**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA**

RENATO ROMIO

Discussão sobre a utilização dos “fatores de ajuste de consumo de combustível” do Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular em veículos híbridos: estudo de caso com o veículo Toyota Prius

SÃO PAULO

2020

RENATO ROMIO

Discussão sobre a utilização dos “fatores de ajuste de consumo de combustível” do Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular em veículos híbridos: estudo de caso com o veículo Toyota Prius

Versão Corrigida

(Versão original encontra-se na unidade que aloja
o Programa de Pós-graduação)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientadora: Profa. Dra. Dominique Mouette

SÃO PAULO

2020

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

Romio, Renato.

Discussão sobre a utilização dos “fatores de ajuste de consumo de combustível” do programa brasileiro de etiquetagem veicular em veículos híbridos: estudo de caso com o veículo Toyota Prius. / Renato Romio; orientadora: Dominique Mouette. -- São Paulo, 2020.

96 f.: il., 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Energia – Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo.

1. Combustíveis – aspectos econômicos. 2. Eficiência energética.
3. Fontes alternativas de energia. I. Título

Nome: ROMIO, Renato

Título: Discussão sobre a utilização dos “fatores de ajuste de consumo de combustível” do Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular em veículos híbridos: estudo de caso com o veículo Toyota Prius

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof.(^a) Dr(a). _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof.(^a) Dr(a). _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof.(^a) Dr(a). _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof.(^a) Dr(a). _____ Instituição: _____

Presidente: _____ Assinatura: _____

Dedico este trabalho aos meus pais e avós por colocarem a educação como prioridade para seus filhos.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho somente foi possível devido à minha convivência com pesquisadores de dois Centros de Pesquisas em Engenharia criados por iniciativa da FAPESP. Estes centros são o CPE Prof. Urbano Ernesto Stumpf, apoiado conjuntamente pela Peugeot Citroën Automóveis (PSA) e o Research Centre for Gas Innovation (RCGI), que é apoiado conjuntamente pela Shell. Nestes centros é possível destacar os Doutores Pedro Teixeira Lacava, Guenther Carlos Krieger Filho, Waldyr Luiz Ribeiro Gallo, Julio Romano Meneghini, além do Doutor Edmilson Moutinho dos Santos, que foi o professor orientador em parte deste trabalho.

Especial agradecimento deve ser feito ao convívio com o engenheiro Doutor Clayton Barcelos Zabeu, que é um exemplo a ser seguido de amor às ciências.

Agradeço ao Instituto Mauá de Tecnologia que, com sua equipe de colaboradores, permitiu a realização deste trabalho com o devido apoio em atividades experimentais e de incentivo ao trabalho aqui apresentado.

Agradeço à empresa Toyota do Brasil pela cessão do veículo Corolla utilizado nos ensaios realizados neste trabalho.

Deve ser registrado o agradecimento à Doutora Dominique Mouette que foi orientadora do autor na fase de finalização deste trabalho e colaborou muito com a organização do texto e das ideias aqui apresentadas.

Por fim, mas não menos importante, deve ser registrado o apoio total que recebido dos meus familiares que acabaram por conviver comigo de forma limitada em diversos finais de semana e feriados em razão deste trabalho.

Obrigado a todos!

RESUMO

Em análises energéticas dedicadas à temática da Eficiência Energética de Veículos, observa-se na experiência internacional que existem muitos programas de etiquetagem de consumo, economia, eficiência energética e emissão de CO₂. Alguns destes programas, incluindo o Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV), permitem o uso de “fatores de ajuste de consumo de combustível” para adequar os valores encontrados em laboratórios àqueles encontrados durante o uso normal do veículo em vias públicas. Estes fatores são aplicados em veículos híbridos, que utilizam motores de combustão interna (MCI) combinados com motores elétricos, da mesma forma com que são aplicados em veículos convencionais, equipados apenas com MCI. Apesar disso, durante o uso normal, as características de gerenciamento energético de veículos híbridos afetam o consumo de combustível de maneira diferente dos veículos convencionais. Pensando globalmente, mas considerando o mercado brasileiro onde os veículos híbridos flexfuel podem ser uma excelente solução para reduzir as emissões de CO₂ e que as informações do rótulo são usadas pelos consumidores para tomar a decisão de compra, é importante realizar uma breve investigação sobre a necessidade adotar fatores de ajuste específicos para veículos híbridos. Este trabalho contextualiza a prática brasileira em comparação com algumas experiências internacionais na adoção desses “fatores de ajuste” e discute se eles são adequados à aplicação em veículos híbridos da mesma forma que são utilizados em veículos convencionais e onde estariam as eventuais diferenças. Nesse sentido, trata-se de indicar a necessidade de refinamento dos instrumentos de regulação e fiscalização do consumo energético veicular.

Palavras-chave: Consumo de combustível. Economia de combustível. Eficiência energética. Emissões de CO₂. Etiquetagem. Veículos híbridos flex fuel, PBEV.

ABSTRACT

Considering energy analyzes dedicated to the theme of Vehicle Energy Efficiency, it is observed in international experience that there are many programs for consumