rota dos Restaurantes’”, com a finalidade de atender a busca por alternativas sustentáveis para o transporte interno da Cidade Universitária da UFRJ a partir da produção de biocombustível utilizando como matéria prima óleo residual gerado por oito restaurantes instalados no Campus da UFRJ.

O biodiesel utilizado era produzido no laboratório do Programa de Engenharia Química (PEQ) da COPPE/UFRJ a partir do processo catalítico homogêneo de transesterificação e esterificação via rota metálica. Este método é o mais conhecido e utilizado para a produção de biocombustível no Brasil e no mundo.

Durante a realização do “Projeto de Reaproveitamento de Resíduos de Óleo Vegetal e Criação da linha ‘Rota dos Restaurantes’”, foram produzidos 50 litros de biodiesel (B100) a partir do óleo residual coletado dos restaurantes que foram adicionados ao diesel de petróleo adquirido em um posto de combustível.

Em função dos custos para produção do biodiesel, o projeto teve que ser suspenso por tempo indeterminado e os testes comparativos de rendimento do combustível ainda não foram divulgados.

Quanto às práticas que consistem no incentivo ao uso do transporte não motorizado e na promoção da redução da extensão do deslocamento, estas não podem ser monitoradas, em função da não disponibilidade de dados para sua avaliação.

A prática que consiste na gestão de projetos sustentáveis, ainda não pode ser medida, no entanto, por meio da disponibilização de informações no site do Fundo Verde, verificou-se alguns meios de intervenção, sobre tudo no que diz respeito ao incentivo ao uso do transporte coletivo e no incentivo a redução do uso de automóveis individuais, são eles:

- (1) Criação de um site/club para achar caronas, por meio do projeto “Transporte Solidário: CARONAÊ”, que visa unificar e atender a atual demanda por caronas na Cidade Universitária da UFRJ.

Atualmente, cerca de 7.000 alunos participam de algum tipo de sistema que auxilia na obtenção de caronas, seja por redes sociais ou por “grupos de conversa”, como o aplicativo WhatsApp. A unificação dos já existentes “sistemas espontâneos”, ou seja, os que são criados pelos alunos de forma independente, proporcionarão mais agilidade e segurança na obtenção de caronas. Para tal, será utilizado como base um aplicativo para celular, com pontos físicos de carona e uma campanha de comunicação para estimular a mudança cultural dos usuários de transporte.

O projeto prevê a implantação de 10 pontos de caronas espalhados pelos principais centros da Cidade Universitária da UFRJ (Figura 13) e possibilitará uma melhor racionalização na utilização do transporte rodoviário individual, bem como, uma possível redução do número de veículos que se destinam à UFRJ.



Figura 13: Distribuição dos pontos de caronas na Cidade Universitária da UFRJ.

(2) Ampliação da oferta de ciclovias, por meio do projeto “Ciclovias do Parque Tecnológico” que propõe a expansão do sistema cicloviário na Cidade Universitária, especificamente no território que abrange o Parque Tecnológico – UFRJ.

Este projeto pretende contribuir para a diminuição do uso de automóveis particulares para transporte interno na Cidade Universitária, incentivando o transporte cicloviário, com a extensão da atual malha cicloviária. Nesta linha de ação é prevista a construção da ciclovias no Parque Tecnológico UFRJ em apoio ao projeto "Parque não Motorizado", concebido pela administração do próprio Parque, para atender as exigências de mobilidade da comunidade que se desloca diariamente neste local.

## 5. VEÍCULO ELÉTRICO

Nesta seção serão apresentados os objetos dos testes que serão realizados.

### 5.1 Identificação do objeto de teste

O teste de consumo de combustível realizado foi de ordem comparativa, entre o veículo equipado com o sistema de propulsão elétrica e o veículo equipado com o sistema de propulsão convencional (MCI + STM). 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 (Tabela 3).

Tabela 3: Dados dos veículos utilizados no teste.

	<b>Nissan Leaf - 2011</b>	<b>Nissan Sentra - 2010</b>
<b>Placa</b>	LQV9109	LLL3245
<b>Combustível</b>	Energia elétrica armazenada em 48 módulos de baterias de íons de lítio somando 24 kW.	Gasolina armazenada em um tanque de 55 l
<b>Tipo do Motor</b>	AC Síncrono	Motor alternativo de combustão interna do ciclo Otto
<b>Potência do Motor</b>	80 kW/ 102 cv	142 cv – 2.0 cc
<b>Caixa de Câmbio</b>	Redutor de caixa de 1 velocidade	5 marchas a frente e 1 a ré
<b>Transmissão</b>	Automática	Automática
<b>Peso</b>	1545 kg	1348 kg
<b>Suspensão</b>	Independente McPherson	Independente McPherson
<b>Tração</b>	Dianteira	Dianteira
<b>Poluente</b>	Não Possui	CO, HC, NO <sub>x</sub> e MP

**Fonte:** Elaboração Própria

## 5.2 Identificação do teste

Nesta seção serão descritos os testes a serem realizados, para utilização de veículos elétricos e para o compartilhamento de veículos.

Para a comparação de consumo energético entre o veículo abastecido por energia elétrica (tecnologia alternativa) e o veículo abastecido por gasolina (tecnologia convencional) será realizado o teste de consumo contínuo (Tabela 4), além do teste de carregamento de bateria do veículo elétrico e de abastecimento do veículo convencional. Tabela 4: Descrição do teste de consumo contínuo

<b>Teste de Consumo Contínuo</b>	
<b>Objetivo</b>	Comparação direta de consumo entre os dois automóveis que leve em consideração as mesmas condições climáticas e mesma atividade do motorista.
<b>Descrição</b>	Realização de um mesmo percurso com os dois veículos ao mesmo tempo e em mesmas condições.
<b>Equipamentos necessários</b>	GPS

**Fonte:** Elaboração Própria

### 5.2.1 Teste de consumo contínuo

Para realização deste teste arbitrou-se uma rota de 50 à 80 km, em perímetro da Cidade Universitária da UFRJ. Ambos os carros circularam ao mesmo tempo e no mesmo

percurso, seguindo o mesmo padrão de aceleração (líder e seguidor, com alternância), sendo proposto três acompanhamentos para cada condição listada abaixo.

- Com o condicionador de ar ligado (mesma intensidade em ambos os veículos);
- Sem o condicionador de ar ligado;

Tendo em vista que para o veículo elétrico, objeto de teste deste estudo, existe duas formas de condução do veículo, a saber: (1) modo Eco, que possibilita menor consumo de energia e (2) modo D, que permite o consumo de energia normal do veículo, optouse por realizar os testes com o veículo elétrico no modo D juntamente com o veículo convencional. O modo Eco será testado de forma individual, ou seja, sem o acompanhamento do veículo convencional.

Os dados obtidos:

- Distância percorrida (km);
- Consumo dos dois automóveis pela distância (l/km e kWh/km);
- Percurso percorrido com as velocidades instantâneas;
- Relação empírica comparativa de consumo dada pela Equação 1.

$$Re = \frac{\text{Consumo}}{\text{Distância} \cdot \text{Peso} \cdot \text{Potência do Motor}} = \frac{L \text{ ou kw/h}}{\text{km} \cdot \text{kg} \cdot \text{cv}} \quad (1)$$

### 5.2.2 Teste de carregamento dos veículos elétricos e abastecimento dos veículos convencionais

Para o veículo de tecnologia convencional o abastecimento deve ser feito de forma a completar o tanque de combustível em seu nível máximo até o disparo da bomba de combustível, antes e após a realização dos testes. Deverá ser feita uma anotação do hodômetro e a contabilização da distância do local de abastecimento até o local da realização dos testes. Quanto ao combustível, deve-se utilizar sempre mesmo tipo para todos os testes.

Para o veículo de tecnologia alternativa o teste de carregamento deverá ser executado conforme procedimento descrito na Tabela 5.

Tabela 5: Descrição do teste de carregamento da bateria do veículo elétrico.

	<b>Tempo de Carregamento e Potência Transferida</b>	<b>Medição de carregamento x estimador</b>
<b>Objetivo</b>	Verificação do tempo de carregamento e da potência para cada carregador.	Relação entre a potência medida no carregamento e a apresentada pelo estimador do carro
<b>Equipamentos necessários</b>	Medidor de energia ou Analisador de Energia	Medidor de energia
<b>Medidas Obtidas</b>	Valor RMS ( <i>Root Mean Square</i> ) da potência e tempo durante o carregamento.	Valor RMS da potência e tempo durante o carregamento.

Legenda: RMS (*Root Mean Square*): Raiz do valor quadrático médio.

Fonte: Elaboração Própria

### **5.3 Resultados preliminares**

Nesta seção serão apresentados os resultados preliminares dos testes realizados, bem como suas respectivas análises.

Tendo em vista que este projeto ainda está em fase de desenvolvimento, os testes foram realizados parcialmente, sendo assim, nesta seção são apresentados os resultados preliminares dos testes: de consumo contínuo, na condição do condicionador de ar desligado – modo D; de consumo contínuo, na condição do condicionador de ligado – modo D; de consumo contínuo, na condição do condicionador de ar desligado – modo Eco e de carregamento do veículo elétrico e abastecimento do veículo convencional.

#### **5.3.1 Teste de consumo contínuo, com o condicionador de ar desligado - modo D.**

Para ratificação do teste comparativo de consumo energético entre o veículo de tecnologia alternativa (modo D) e veículo de tecnologia convencional, com condicionador de ar desligado, realizou-se um teste para verificação de consumo contínuo no dia 02 de dezembro de 2015. Os resultados estão descritos a seguir.

O teste teve início às 11h:18m:00s e foi totalmente finalizado após 13h:50m:01s, sem considerar o tempo de recarga da bateria do automóvel elétrico e o abastecimento do automóvel convencional, ao final do teste. Como não foi possível o aferimento do carregamento da bateria, considerou-se uma recarga de 20 kWh. Já o consumo do veículo convencional pode ser aferido por meio do abastecimento e da distância percorrida, este foi de 10,45 litros de Gasolina C. A distância total percorrida foi de 74 km.

Os veículos utilizados para realização do teste foram o Nissan Leaf e o Nissan Sentra. Os dois veículos tiveram, respectivamente, bateria e tanque de combustível, completamente carregados, antes e após o teste. Para levantamento de dados, utilizouse, além do formulário elaborado especificamente para o teste, dois equipamentos de GPS (Gamim NUVI 2415). Em ambos os veículos, além do motorista, houve também a participação de um carona, a fim de fazer todas as anotações necessárias.

Quanto ao percurso, este se iniciou próximo ao prédio da reitoria, no cruzamento da Rua Paulo Emídio Barbosa com a Rua Hélio de Almeida, passando pela Rua Pascoal Lemme, Av. Pedro Camon e Av. Horácio de Macedo, até encontrar com a Rua Hélio de Almeida e portanto, o ponto inicial. A distância de uma volta no percurso é de 2,6 km (Figura 14).

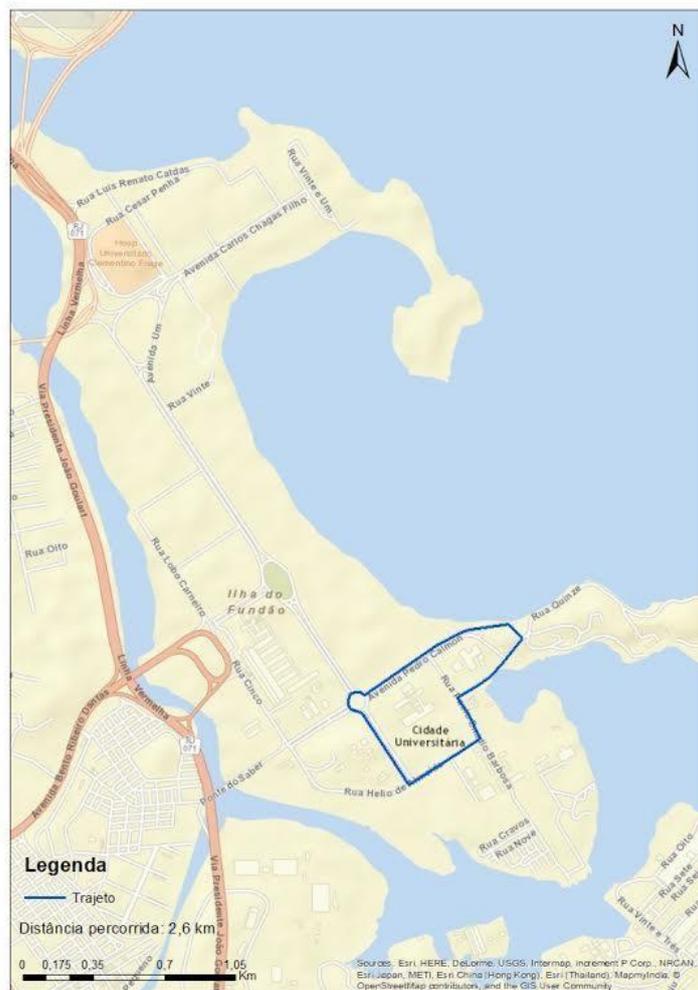


Figura 14: Trajeto percorrido para realização do teste com veículo elétrico na Cidade Universitária da UFRJ.

Os dois veículos partiram da posição inicial percorrendo o mesmo trajeto em uma velocidade média próxima a 40km/h. A cada cinco volta, fez uma alternância do carro que estava à frente no teste. Os condicionadores de ar de ambos os carros estavam desligados. O teste terminou quando o painel do Nissan Leaf acusou o fim de sua autonomia (bateria descarregada). Com o auxílio do GPS verificou-se a velocidade média dos veículos. Para cada veículo, fez-se o levantamento de dados específicos (Tabela 6).

Tabela 6: Dados levantados no teste do veículo elétrico Modo D.

Número	Estimada	Tempo	Tempo da	Distância	Temperatura de	Valores por Volta			Distância	Erro
						Transcorrido	Volta	Estimada		
Velocidade [°C]	Volts	[km]	[hh:mm:ss]	[hh:mm:ss]	Leaf [Real km]	[km]	[km/h]	[km]		
0	124	00:00:00	00:00:00	0	0	0	0,00	24		
1	122	00:04:18	00:04:18	2	2,58	-0,62	36,00	24		
2	116	00:08:35	00:04:17	6	2,58	3,38	36,14	24		

3	110	00:12:38	00:04:03	6	2,58	3,38	38,22	24
---	-----	----------	----------	---	------	------	-------	----

**Valores por Volta Distância**

Número de Voltas	de Estimada Leaf [km]	Transcorrido Velocidade [hh:mm:ss]	Tempo da Volta [hh:mm:ss]	Tempo da Est Leaf [km]	Distância imada Real [km]	Distância [km]	Erro [km/h]	
4	106	00:16:23	00:03:45	4	2,58	1,38	41,28	24
5	102	00:20:20	00:03:57	4	2,58	1,38	39,19	24
6	98	00:24:26	00:04:06	4	2,58	1,38	37,76	24
7	94	00:28:04	00:03:38	4	2,58	1,38	42,61	24
8	90	00:31:45	00:03:41	4	2,58	1,38	42,03	25
9	84	00:35:25	00:03:40	6	2,58	3,38	42,22	25
10	80	00:38:53	00:03:28	4	2,58	1,38	44,65	25
11	71	00:43:01	00:04:08	9	2,58	6,38	37,45	26
12	68	00:46:39	00:03:38	3	2,58	0,38	42,61	26
13	63	00:49:57	00:03:18	5	2,58	2,38	46,91	26
14	59	00:53:38	00:03:41	4	2,58	1,38	42,03	26
15	56	00:58:45	00:05:07	3	2,58	0,38	30,25	26
16	51	01:02:34	00:03:49	5	2,58	2,38	40,56	26
17	45	01:06:30	00:03:56	6	2,58	3,38	39,36	26
18	40	01:09:54	00:03:24	5	2,58	2,38	45,53	26
19	36	01:13:12	00:03:18	4	2,58	1,38	46,91	26
20	31	01:16:59	00:03:47	5	2,58	2,38	40,92	26
21	26	01:20:40	00:03:41	5	2,58	2,38	42,03	26
22	24	01:24:26	00:03:46	2	2,58	-0,62	41,10	27
23	20	01:28:10	00:03:44	4	2,58	1,38	41,46	27
24	16	01:32:10	00:04:00	4	2,58	1,38	38,70	27
25	14	01:35:47	00:03:37	2	2,58	-0,62	42,80	27
26	10	01:39:19	00:03:32	4	2,58	1,38	43,81	27
27	8	01:42:47	00:03:28	2	2,58	-0,62	44,65	27
28	6	01:46:09	00:03:22	2	2,58	-0,62	45,98	27
29	0	01:50:01	00:03:52	6	2,58	3,38	40,03	27

**Fonte:** Elaboração Própria

A autonomia (distância estimada) do Nissan Leaf foi obtida por meio do painel do veículo (Figura 15).



Figura 15: Indicação de autonomia do veículo.

Em relação à estimativa de autonomia apresentadas no painel do Nissan Leaf em comparação com a distância realmente percorrida, verificou-se uma discrepância entre os dados apurados no painel do Nissan Leaf, com o que, de fato, foi realizado (Figura 16).

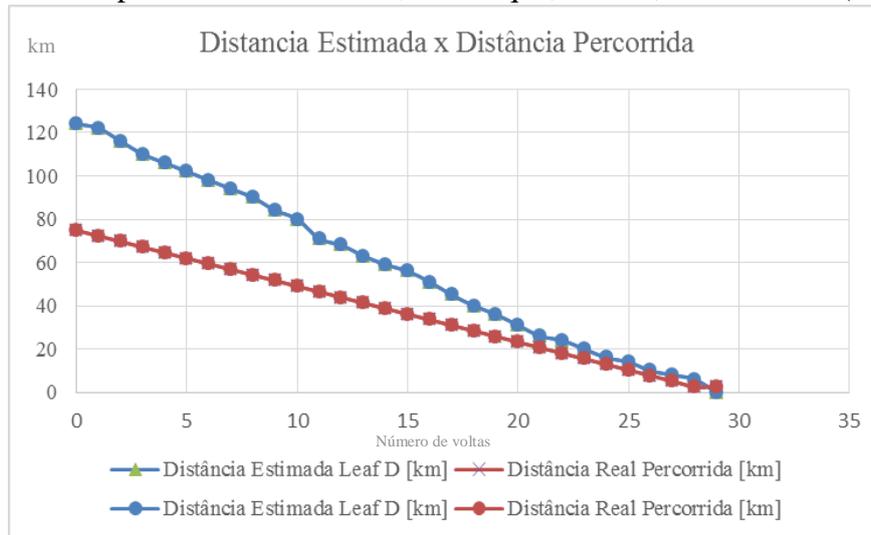


Figura 16: Distância estimada pelo Leaf e a distância real do percurso.

Para o veículo convencional os dados levantados estão descritos na Tabela 7.

Tabela 7: Dados levantados no teste do veículo convencional.

Voltas	Tempo Transcorrido [hh:mm:ss]	Valores por Volta				
		Início [km]	Fim [km]	Distância Calculada [km]	Distância Real [km]	Velocidade por Volta [km/h]
1	00:04:10	85349	85352	3	0	37,15
2	00:08:18	85352	85355	3	2,58	37,45
3	00:12:32	85355	85357	2	2,58	36,57
4	00:16:20	85357	85360	3	2,58	40,74
5	00:20:19	85360	85362	2	2,58	38,86
6	00:24:08	85362	85365	3	2,58	40,56
7	00:27:59	85365	85367	2	2,58	40,21
8	00:31:37	85367	85370	3	2,58	42,61
9	00:35:12	85370	85372	2	2,58	43,20
10	00:38:49	85372	85375	3	2,58	42,80

11	00:42:57	85375	85378	3	2,58	37,45
12	00:46:30	85378	85380	2	2,58	43,61
13	00:49:57	85380	85383	3	2,58	44,87
14	00:53:25	85383	85385	2	2,58	44,65
<b>Valores por Volta</b>						
Voltas	Tempo Transcorrido [hh:mm:ss]	Distância			Velocidade por Volta [km/h]	
		Início [km]	Fim [km]	Calculada Distância Real [km] [km]		
15	00:58:02	85385	85388	3	2,58	33,53
16	01:02:19	85388	85390	2	2,58	36,14
17	01:06:12	85390	85393	3	2,58	39,86
18	01:08:53	85393	85395	2	2,58	57,69
19	01:13:00	85395	85398	3	2,58	37,60
20	01:17:08	85398	85400	2	2,58	37,45
21	01:20:40	85400	85403	3	2,58	43,81
22	01:24:22	85403	85406	3	2,58	41,84
23	01:28:06	85406	85408	2	2,58	41,46
24	01:31:40	85408	85411	3	2,58	43,40
25	01:35:14	85411	85413	2	2,58	43,40
26	01:39:00	85413	85416	3	2,58	41,10
27	01:42:26	85416	85418	2	2,58	45,09
28	01:46:13	85418	85421	3	2,58	40,92
29	01:49:44	85421	85423	2	2,58	44,02

**Fonte:** Elaboração Própria

A Figura 17 demonstra a consistência dos dados por meio da velocidade média alcançada por cada um dos carros, em cada uma das voltas. Verifica-se pequena discrepância, com exceção das medidas apuradas nas voltas 18 (maior diferença) e 19, que podem ter sido causadas por tráfego distinto enfrentado pelos veículos.

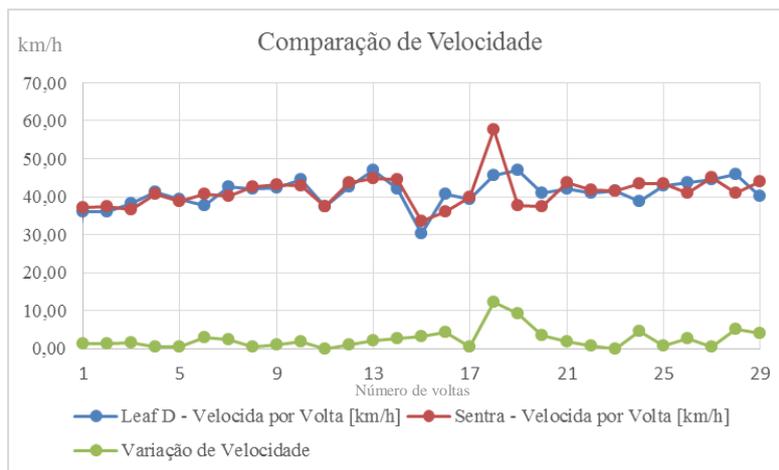


Figura 17: Comparação entre a velocidade média dos dois veículos.

Levando em consideração que cada litro de gasolina corresponde a 7,75 kWh, pode-se realizar o teste comparativo de consumo energético dos dois veículos (Farjoun, 2015) (Tabela 8).

Tabela 8: Comparação entre Nissan Leaf e Nissan Sentra.

Veículo	Distância Percorrida [km]	Consumo Percurso		Distância por Consumo		Tanque Cheio		Autonomia (Tanque Cheio)
		[l]	[kWh]	[km/l]	[km/kWh]	[l]	[kWh]	[km]
Nissan Leaf	74,00	2,58	20,00	28,68	3,70	3,10	24,00	88,80
Nissan Sentra	74,00	10,45	109,20	7,08	0,68	54,90	425,48	388,77

Fonte: Elaboração Própria

Com base no teste comparativo de consumo energético entre o veículo abastecido por energia elétrica (tecnologia alternativa) e o veículo abastecido por gasolina (tecnologia convencional), apresentado na Tabela 8, foi possível obter a eficiência no estágio de conversão de energia elétrica em mecânica e a proporção da capacidade de armazenamento de energia dos veículos. Essas duas constantes multiplicadas representam a diferença de autonomia dos automóveis (Tabela 9).

Tabela 9: Proporção entre valores do Nissan Leaf e Nissan Sentra.

Proporção	Eficiência de Conversão Energética	Proporção de armazenamento (Tanque)	Proporção de autonomia
Sentra x Leaf	0,2453	17,7281	4,3780

Fonte: Elaboração Própria

### 5.3.2 Teste de consumo contínuo, com o condicionador de ar ligado - modo D.

Para ratificação do teste comparativo de consumo energético entre o veículo de tecnologia alternativa (modo D) e veículo de tecnologia convencional, com condicionador de ar

ligado, realizou-se um teste para verificação de consumo contínuo, no dia 04 de fevereiro de 2016, cujos resultados estão descritos a seguir.

O teste teve início as 11h:25m:00s e foi totalmente finalizado após 13h:28m:20s, sem considerar o tempo de recarga da bateria do automóvel elétrico e o abastecimento do automóvel convencional, ao final do teste. O consumo do veículo elétrico pode ser aferido por meio do medidor e este, foi de 20 kWh. O consumo do veículo convencional pode ser aferido por meio do abastecimento e da distância percorrida, este foi de 7,52 litros de Gasolina C. Considerando somente o percurso, este teve duração de 1h:28m:20s. A distância total percorrida foi de 61,9 km.

Os veículos utilizados para realização do teste foram o Nissan Leaf e o Nissan Sentra. Os dois veículos tiveram, bateria e tanque de combustível, completamente carregados, antes e após o teste. Para levantamento de dados, utilizou-se, além do formulário elaborado especificamente para o teste, dois equipamentos de GPS (Gamim NUVI 2415). Em ambos os veículos, além do motorista, houve também a participação de um carona, a fim de fazer todas as anotações necessárias.

Quanto ao percurso, este se iniciou próximo ao prédio da reitoria, no cruzamento da Rua Paulo Emídio Barbosa com a Rua Hélio de Almeida, passando pela Rua Pascoal Lemme, Av. Pedro Camon e Av. Horácio de Macedo, até encontrar com a Rua Hélio de Almeida e portanto, o ponto inicial. A distância de uma volta no percurso é de 2,6 km (Figura 14).

Os dois veículos partiram da posição inicial percorrendo o mesmo trajeto em uma velocidade média próxima a 40 km/h. A cada cinco volta, fez uma alternância do carro que estava à frente no teste. Os condicionadores de ar de ambos os carros estavam ligados e ajustados em 20° C com máxima ventilação. O teste terminou quando o painel do Nissan Leaf acusou o fim de sua autonomia (bateria descarregada). Com o auxílio do GPS verificou-se a velocidade média dos veículos. Para cada veículo, fez-se o levantamento de dados específicos (Tabela 10).

Tabela 10: Dados levantados no teste do veículo elétrico.

Número Voltas	Valores por Volta						Tempo Transcorrido da Volta [km]	Temperatura de Estimada [°C]	Distância Real [km]
	Distância Leaf[km]	Tempo [hh:mm:ss]	Tempo [hh:mm:]	Distância Leaf[km]	Distância [km]	Velocidade [km/h]			
0	95	0	0	0	28	00:00:00	00:00:00	0,00	
1	91	4	2,58	1,42	28	00:04:09	00:04:09	37,30	
2	86	5	2,58	2,42	28	00:07:21	00:03:12	48,38	
3	83	3	2,58	0,42	28	00:10:56	00:03:35	43,20	
4	80	3	2,58	0,42	28	00:14:54	00:03:58	39,03	
5	77	3	2,58	0,42	28	00:18:23	00:03:29	44,44	

6	73	4	2,58	1,42	28	00:22:19	00:03:56	39,36
7	70	3	2,58	0,42	28	00:26:05	00:03:46	41,10
8	64	6	2,58	3,42	29	00:30:49	00:04:44	32,70
9	62	2	2,58	-0,58	29	00:35:22	00:04:33	34,02
10	61	1	2,58	-1,58	29	00:39:55	00:04:33	34,02
11	54	7	2,58	4,42	29	00:43:30	00:03:35	43,20
12	49	5	2,58	2,42	30	00:47:23	00:03:53	39,86
13	45	4	2,58	1,42	30	00:51:19	00:03:56	39,36
14	41	4	2,58	1,42	30	00:54:41	00:03:22	45,98
15	34	7	2,58	4,42	30	00:58:13	00:03:32	43,81
16	28	6	2,58	3,42	30	01:01:53	00:03:40	42,22
17	23	5	2,58	2,42	30	01:05:11	00:03:18	46,91

**Valores por Volta**

Número	Distância	Tempo	Tempo	Distância	Distância	Temperatura	de Estimada	Transcorrido	da Volta	Estimada a
Real	Erro	Velocidade	[°C]							
Voltas	Leaf[km]	[hh:mm:ss]	[hh:mm:	Leaf[km]	[km] ss]	[km]	[km/h]			
18	20	3	2,58	0,42	30	01:08:34	00:03:23	45,75		
19	16	4	2,58	1,42	30	01:11:58	00:03:24	45,53		
20	13	3	2,58	0,42	30	01:15:20	00:03:22	45,98		
21	10	3	2,58	0,42	31	01:18:44	00:03:24	45,53		
22	7	3	2,58	0,42	31	01:21:53	00:03:09	49,14		
23	5	2	2,58	-0,58	31	01:25:12	00:03:19	46,67		
24	0	5	2,58	2,42	31	01:28:20	00:03:08	49,40		

**Fonte:** Elaboração Própria

Em relação à estimativa de autonomia apresentadas no painel do Nissan Leaf (Figura 15) com a distância realmente percorrida, verificou-se uma discrepância entre os dados apurados conforme Figura 18.

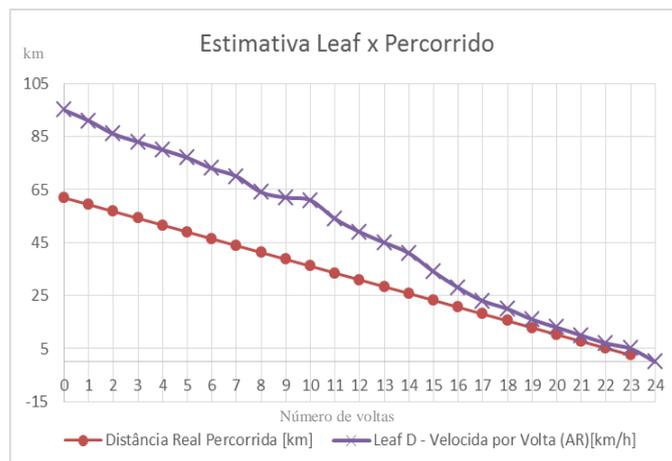


Figura 18: Distância estimada pelo Leaf e a distância real do percurso.

Para o veículo convencional os dados levantados estão descritos na Tabela 11.

Tabela 11: Dados levantados no teste do veículo convencional.

Tempo		Valores por Volta		
Voltas	Transcorrido [hh:mm:ss]	Tempo da Volta [hh:mm:ss]	Distância Real [km]	Velocidade por Volta [km/h]
1	00:04:03	00:04:03	2,58	38,22
2	00:07:23	00:03:20	2,58	46,44
3	00:11:02	00:03:39	2,58	42,41
4	00:14:46	00:03:44	2,58	41,46
Tempo		Valores por Volta		
Voltas	Transcorrido [hh:mm:ss]	Tempo da Volta [hh:mm:ss]	Distância Real [km]	Velocidade por Volta [km/h]
5	00:18:12	00:03:26	2,58	45,09
6	00:22:00	00:03:48	2,58	40,74
7	00:25:47	00:03:47	2,58	40,92
8	00:30:23	00:04:36	2,58	33,65
9	00:34:53	00:04:30	2,58	34,40
10	00:39:28	00:04:35	2,58	33,77
11	00:43:30	00:04:02	2,58	38,38
12	00:47:22	00:03:52	2,58	40,03
13	00:51:01	00:03:39	2,58	42,41
14	00:54:26	00:03:25	2,58	45,31
15	00:57:57	00:03:31	2,58	44,02

16	01:01:20	00:03:23	2,58	45,75
17	01:04:53	00:03:33	2,58	43,61
18	01:08:15	00:03:22	2,58	45,98
19	01:11:33	00:03:18	2,58	46,91
20	01:14:56	00:03:23	2,58	45,75
21	01:18:25	00:03:29	2,58	44,44
22	01:21:40	00:03:15	2,58	47,63
23	01:24:58	00:03:18	2,58	46,91
24	01:28:01	00:03:03	2,58	50,75

Fonte: Elaboração Própria

A Figura 19 demonstra a consistência dos dados através da velocidade média desempenhada por cada um dos carros, em cada uma das voltas. Verifica-se pequena discrepância, com exceção das medidas apuradas na volta 11, que pode ter sido causada por tráfego distinto enfrentado pelos veículos.

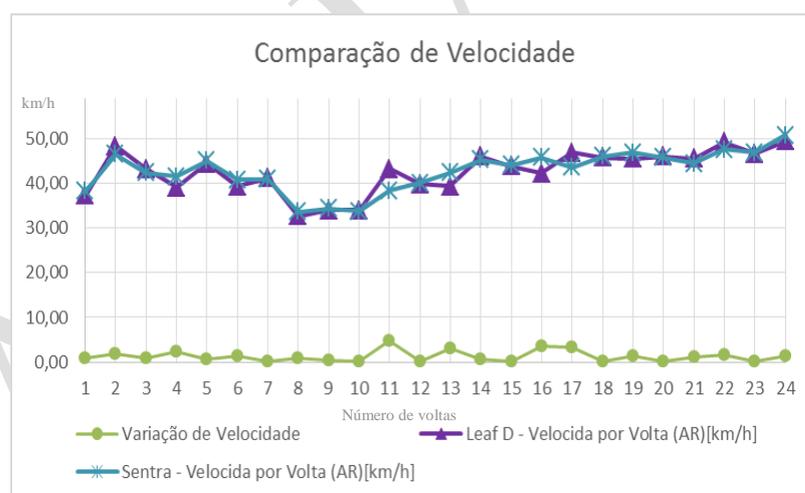


Figura 19: Comparação entre a velocidade dos dois veículos.

Levando em consideração que cada litro de gasolina corresponde a 7,75 kWh (Farjoun, 2015) a tabela 12 é apresentada.

Tabela 12: Comparação entre Nissan Leaf e Nissan Sentra

Veículo	Distância Percorrida [km]	Consumo Percurso		Distância por Consumo		Tanque Cheio		Autonomia (Tanque Cheio) [km]
		[L]	[kWh]	[km/L]	[km/kWh]	[L]	[kWh]	
<b>Nissan Leaf</b>	61,92	2,58	20,00	23,99	3,10	3,10	24,00	74,30
<b>Nissan Sentra</b>	61,92	7,52	56,55	8,23	1,09	54,90	425,48	452,05

Fonte: Elaboração Própria

Com base no teste comparativo de consumo energético entre o veículo abastecido por energia elétrica (tecnologia alternativa) e o veículo abastecido por gasolina (tecnologia convencional), apresentado na tabela 12, foi possível obter a eficiência nos estágios de conversão de energia elétrica em mecânica e a proporção da capacidade de armazenamento de energia dos veículos. Essas duas constantes multiplicadas representam a diferença de autonomia dos automóveis (Tabela 13).

Tabela 13: Proporção entre valores do Nissan Leaf e Nissan Sentra

<b>Proporção</b>	<b>Eficiência de Conversão Energética</b>	<b>Proporção de armazenamento (Tanque)</b>	<b>Proporção de autonomia</b>
<b>Sentra x Leaf</b>	0,3432	17,7281	6,0838

Fonte: Elaboração Própria

### 5.3.3 Teste de consumo contínuo, com o condicionador de ar desligado - modo Eco

Para ratificação do teste comparativo de consumo energético entre o veículo de tecnologia alternativa (modo Eco) e veículo de tecnologia convencional, com condicionador de ar ligado, realizou-se um teste para verificação de consumo contínuo, somente para o veículo elétrico, no dia 13 de janeiro de 2016, cujos resultados estão descritos a seguir.

O teste teve início às 10h:30m:00s e foi totalmente finalizado após 13h:55m:35s, sem considerar o tempo de recarga da bateria do automóvel elétrico e o abastecimento do automóvel convencional, ao final do teste. O consumo do veículo elétrico pode ser aferido por meio do medidor e este, foi de 21 kWh. A distância total percorrida foi de 74 km.

O veículo utilizado para realização do teste foi o Nissan Leaf, com bateria completamente carregada, antes e após o teste. Para levantamento de dados, utilizou-se, além do formulário elaborado especificamente para o teste, dois equipamentos de GPS (Gamim NUVI 2415). Além do motorista, houve também a participação de um carona, a fim de fazer todas as anotações necessárias.

Quanto ao percurso, este se iniciou próximo ao prédio da reitoria, no cruzamento da Rua Paulo Emídio Barbosa com a Rua Hélio de Almeida, passando pela Rua Pascoal Lemme, Av. Pedro Camon e Av. Horácio de Macedo, até encontrar com a Rua Hélio de Almeida e portanto, o ponto inicial. A distância de uma volta no percurso é de 2,6 km (Figura 14).

O veículo partiu da posição inicial percorrendo o mesmo trajeto em uma velocidade média próxima a 40 km/h. O condicionador de ar estava desligado. O teste terminou quando o painel do Nissan Leaf acusou o fim de sua autonomia (bateria descarregada). Com o auxílio do GPS verificou-se a velocidade média do veículo, sendo assim levantou-se dados específicos para este veículo (Tabela 14).

Tabela 14: Dados obtidos para o veículo elétrico Nissan Leaf – Modo ECO

Valores por Volta

Número de Erro	Distância Estimada Leaf[km]	Tempo Transcorrido [hh:mm:ss]	Tempo da Volta [hh:mm:ss]	Distância Estimada Leaf[km]	Distância [km]	Distância Real [km]	Velocidade [km/h]	Temperatura [°C]	Voltas
0	135	00:00:00	00:00:00	0	0	0	0,00		26
1	131	00:05:00	00:05:00	4	2,58	1,42	30,96		26
2	122	00:09:36	00:04:36	9	2,58	6,42	33,65		26
3	112	00:13:41	00:04:05	10	2,58	7,42	37,91		26
4	104	00:17:52	00:04:11	8	2,58	5,42	37,00		26
5	97	00:22:08	00:04:16	7	2,58	4,42	36,28		26
6	88	00:26:04	00:03:56	9	2,58	6,42	39,36		26
7	83	00:30:06	00:04:02	5	2,58	2,42	38,38		26
8	77	00:34:20	00:04:14	6	2,58	3,42	36,57		26
9	71	00:38:18	00:03:58	6	2,58	3,42	39,03		26
10	65	00:42:09	00:03:51	6	2,58	3,42	40,21		26
11	59	00:45:51	00:03:42	6	2,58	3,42	41,84		26
12	54	00:49:52	00:04:01	5	2,58	2,42	38,54		26
13	51	00:54:07	00:04:15	3	2,58	0,42	36,42		26
14	48	00:58:01	00:03:54	3	2,58	0,42	39,69		26
15	43	01:01:43	00:03:42	5	2,58	2,42	41,84		26

Valores por Volta

Número de Erro	Distância Estimada Leaf[km]	Tempo Transcorrido [hh:mm:ss]	Tempo da Volta [hh:mm:ss]	Distância Estimada Leaf[km]	Distância [km]	Distância Real [km]	Velocidade [km/h]	Temperatura [°C]	Voltas
16	39	01:05:43	00:04:00	4	2,58	1,42	38,70		26
17	34	01:09:31	00:03:48	5	2,58	2,42	40,74		26
18	30	01:13:12	00:03:41	4	2,58	1,42	42,03		26
19	26	01:17:00	00:03:48	4	2,58	1,42	40,74		26
20	23	01:20:51	00:03:51	3	2,58	0,42	40,21		27
21	19	01:24:51	00:04:00	4	2,58	1,42	38,70		27
22	16	01:29:21	00:04:30	3	2,58	0,42	34,40		27
23	12	01:33:23	00:04:02	4	2,58	1,42	38,38		27
24	9	01:36:56	00:03:33	3	2,58	0,42	43,61		27

25	8	01:40:37	00:03:41	1	2,58	-1,58	42,03	27
26	7	01:44:35	00:03:58	1	2,58	-1,58	39,03	27
27	6	01:48:24	00:03:49	1	2,58	-1,58	40,56	27
28	5	01:51:54	00:03:30	1	2,58	-1,58	44,23	27
29	0	01:55:35	00:03:41	5	2,58	2,42	42,03	27

Fonte: Elaboração Própria

Em relação à estimativa de autonomia apresentadas no painel do Nissan Leaf (Figura 15) com a distância realmente percorrida, verificou-se uma discrepância entre os dados apurados no painel do Nissan Leaf, com o que, de fato foi realizado (Figura 20).

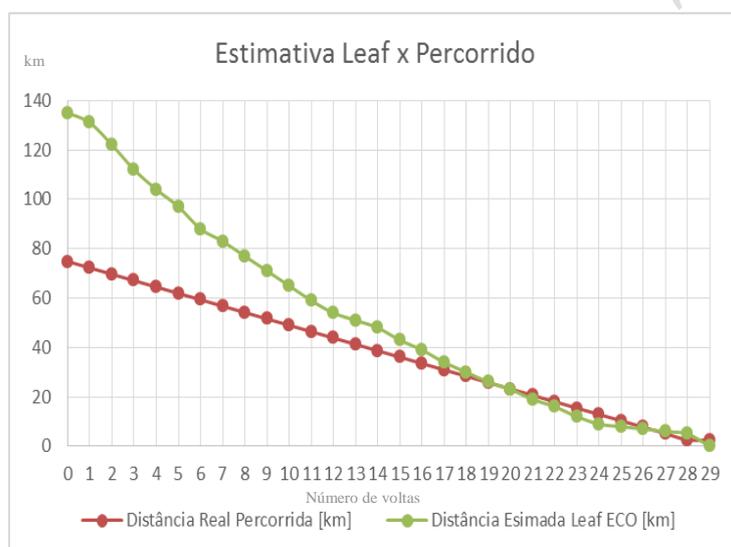


Figura 20: Distância estimada pelo Leaf e a distância real do percurso.

### 5.3.4 Teste de carregamento do veículo elétrico e abastecimento do veículo convencional

O veículo convencional teve seu tanque de combustível plenamente abastecido antes e após a realização de todos os testes. Além disso, foi feita a anotação do hodômetro e a contabilização da distância do local de abastecimento até o local da realização dos testes. Quanto ao combustível, utilizou-se a gasolina, para todos os testes.

Quanto ao veículo elétrico, para o teste realizado no dia 02/12/15, não foi possível verificar o consumo de energia em função da inexistência do medidor exclusivo para obtenção desses dados. Sendo assim, optou-se por adotar uma medida de consumo conservadora, assumindo um consumo de 20 kWh, após 05h:45m:00s de carregamento.

Considerando o segundo e o terceiro testes, realizados no dia 13/01/16 e 04/02/016, foi possível fazer a medição por meio da utilização de um medidor exclusivo para o carregamento do veículo elétrico. Sendo assim, obteve-se o consumo de 20 kWh e 21 kWh, respectivamente. No entanto, em função de regras operacionais da garagem onde o veículo é carregado, não foi possível registrar o horário final dos carregamentos. Sendo assim, estimou-se que estes tenham sido em torno de 6 horas cada.

#### 5.4 Análise dos resultados

A partir da análise dos resultados dos testes preliminares, considerando o veículo de tecnologia alternativa (Nissan Leaf) e o veículo de tecnologia convencional (Nissan Sentra), como o condicionador de ar desligado, verificou-se que o rendimento do veículo Nissan Sentra, dado em km/kwh, corresponde a cerca de 18% do Nissan Leaf. No entanto, se comparada às autonomias dos dois veículos (Nissan Sentra e Nissan Leaf), verifica-se que o Nissan Sentra possui uma autonomia 4,3 vezes maior que a do Nissan Leaf.

Considerando o veículo de tecnologia alternativa (Nissan Leaf) e o veículo de tecnologia convencional (Nissan Sentra), como o condicionador de ar ligado, verificou-se que o rendimento do veículo Nissan Sentra, dado em km/kwh, corresponde a cerca de 35% do Nissan Leaf. No entanto, se comparada às autonomias dos dois veículos (Nissan Sentra e Nissan Leaf), verifica-se que o Nissan Sentra possui uma autonomia 6 vezes maior que a do Nissan Leaf.

Quanto ao rendimento dos dois veículos utilizados no teste, verificou-se que o Nissan Leaf apresentou resultados superiores, em todas as condições de teste consideradas, alcançando um resultado aproximadamente 3 vezes maior que o Nissan Sentra, o que demonstra o grande potencial para implantação da tecnologia alternativa.

Quanto à autonomia dos dois veículos utilizados no teste, verificou-se que o Nissan Leaf apresentou resultados inferiores, em todas as condições de teste consideradas, alcançando um resultado inferior em até 6 vezes que o Nissan Sentra, o que demonstra que a utilização da tecnologia alternativa apresenta limitações.

Com base nos resultados preliminares, verifica-se que o Nissan Sentra apresentou melhores resultados de rendimento e autonomia, para a condição do condicionador de ar ligado, no entanto, o teste não é conclusivo, sendo necessário a realização dos outros dois testes já previstos, nas mesmas condições dos já realizados.

Outro ponto importante a ser ressaltado é que os testes do Nissan Sentra, não foram realizados pelo mesmo motorista e isso pode ter influenciado os resultados de rendimento do veículo, em função da prática de direção adotada por cada um deles. Dessa forma, outra prática de baixo carbono, que não foi identificada em nenhum dos estudos considerados neste relatório, mas que poderia ser adotada, na Cidade Universitária da UFRJ, a fim de promover a redução na emissão de GEE, sobretudo o CO<sub>2</sub>, trata-se do *eco-driving* que consiste na utilização de técnicas de direção econômica, ambiental e segura.

Em relação à estimativa de autonomia apresentadas no painel do Nissan Leaf com a distância realmente percorrida, considerando os três testes realizados (02/12/15, 13/01/16 e 04/02/16) verificou-se uma discrepância entre os dados apurados no painel do Nissan Leaf, com o que, de fato, foi realizado (Figura 21).

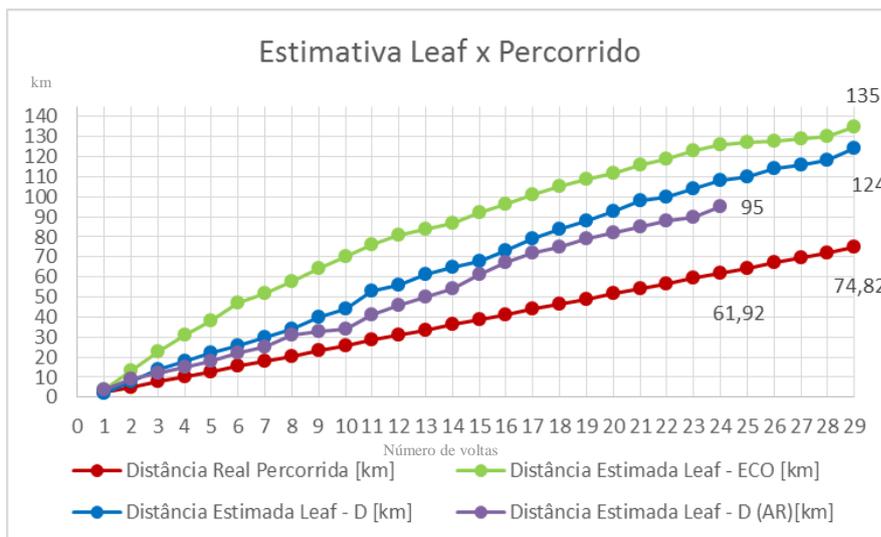


Figura 21: Distância estimado pelo Leaf e a distância real do percurso.

Considerando a utilização do veículo elétrico nos dois modos que se propôs testar (modo D e modo Eco), verificou-se uma discrepância dos valores de distâncias estimados para os valores efetivamente realizados.

No caso específico do veículo com condicionador de desligado, verificou-se que só foi possível percorrer cerca de 60% da distancia estimada para o veículo no modo D. Para o veículo em modo Eco, este percentual foi de 55%.

No caso específico do veículo com condicionador de ar ligado, verificou-se que foi possível percorrer 65% da distancia estimada para o veículo no modo D. Dessa forma, verificou-se uma perda de autonomia de até 33km (aproximadamente 13 voltas no percurso conspirado).

A Figura 22 detalha os erros de estimativa, ou seja, mostra o que o carro estimou que fosse gasto em cada volta, menos o valor realmente gasto. Verifica-se uma inconsistência no valor estimado, o que demonstra que esta estimativa deveria ser aprimorada pelo fabricante do veículo. Dessa forma, o condutor tem sua capacidade de planejamento de viagem limitada.

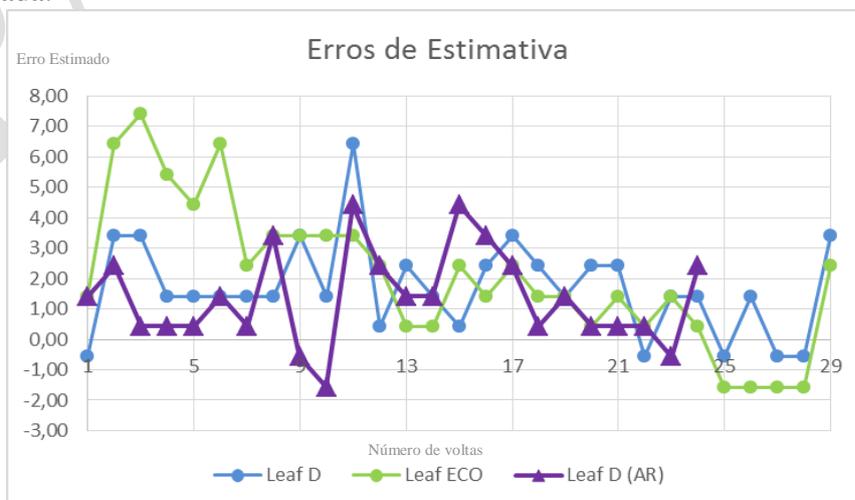


Figura 22: Erros de estimativa do Nissan Leaf para cada teste.

## 6. COMPARTILAMENTO DE VEÍCULOS

A mudança cultural em favor do compartilhamento de bens e serviços é um passo importante na busca da sustentabilidade do campus universitário da UFRJ, sendo assim, com o objetivo de utilizar a Cidade Universitária da UFRJ como laboratório vivo para a implantação de soluções para mobilidade sustentável, foi proposto à Prefeitura do Campus, de forma pioneira, a implantação de sistema de compartilhamento de veículos oficiais (frota cativa), apoiado por um *software* para *smartphones*, capaz de gerenciar, de forma *online*, a demanda dos usuários de veículos da UFRJ.

A iniciativa busca chamar atenção para a importância de se promover a ideia do compartilhamento, seja do veículo em si, seja do espaço dentro dele e permite a quantificação dos ganhos desta nova forma de economia, seja por meio das reduções do número de viagens individuais, do consumo de combustível, da emissão de poluentes atmosféricos ou do tempo nas viagens.

### 6.1 Conceito de economia compartilhada

A *Sharing Economy* vem ganhando impulso em todo mundo e, independente do nome que receba (*collaborative consumption*, *peer-to-peer marketplace*, *peer economy*), essa forma de consumo, com suas inúmeras variações, materializa uma ideia original muito simples: um proprietário disponibiliza a outra pessoa bens que não esteja precisando no momento. O modelo abarca todo tipo de oferta, de apartamentos, carros, bicicletas, desde que haja demanda.

Esse movimento, que está ganhando caráter e força, tem capacidade de transformar os negócios e o modo de uma sociedade consumir e viver, enfatizando a filosofia da redução de gastos e o incentivo a que consumidores passivos passem a ser colaboradores ativos de tecnologias sustentáveis.

No setor de transportes, de acordo com o *World Resources Institute* (2014), nos últimos dez anos, os sistemas de bicicletas compartilhadas têm evoluído a um ritmo impressionante. No começo tratava-se de experiências de mobilidade urbana para integrar as opções de transporte público nas cidades de grande porte e complexidade como Paris e Londres e hoje, o número de sistemas de bicicletas compartilhadas está acima de 600 espalhados em 53 países, localizados em quase todas as regiões do mundo, totalizando aproximadamente 650 mil bicicletas.

O sistema de compartilhamento de carros surgiu na Europa há quase 30 anos. O maior desenvolvimento de operadores aconteceu na Europa e na América do Norte, mas hoje o sistema também existe em outros locais: Japão, Austrália, Nova Zelândia, Singapura, Coreia, China e no Brasil (São Paulo).

Desde que foi implantado, com um conceito basicamente comercial e empresarial, até atualmente, quando é visto como um modal de transporte urbano complementar ao transporte público, o sistema de compartilhamento de carros apresentou um crescimento significativo em vários países. O desenvolvimento das tecnologias, principalmente as de informação, teve impacto nos operadores, pois permitiu seu crescimento e incentivou a adesão de novos clientes (flexibilidade e conveniência).

## 6.2 Compartilhamento da Frota Cativa da UFRJ

O processo para o compartilhamento da frota já possibilitou a utilização, pela Divisão de Transporte da UFRJ, do *software* de agendamento, desenvolvido pela Fundação COPPETEC (sistema CISI), que facilita a solicitação de veículos *online* pelos usuários e permite o registro da quilometragem rodada por veículo.

O desenvolvimento do aplicativo, ora em fase de contratação, está dividido em três partes independentes: (1) um aplicativo de rastreamento de veículos; (2) um sistema de logística de veículos e; (3) um aplicativo para requisição de transporte.

O aplicativo de rastreamento de veículos permitirá a localização e o acompanhamento dos veículos através de dados de GPS e de redes de telefonia móvel e será responsável pelo envio dos dados geográficos para as centrais de controle, em intervalos de tempo regulares, para acompanhamento remoto dos trajetos percorridos pelos veículos da frota da UFRJ.

Além disso, o aplicativo fornecerá informações para os motoristas, tais como o próximo destino e os passageiros que deve buscar (Figura 23). Para o funcionamento adequado do aplicativo, serão disponibilizados os dispositivos móveis (smartphones com o sistema *Android*) com planos de dados adequados para cada motorista ou veículo.

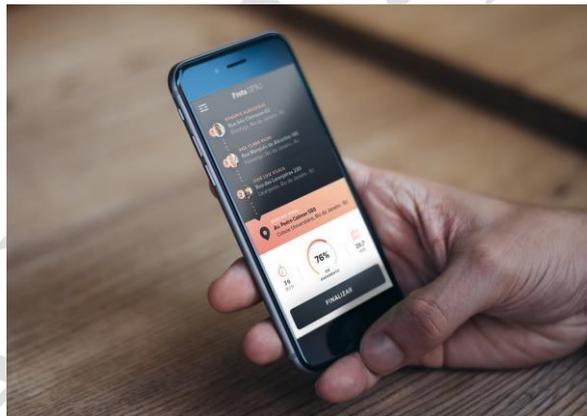


Figura 23: Tela do App de rastreamento.

A lógica do uso dos veículos será integrada com o sistema de agendamento do CISI e encaminhará as ordens de trajetos para os motoristas, baseados nas localizações e disponibilidade de cada veículo. O sistema será capaz de calcular melhores trajetos para aperfeiçoar o uso dos veículos, podendo utilizar um mesmo veículo para transportar pessoas com trajetos similares. A integração deste sistema com o aplicativo de rastreamento de veículos agilizará a comunicação entre o sistema e os motoristas, permitindo seu funcionamento ideal.

O aplicativo de requisição de transporte terá o objetivo de facilitar os pedidos de transporte e diminuir a chance de erros de intermediários no agendamento dos transportes, assim como organizar as regras para realizar um pedido e autenticar os usuários dos veículos para evitar abusos e uso indevido (Figura 24).

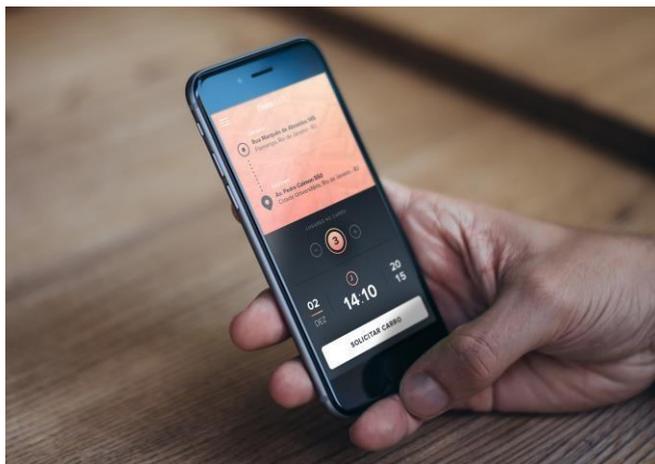
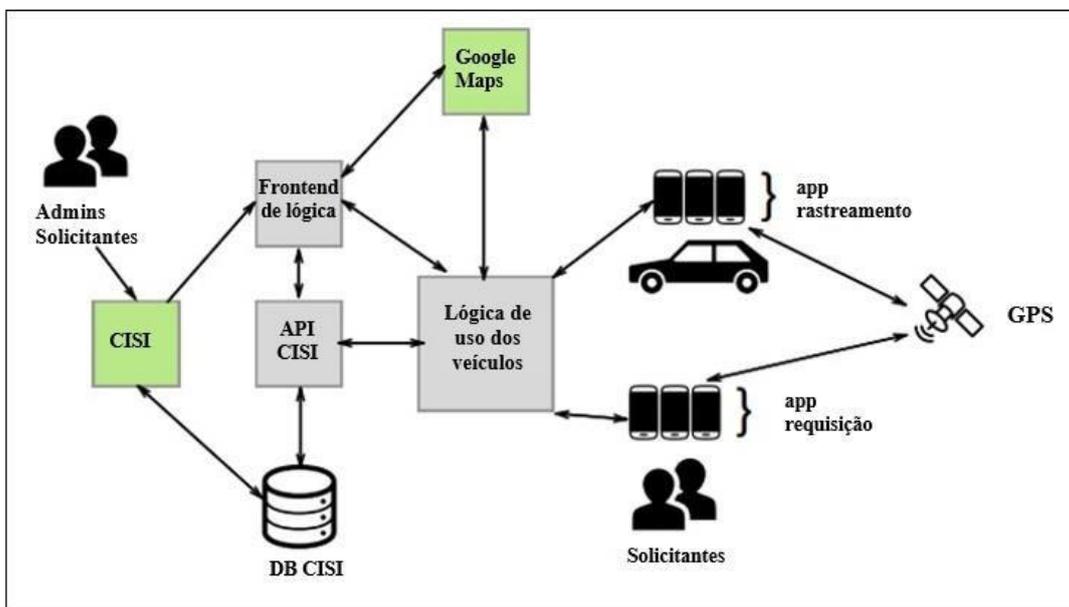


Figura 24: Tela do App de solicitação dos veículos.

A Figura 25 abaixo representa a arquitetura do sistema. Os módulos em cinza representam:

- Sistema de lógica de uso dos veículos: Sistema responsável pelo algoritmo de compartilhamento, relatórios e controle dos aplicativos;
- Frontend de uso da lógica dos veículos: Sistema a ser agregado ao CISI com as funcionalidades extras de compartilhamento, monitoramento e gestão, conforme esquema apresentado na Figura Y1;
- API CISI: API a ser desenvolvida para criar um isolamento à base de dados, de forma a evitar acessos diretos.



Fonte: Elaboração Própria

Figura 25: Arquitetura do sistema

O esquema proposto para monitoramento e gestão, pode ser verificado na figura 26.

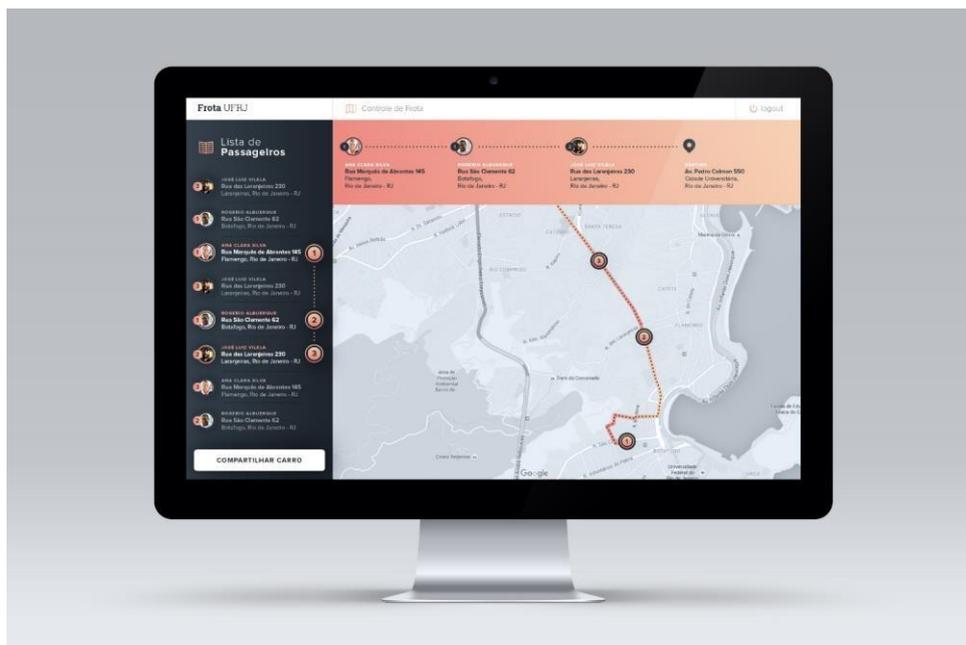


Figura 26: Sistema de gestão de solicitações de compartilhamento e rastreamento de veículos

Para implementação do compartilhamento de veículos, será considerada toda a frota oficial da UFRJ, que se trata dos veículos institucionais e dos veículos de serviços comuns (transporte de servidores e de materiais). Tal frota é composta por 242 veículos, com idade média de oito anos e está distribuída conforme Tabela 15.

Tabela 15: Frota Oficial da UFRJ

Tipo de Veículo	Quantidade de Veículos
Automóvel	99
Comercial Leve	123
Caminhão Leve	05
Caminhão Médio	03
Micro-ônibus	05
Ônibus Rodoviário	04
Ônibus Urbano	03
<b>TOTAL</b>	<b>242</b>

Fonte: Elaboração Própria

### 6.3 Avaliação preliminar da implantação do compartilhamento de veículos

Tendo em vista que o sistema ainda não está em pleno funcionamento, optou-se apresentar neste relatório uma análise de sensibilidade em relação à redução das emissões de CO<sub>2</sub> e à redução do consumo de combustíveis, tomando como base os dados apresentados no Relatório Parcial 1, do Projeto “Laboratório Urbano da Cidade Universitária da UFRJ”, por meio de dois possíveis cenários (Tabela 16).

Tabela 16: Estimativas de redução de das emissões de CO<sub>2</sub>, da redução do consumo de combustíveis.

	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2
Redução do Consumo de Gasolina	30%	50%

Redução das Emissões de CO <sub>2</sub> por redução do Consumo de Gasolina	11%	18%
Redução do Consumo de Diesel	20%	30%
Redução das Emissões de CO <sub>2</sub> por redução do Consumo de Diesel	6%	9%
Redução do Consumo de Álcool	20%	30%
Redução das Emissões de CO <sub>2</sub> por redução do Consumo de Álcool	4%	7%
Redução das Emissões de CO <sub>2</sub>	43.300 Kg CO <sub>2</sub> / mês	68.400 kg CO <sub>2</sub> / mês

**Fonte:** Elaboração Própria

Os dados a serem coletados futuramente, a partir da implantação do compartilhamento da frota cativa da UFRJ permitirão a realização de uma análise de sensibilidade mais efetiva sobre os cenários propostos.

## **7. INCENTIVO AO USO DO TRANSPORTE COLETIVO**

Nesta seção serão apresentados os meios de intervenção para promoção do incentivo ao uso do transporte coletivo.

### **7.1 Programa de mobilidade Fundo Verde – UFRJ**

A Cidade Universitária da UFRJ, concentra hoje, cerca de 85 mil pessoas, entre estudantes, professores, técnicos, prestadores de serviços dentre outros e cerca de 50% dessas pessoas, utilizam o sistema de ônibus interno para se deslocar dentro do Campus (Fundo Verde, 2014).

Os ônibus internos circulam diariamente 24 horas por dia, no entanto, estudos realizados pelo Fundo Verde (2014), demonstram que o horário de almoço apresenta grande demanda, gerada pela necessidade de deslocamento interno, para almoçar e sair do Campus. Além disso, verificou-se também grande demanda nos horários da manhã e do final da tarde, em função das chegadas e saídas da UFRJ.

#### **7.1.1 Levantamento de dados**

O “Programa de Mobilidade Fundo Verde – UFRJ” consiste na circulação interna de uma Van e mais dois veículos elétricos (Jardineiras), com capacidade para 15 e 16 pessoas, respectivamente. A Van foi destinada a suprir a demanda de transporte interno, das 8:00 h as 17:00 h, ligando os principais centros da Cidade Universitária à estação do BRT, considerando também, pontos de saída do Parque Tecnológico (Figura 27).



## 7.2 Sistema de compartilhamento de bicicletas

Por meio dos resultados obtidos na aplicação da pesquisa O/D, realizada em junho de 2014 e cujos resultados foram apresentados no Relatório Parcial, deste Projeto, verificou-se que a divisão modal apontou que pouco menos dos 50% dos entrevistados, utilizam os ônibus convencionais para acesso a Cidade Universitária da UFRJ (chegada e saída) e quanto aos ônibus internos, estes são utilizados por 14,83%, na chegada e 12,38% na saída (Figura 28), para aqueles que utilizam o terminal do BRT.

Os ônibus internos contribuem com a integração do Terminal Rodoviário Aroldo Melodia que se tornou um “hub” intermodal importante para Cidade Universitária.

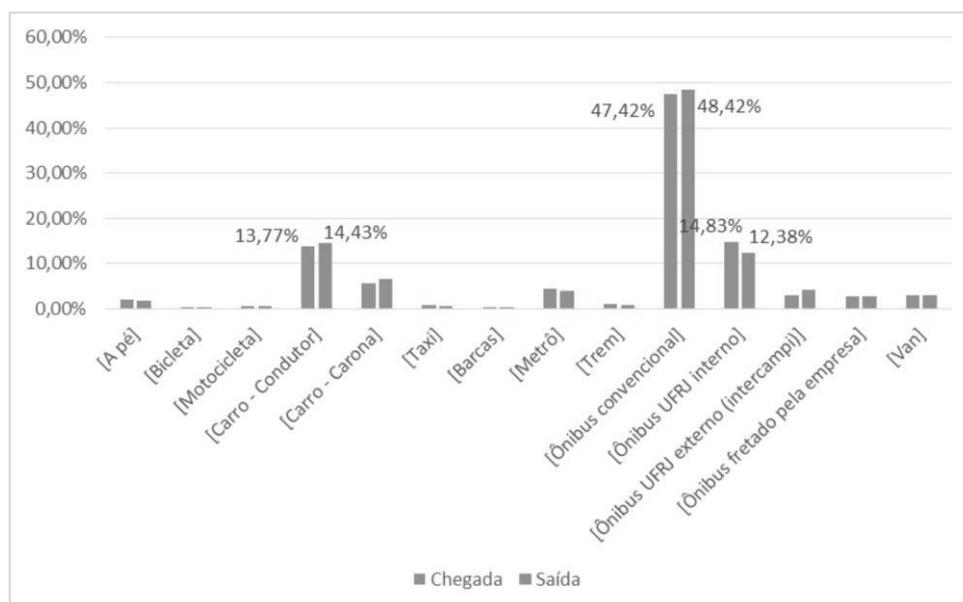


Figura 28: Distribuição modal das viagens dos entrevistados.

Com base no Plano Diretor UFRJ 2020 (2011), considerando o crescimento da comunidade universitária, estima-se que a demanda dos ônibus internos alcançará um número de usuários de 10.804 (na chegada) e 9.052 (na saída), fazendo a integração com BRT ou com os ônibus convencionais.

Tendo em vista que, de segunda à sexta-feira, das 05:45h às 19:00 h os intervalos (*headways*) das 2 linhas principais (Circular 1 e Circular 2), que servem a totalidade das unidades da UFRJ é de 8 minutos e a capacidade dos ônibus utilizados é de 80 passageiros (sentados e em pé) (Fundo Verde, 2014), verificou-se que a capacidade de escoamento dos passageiros, em breve, estará limitada.

Nesse contexto, verifica-se a importância de uma integração com outra modalidade de transporte e a utilização de bicicletas se mostra como uma excelente alternativa, tendo em vista que a Cidade Universitária da UFRJ já possui uma rede de ciclovias e busca se tornar um “Campus Sustentável”.

### 7.2.1 A utilização das bicicletas como opção intermodal na UFRJ

A Cidade Universitária possui já cerca de 8 km de ciclovias (Figura 8) e tal característica é grande facilitadora para implementação de um sistema de compartilhamento de bicicletas.

O projeto de implantação desse sistema apoia-se em um estudo do Instituto de Políticas de Transporte & Desenvolvimento (ITDP, 2014), exclusivamente para a Cidade Universitária UFRJ, que prevê a instalação de 29 estações, sendo 6 estações-tronco (maior demanda por deslocamentos) e 23 estações capilares (menor demanda por deslocamentos), além da aquisição de 400 bicicletas, considerando uma ampliação gradual, conforme o crescimento da demanda.

Por meio da Pesquisa O/D, realizada na Cidade Universitária da UFRJ, no ano de 2014, cujos resultados encontram-se no Relatório Parcial 1 deste Projeto, verificou-se que 63,48% dos entrevistados declararam que utilizariam um sistema de empréstimo de bicicletas gratuito, para a circulação interna do Campus.

O sistema de controle operacional recomendado pelo ITDP é totalmente automatizado, e considera que a bicicleta ficará travada e será liberada através de um sistema de Tecnologia da Informação (TI), que reconhecerá o usuário e verificará a sua habilitação (licença ou passe) para retirar a bicicleta. Em termos operacionais, a implantação de um sistema de gerenciamento do sistema baseado nos *Information Technology Services* (ITS) parece ser o mais indicado (Bordagaraya *et al.*, 2014).

Nesse contexto, o Fundo Verde da UFRJ, em colaboração com a Prefeitura Universitária, neste momento, está providenciando a adoção de *badges* magnéticos a serem distribuídos aos alunos, professores e funcionários da UFRJ, com o qual será possível retirar, (gratuitamente no caso dos alunos) a bicicleta e devolvê-la em outra estação, de acordo com o seu destino final. A distribuição espacial das estações apresenta-se na Figura 13.

### 7.2.2 Avaliação preliminar da implantação do compartilhamento de bicicletas

Tendo em vista que o sistema ainda não está em funcionamento, e que a prática está em fase de implementação, com prazos ainda muito indefinidos, optou-se estimar os resultados de redução de CO<sub>2</sub> a serem alcançados, no entanto, tais estimativas serão apresentadas no Relatório Parcial 3, do projeto “Laboratório Urbano da Cidade Universitária da UFRJ”

## 8. CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DAS PRÁTICAS BAIXO CARBONO

Nesta seção serão apresentados os custos de implantação das práticas monitoradas.

### 8.1 Veículos elétricos

Tendo os dados de autonomia dos veículos, identificou-se o custo de abastecimento\carregamento para cada um dos veículos utilizados no teste, considerando a aquisição de combustível e energia elétrica (Tabela 17). Além disso, realizou-se o levantamento do custo de aquisição dos veículos testados (Tabela 18).

Tabela 17: Custo do combustível / energia elétrica.

Tarifa/Preço	Valor [R\$]
Tarifa de Energia/kWh	0,704

Bandeira Vermelha/kWh	0,045
Gasolina/L	3,790

Fonte: Elaboração Própria

A tarifa de energia já considera os impostos e pode ser verificada no site da Companhia responsável pela distribuição de energia elétrica na Cidade do Rio de Janeiro, Light Serviços de Eletricidade (LIGTH, 2015). Quanto ao custo da bandeira aplicada a cada kWh consumido, esta foi identificada por meio da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que é o órgão regulador do serviço de distribuição elétrica no Brasil (ANEEL, 2015). Para o preço aplicado à gasolina, considerou-se o valor fornecido pela Agência Nacional de Petróleo (ANP), consultada em dezembro de 2015 (ANP, 2015).

Quanto ao preço de aquisição dos veículos, tendo em vista que o Nissan Leaf não é comercializado no Brasil, optou-se por utilizar uma única fonte de consulta para os veículos testados, sendo assim, baseou-se em informações fornecidas pelo *U.S. Department of Energy* (2015), realizada por meio da internet, em dezembro de 2015 (Tabela 12). É importante ressaltar que não foram considerados os impostos relativos à importação dos veículos.

Tabela 18: Valor de aquisição dos veículos testados (ano base 2015).

Veículo	Preço [US\$] <sup>4</sup>	Preço [R\$]
Nissan Leaf	\$32.065,00	R\$ 123.129,60
Nissan Sentra (valor mínimo)	\$16.530,00	R\$ 63.475,20
Nissan Sentra (valor máximo)	\$20.720,00	R\$ 79.564,80

Fonte: Elaboração Própria

Tendo em vista que o ano de fabricação dos veículos testados, é inferior ao ano de fabricação do veículo que serviu de base, para o levantamento do custo de aquisição, adotou-se as seguintes premissas:

As eficiências energéticas identificadas, por meio do teste de campo realizado, são 74% e 53% menor, para o veículo convencional e alternativo, respectivamente, do que as eficiências energéticas verificadas em Nissan (2011), para os veículos testados no modo D, na condição do condicionador de ar desligado.

Adotando como base *U.S. Department of Energy* (2015) houve aumento de eficiência energética, em função do tempo, considerando as duas tecnologias testadas (convencional e alternativa) de 21% para o veículo convencional e 15,8% para o veículo elétrico. Tal premissa foi adotada com base nas informações fornecidas em Nissan (2011), onde foi possível obter as informações de rendimento médio dos veículos do ano de 2010 e 2015 para o Nissan Sentra e de 2011 e 2015 para o Nissan Leaf.

Sendo, assim, com base em todas as informações levantadas, foi possível elaborar seis cenários diferentes, considerando uma quilometragem diária diferente, para cada uma das

<sup>4</sup> Cotação do dólar em 11/12/15 (R\$ 3,84). Valor obtido por meio do site do Banco Central do Brasil.

tecnologias testadas, sendo que para o Nissan Sentra, adotou-se também a possibilidade de aquisição do veículo considerando o valor mínimo e pelo valor máximo, identificados (Figura 24).

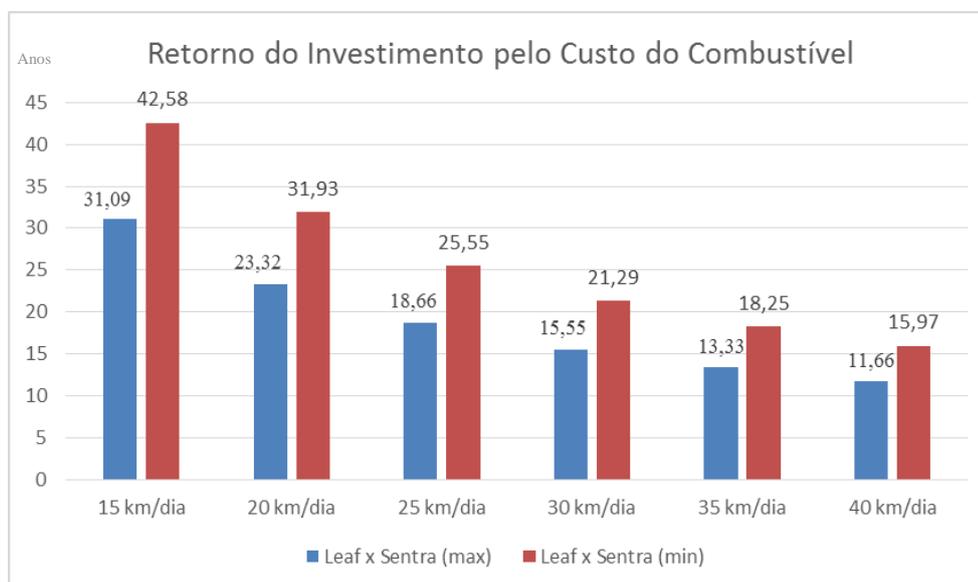


Figura 29: Tempo de retorno com relação ao custo combustível.

Os resultados demonstram que quanto maior a quilometragem diária percorrida pelos veículos, mais rápido o valor pago à maior pela aquisição do veículo elétrico se tornará equivalente ao valor de aquisição do veículo convencional. Isso se levando em conta apenas o valor do combustível, se comprado à energia elétrica. Este resultado pode ser alcançado em aproximadamente 12 anos, se considerado uma quilometragem diária de até 40 km.

Outros benefícios poderiam ser alcançados levando em consideração a manutenção dos veículos, porém não foram levantados para este estudo.

Tendo em vista que os testes ainda não foram finalizados, será considerado para o relatório Parcial 3, as eficiências dos veículos considerando os testes realizados em todas as condições previstas no item 5.2.1 deste relatório.

## 8.2 Compartilhamento de veículos

Até o momento de elaboração deste relatório não foi possível verificar o valor de aquisição do aplicativo e dos aparelhos móveis que se propõe utilizar para implementação do compartilhamento de veículos na UFRJ. Tais informações estarão disponíveis no Relatório Parcial 3, do Projeto “Laboratório Urbano da Cidade Universitária da UFRJ”

## 8.3 Incentivo ao uso do transporte coletivo

Até o momento de elaboração deste relatório não foi possível apurar o valor de aquisição dos veículos já utilizados no programa de apoio à mobilidade intracampus e dos valores de aquisição do sistema de compartilhamento das bicicletas, além das próprias bicicletas, que se propõe utilizar. Tais informações estarão disponíveis no Relatório Parcial 3, do Projeto “Laboratório Urbano da Cidade Universitária da UFRJ”

## 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atendendo os objetivos propostos para este Relatório Parcial 2, descreveu-se as atividades relacionadas à elaboração da plataforma de monitoramento dos indicadores de mobilidade sustentável, na Cidade Universitária da UFRJ, bem como a descrição do início de seu monitoramento.

Adicionalmente, apresentou-se as práticas de baixo carbono que estão sendo adotadas em universidades de todo o mundo, inclusive a UFRJ. Dentre as práticas adotadas na UFRJ, apresentou-se as práticas que poderiam ter o seu desempenho avaliado, por meio a realização de testes de campo (utilização de veículos elétricos) e as práticas que se encontram em fase de implementação (compartilhamento de veículo e incentivo ao uso de transporte público). Além disso, apresentou-se também as outras práticas que já estão implantadas ou que estão em fase de estudos de viabilidade (técnica e econômica) para implementação da Cidade Universitária da UFRJ.

Tendo em vista a disponibilidade de obtenção de dados, optou-se por avaliar a prática que consiste na utilização de tecnologias de baixo carbono, por meio da utilização de veículos elétricos para circulação interna de alunos e funcionários. Além disso, apresentou-se as informações relacionadas às práticas que estão sendo implementadas, tais como: (1) promoção da redução do número de viagens, adotada por meio do compartilhamento de veículos e (2) avaliação do incentivo ao uso de transporte coletivo, adotada por meio da criação de um programa de apoio à mobilidade intracampus e da criação de sistema de compartilhamento de bicicletas.

Os resultados preliminares do teste com o veículo elétrico demonstraram que, em relação ao rendimento dos dois veículos utilizados no teste, o Nissan Leaf apresentou resultados superiores, em todas as condições de teste consideradas, alcançando um resultado aproximadamente 3 vezes maior que o Nissan Sentra, o que demonstra o grande potencial para implantação da tecnologia alternativa.

Quanto a autonomia dos dois veículos utilizados no teste, verificou-se que o Nissan Leaf apresentou resultados inferiores, em todas as condições de teste consideradas, alcançando um resultado aproximadamente 6 vezes menor do que o Nissan Sentra, o que demonstra que a utilização da tecnologia alternativa necessita de aprimoramento.

Ainda considerando o teste com o veículo elétrico, verificou-se também que, o Nissan Sentra apresentou melhores resultados de rendimento e autonomia, para a condição do condicionador de ar ligado e esse resultado pode ser atribuído ao fato dos testes terem sido realizados por motoristas diferentes. No entanto, o teste não é conclusivo, sendo necessário a realização dos outros dois testes, já previstos, nas mesmas condições dos testes realizados.

Mesmo assim, é importante ressaltar que os testes do Nissan Sentra, não foram realizados pelo mesmo motorista e isso pode ter influenciado os resultados de rendimento do veículo, em função da prática de direção adotada por cada um deles. Dessa forma, outra prática de baixo carbono, que não foi identificada em nenhum dos estudos considerados neste relatório, mas que poderia ser adotada, na Cidade Universitária da UFRJ, a fim de

promover a redução na emissão de GEE, sobretudo o CO<sub>2</sub>, trata-se do *eco-driving* que consiste na utilização de técnicas de direção econômica, ambiental e segura.

Em relação aos resultados preliminares para a implementação do compartilhamento de veículos, em função do sistema ainda não estar em pleno funcionamento, apresentou-se uma estimativa da redução das emissões de CO<sub>2</sub> e da redução do consumo de combustíveis, tomando como base os dados apresentados no Relatório Parcial 1 do Projeto “Laboratório Urbano da Cidade Universitária da UFRJ”. Tais estimativas demonstram que é possível alcançar uma redução de até 68.400 kg CO<sub>2</sub>/ mês, na Cidade Universitária da UFRJ.

Em relação aos resultados preliminares para a promoção do incentivo ao uso do transporte público, por meio do programa de apoio à mobilidade intracampus e da criação de sistema de compartilhamento de bicicletas, tendo em vistas que ambos os meios de intervenção, ainda não estão totalmente implementados, optou-se por apresentar os resultados de suas avaliações no Relatório Parcial 3, do Projeto

“Laboratório Urbano da Cidade Universitária da UFRJ”

Quanto aos custos de implantação das práticas de baixo carbono, até o presente momento, só foi possível identificar para a prática que consiste na utilização de veículos elétricos. Com base nas informações levantadas por meio dos testes, foi possível elaborar seis cenários diferentes, considerando uma quilometragem diária diferente, para cada uma das tecnologias testadas.

Os resultados demonstram que, quanto maior a quilometragem diária percorrida pelos veículos, mais rápido o valor pago à maior, pela aquisição do veículo elétrico se tornará equivalente ao valor de aquisição do veículo convencional, somente pelo ganho na aquisição da energia elétrica. Além disso, verificou-se que este resultado pode ser alcançado em aproximadamente 12 anos, se considerado uma quilometragem diária de até 40 km.

Como próximo passo para finalização do Projeto Laboratório Urbano da Cidade Universitária da UFRJ - Fase 1: Mobilidade, tem-se, a avaliação do ciclo de vida da prática monitorada (uso de veículo elétrico), o acompanhamento e o levantamento dos dados e a análise de desempenho de cada uma das práticas selecionadas, em relação ao “*base line*” da Cidade Universitária da UFRJ.

Em seguida, tem-se a o estudo para avaliação da evolução dos valores dos indicadores de mobilidade sustentável da Cidade Universitária da UFRJ estabelecidos na primeira parte do estudo por meio da plataforma de mobilidade sustentável. Além disso, têm-se também a análise de viabilidade de cada uma das práticas estudadas e seu impacto na melhoria de mobilidade da Cidade Universitária. Por fim, tem-se a análise comparativa com as melhores práticas de mobilidade adotadas em outros campi universitários do mundo e a análise do potencial de replicabilidade para outras cidades.

## REFERÊNCIAS

- Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) Disponível em: <[www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo\\_Por\\_Estado\\_Municipio.asp](http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo_Por_Estado_Municipio.asp)>. Acesso em: 05/12/2015.
- Bordagaraya, M.; Fonzoneb, Dell'Olio e L., Ibeasa, A. (2014) Considerations about the analysis of ITS data of bicycle sharing systems. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 162, p. 340–349.
- Carlos J.L. Balsas (2003). Sustainable transportation planning on college campuses. *Transport Policy*, v. 10, p. 35–49.
- Chulalongkorn University. Sustainability at Chulalongkorn University, transport. Disponível em: <<http://www.green.chula.ac.th/#>>. Data do último acesso: 16/15/2015.
- Chulalongkorn University. Sustainability Report 2013-2014. Disponível em: <<http://www.internationalsustainable-campus-network.org/charter-and-guidelines/charter-reports/chulalongkornuniversity/411-chulalongkorn-university-sustainability-report-2013-2014>>. Data do último acesso: 11/12/2015.
- Danaf M.; Abou-Zeid M.; Kaysi, I. (2014). Modeling travel choices of students at a private, urban university: Insights and policy implications. *Case Studies on Transport Policy*, vol. 2, p. 142– 152.
- Davi, Eduardo Gonçalves. O futuro das Estradas de Ferro no Brasil. Rio de Janeiro, 2009.
- De Filippo, G.; Marano V.; Sioshansi, R. (2014). Simulation of an electric transportation system at The Ohio State University. *Applied Energy*, vol. 113, p. 1686–1691.
- Dell'Olio, L.; Bordagaraya, M.; Barredaa, R.; Ibeasa, A. (2014). A methodology to promote sustainable mobility in college campuses. *Transportation Research Procedia*, vol. 3, p.838 – 847.
- Ecole Polytechnique Fédéral de Lousanne. Sustainability EPFL, Green ways of getting around. Disponível em: <<http://developpement-durable.epfl.ch/getting-around>>. Data do último acesso: 16/15/2015.
- Eindhoven University. ISCN-GULF Sustainable Campus Charter Report 2013, p.10. Disponível em: <<http://www.international-sustainable-campus-network.org/membership-directory/240http://www.international-sustainable-campus-network.org/membership-directory/240-eindhoven-university-of-technology/292-eindhoven-university-of-technology>>. Data do último acesso: 07/12/2015.
- ETH Zurich. Sustainability Report 2011 – 2012, p.54. Bratrich, C.; Brem, D.; Bredel, K.; Bretscher, H.; Buchli, A.; Flury, B.; Gotsch, N.; Grant, M.; Hain, R.; Iturrizaga, R.; Kunzler, C.; Marjan, K.; Negovetic, S.; Hugentobler, U.; Niedermann, C.; Poiger, K.; Regel, S.; Seifert, W.; Schubert, R.
- Farjoun, Carlos Mauricio. Litros, metros cúbicos ou megajoules? Disponível em:<<http://www.autoentusiastas.com.br/2015/06/litros-metros-cubicos-ou-megajoules/>>. Acesso em: 04/12/2015.
- Fundo Verde, 2014. 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. Relatório parcial 2 – Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica - Projeto AIT 17.445.
- Fundo Verde, UFRJ (2014). Informativo: mobilidade. Disponível em: <<http://fundoverde.ufrj.br/index.php/pt/publicacoes>>. Data do último acesso: 15/15/2015.
- Guo, L.; Huang, S.; Sadek, A. W. (2013). A novel agent-based transportation model of a university campus with application to quantifying the environmental cost of parking search. *Transportation Research Part A*, vol.50, p. 86–104. Doi: 10.1016/j.tra.2013.01.045.
- Hancock, L.; Nuttman, S. (2014). Engaging higher education institutions in the challenge of sustainability: sustainable transport as a catalyst for action. *Journal of Cleaner Production*, v. 62, p.62-71. Doi: 10.1016/j.jclepro.2013.07.062.
- Harvard University. ISCN-GULF Sustainable Campus Charter Report, 2012, p.12-13. Disponível em: <<http://www.international-sustainable-campus-network.org/charter-and-guidelines/charterreports/harvard-university/227-harvard-university-2012-iscn-gulf-sustainable-campus-charterreport>>. Data do último acesso: 07/12/2015.
- Harvard University. Sustainability Plan, Fiscal Year 2015 – 2020, p. 16 e 37. Disponível em: <<http://green.harvard.edu/news/journaling-sustainability-plan>>. Data do último acesso: 07/12/2015.
- Harvard University. Sustainability Report. Disponível em: <http://report.green.harvard.edu/>. Data do último acesso: 09/10/2015.
- Harvard. Transportation. Disponível em: <http://green.harvard.edu/topics/transportation>>. Data do último acesso: 16/15/2015.

- ITDP (2014) Relatório Sistema de bicicletas compartilhadas para a Cidade Universitária da UFRJ. Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento. Rio de Janeiro.
- Ko, Y. D.; Jang, Y. J.; Lee, M. S. (2015). The optimal economic design of the wireless powered intelligent transportation system using genetic algorithm considering nonlinear cost function. *Computers & Industrial Engineering* (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.cie.2015.04.022>
- Lappeenranta University of Technology. Report on Sustainability 2014, p.24. Disponível em: <http://www.international-sustainable-campus-network.org/membership-directory/252http://www.international-sustainable-campus-network.org/membership-directory/252-lappeenranta-university-of-technology-lut/305-lappeenranta-university-of-technology-lut>. Último acesso: 07/12/2015.
- Lappeenranta University. Green Campus, Electric Transportation. Disponível em: <http://www.lut.fi/web/en/green-campus/green-energy-and-technology/electric-transportation>. Data do último acesso: 16/15/2015.
- Lei Shang J.; Pollet, B. G. (2010). Hydrogen fuel cell hybrid scooter (HFCHS) with plug-in features on Birmingham campus. *international journal of hydrogen energy*, vol. 35, p. 12709 e 12715.
- Li, X.; Tan H.; Rackes, A. (2014). Carbon footprint analysis of student behavior for a sustainable university campus in China. *Journal of Cleaner Production* (2015), p. 1e12.
- Light. Composição da tarifa. Disponível em: [www.light.com.br/para-residencias/SuaConta/composicao-da-tarifa.aspx](http://www.light.com.br/para-residencias/SuaConta/composicao-da-tarifa.aspx). Acesso em: 04/12/2015.
- LIMA, E 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.
- Massachusetts Institute of Technology, 2011. Sustainable Campus Charter Report, p. 11-15. Disponível em: <http://www.international-sustainable-campus-network.org/membership-directory/254massachusetts-institute-of-technology/307-massachusetts-institute-of-technology>. Data do último acesso: 15/12/2015.
- Massachusetts Institute of Technology. Department of Facilities, Commuter Connections. Disponível em: <http://web.mit.edu/facilities/transportation/index.html>. Data do último acesso: 15/12/15.
- Miralles-Guasch, C., E.Domene,(2010). Sustainable Transport challenges in a suburban university: The case of the Autonomous University of Barcelona. *Transport Policy*, v.17, p.454-463. Doi: 10.1016/j.tranpol.2010.04.012.
- National University of Singapore. ISCN–GULF Charter Report, p.14. Disponível em: <http://www.international-sustainable-campus-network.org/membership-directory/257-national-university-of-singapore/310-national-university-of-singapore>. Último acesso: 07/12/2015.
- National University of Singapore. Office of Environmental Sustainability, Transportation. Disponível em: <http://www.nus.edu.sg/oes/prog/transport/transport.html>. Data do último acesso: 04/01/2016.
- Nissan, 2011 Nissan Leaf, My MPG estimates. Disponível em: [www.fueleconomy.gov/feg/Find.do?action=yourMpgVehicle&id=30979](http://www.fueleconomy.gov/feg/Find.do?action=yourMpgVehicle&id=30979). Acesso em: 11/12/2015
- Politecnico de Milano. Citta Studi, Campus Sostenibile, tavolo mobility Disponível em: <http://www.campus-sostenibile.polimi.it/web/tavolo-accessibility/home-mobility>. Data do último acesso: 16/15/2015.
- Politecnico di Milano. Città Studi Campus Sostenibile. Disponível em: <http://www.campus-sostenibile.polimi.it/altri-download1>. Último acesso: 07/12/2015.
- Politecnico di Milano. ISCN-GULF Sustainable Campus Charter Report 2014, p. 15 e 38-39. Disponível em: <http://www.international-sustainable-campus-network.org/charter-and-guidelines/charter-report-politecnico-di-milano/424-politecnico-di-milano-2014-iscn-gulf-sustainable-campus-charter-report>

- campus <http://www.international-sustainable-campus-network.org/charter-and-guidelines/charter-reports/politecnico-di-milano/424-politecnico-di-milano-2014-iscn-gulf-sustainable-campus-charter-report> charter-report>. Último acesso: 07/12/2015.
- Politis, I.; Gavanas, N.; Pitsiana-Latinopoulou, M.; Papaioannou, P.; Basbas, S. (2012). Measuring the level of acceptance for sustainable mobility in universities. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 48, p. 2768 – 2777.
- Rippon, S. (2008). Uct green campus action plan, Compiled for the Properties and Services Department University of Cape Town, p. 21, 27, 29 e 41. Disponível em: <<http://www.internationalsustainable-campus-network.org/membership-directory/283-university-of-cape-town/336university-of-cape-town>>. Data do último acesso: 15/15/2015.
- Rippon, S. (2008). Uct green campus action plan, p.21,27, 29 e 41. Disponível em: <<http://www.international-sustainable-campus-network.org/membership-directory/283university-of-cape-town/336-university-of-cape-town>>. Data do último acesso: 11/12/2015.
- Rotaris, L.; Danielis, R. (2014). The impact of transportation demand management policies on commuting to college facilities: A case study at the University of Trieste, Italy. *Transportation Research Part A*, vol. 67, p. 127–140.
- Rybarczyk, G.; Gallagher, L. (2014). Measuring the potential for bicycling and walking at a metropolitan commuter university. *Journal of Transport Geography*, vol. 39, p.1–10.
- Shell, 2015. Projeto Shell Brasil Petróleo Ltda. Laboratório Urbano da Cidade Universitária da UFRJ - Fase 1: Mobilidade. Relatório parcial 1 – Diagnóstico dos Transportes e indicadores de mobilidade da Cidade Universitária da UFRJ. Disponível em <http://www.ltc.coppe.ufrj.br/images/projetos/relatorio-parcial-shell-31.08.pdf>.
- Shaheen, S. A.; A.P. Cohen; e E. Martin (2010) Carsharing Parking Policy: a Review of North American Practices and San Francisco Bay Area Case study. *Transportation Research Record. Journal of the Transportation Research Board*. No. 2197, p.146-156.
- 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: Mitigation of Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Singhirunusorn, W.; Luesopa, P.; Pansee, J.; Sahachaisaeree, N. (2012). Students' Behavior towards Energy Conservation and Modes of Transportation: A Case Study in Mahasarakham University. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 35, p.764 – 771.
- Stanford University. ISCN-GULF Sustainable Campus Charter Report 2010/2011, p.12-13. Disponível em: <<http://www.international-sustainable-campus-network.org/membership-directory/267><http://www.international-sustainable-campus-network.org/membership-directory/267-stanford-university/320-stanford-university>>. Último acesso: 07/12/2015.
- Stanford University. Sustainable Stanford, Transportation. Disponível em: <<http://sustainable.stanford.edu/transportation>>. Data do último acesso: 16/15/2015.
- Symes, D.; Al-Duri, B.; Dhir, A.; Bujalski, W.; Green, B.; Shields, A.; Lees, M. (2012). Design for onsite Hydrogen Production for Hydrogen Fuel Cell Vehicle Refueling Station at University of Birmingham, U.K.. *Energy Procedia*, vol. 29, p.606 – 615.
- The University of Melbourne. Sustainable Campus, Transport. Disponível em: <<http://sustainablecampus.unimelb.edu.au/key-areas/transport>>. Data do último acesso: 16/12/2015.
- The University of Edinburgh. Transport and Parking. Disponível em: <<http://www.ed.ac.uk/schoolsdepartments/transport>>. Data do último acesso: 04/01/2016.
- The University of Hong Kong. ISCN-GULF Charter Report 2012, p.13. Disponível em: <<http://www.international-sustainable-campus-network.org/membership-directory/274-the-university-of-hong-kong/325-the-university-of-hong-kong>>. Data do último acesso: 07/12/2015.
- The University of Melbourn. ISCN-GULF Sustainable Campus Charter Report 2013, p. 17-18. Disponível em: <<http://www.international-sustainable-campus-network.org/membership-directory/274-the-university-of-hong-kong/325-the-university-of-hong-kong>>. Data do último acesso: 07/12/2015.

- network.org/membership<http://www.international-sustainable-campus-network.org/membership-directory/276-the-university-of-melbourne/327-the-university-of-melbourne>directory/276-the-university-of-melbourne/327-the-university-of-melbourne>. Último acesso: 07/12/2015.
- The University of Western Australia. ISCN-GULF Sustainable Campus Charter Report 2012, p.8. Disponível em: <<http://www.international-sustainable-campus-network.org/membershipdirectory/277-the-university-of-western-australia/347-the-university-of-western-australia>>. Último acesso: 07/12/2015.
- The University of Western Australia. Sustainable Development Plan, p.13-14. Disponível em: <<http://www.international-sustainable-campus-network.org/membership-directory/277-the-university-of-western-australia/347-the-university-of-western-australia>university-of-western-australia/347-the-university-of-western-australia>. Último acesso: 07/12/2015.
- Tolley R. (1996). Green campuses: cutting the environmental cost of commuting. *Journal of Transport Geography*, vol. 4. No. 3, pp. 213-217.
- U.S. Department of Energy. Fuel Economy. Disponível em: <[www.fueleconomy.gov/feg/Find.do?action=sbs&id=30979&id=29590](http://www.fueleconomy.gov/feg/Find.do?action=sbs&id=30979&id=29590)>. Acesso em 11/12/2015.
- Universidade de Campinas. Diretoria de Serviços de Transporte – UNITRANSP. <<http://www.prefeitura.unicamp.br/servicos/diretoria-de-servicos-de-transporte>>. Data do último acesso: 16/15/2015.
- University of Edinburgh. Climate Action Plan – 2012 Update, p. 4. Disponível em: <<http://www.international-sustainable-campus-network.org/membership-directory/284university-of-edinburgh/337-university-of-edinburgh>>. Data do último acesso: 07/12/2015.
- University of Oxford. Environmental Sustainability Report, 2011/2012, p. 8 e 9. Disponível em: <<http://www.international-sustainable-campus-network.org/membership-directory/290university-of-oxford/343-university-of-oxford>>. Data do último acesso: 14/12/2015.
- University of Oxford. Estates Services UAS, Travel. Disponível em: <<http://www.admin.ox.ac.uk/estates/>>. Data do último acesso: 16/15/2015.
- Whalen, K. E.; Páez, A.; Carrasco, J. A. (2013). Mode choice of university students commuting to school and the role of active travel. *Journal of Transport Geography*, vol. 31, p.132–142.
- White, C.; Walker, C.; Rostan-Herbert, D. (2013). ISCN-GULF Sustainable Campus Charter Report, 2013. Disponível em: <<http://www.international-sustainable-campus-network.org/membershipdirectory/276-the-university-of-melbourne/327-the-university-of-melbourne>>. Data do último acesso: 11/12/2015.
- World Resources Institute. (2014). On the move: The swift, global expansion of bicycle-sharing schemes. Em <http://thecityfix.com/blog/on-the-move-swift-global-expansion-bicycle-sharing-schemespeter-midgley/>. Acesso em 22 de fevereiro de 2015.
- Yale. A Plan for Sustainable Transportation at Yale, junho de 2012 (Updated September 1, 2013). Disponível em: <<http://sustainability.yale.edu/planning-progress/sustainability-strategic-plan>>. Data do último acesso: 07/12/2015.
- Yale. ISCN-GULF Sustainable Campus Charter Report 2010-2011, p. 19-20. <<http://www.international-sustainable-campus-network.org/membership-directory/297-yale-university/349-yaleuniversity>>. Data do último acesso: 07/12/2015.
- Yale. Office of Sustainability, setembro de 2010. Sustainability Strategic Plan 2010–2013, p. 9. Disponível em: <<http://sustainability.yale.edu/planning-progress>>. Data do último acesso: 07/12/2015.
- Zhou, J. (2012). Sustainable commute in a car-dominant city: Factors affecting alternative mode choices among university students. *Transportation Research Part A*, vol. 46, p. 1013–1029.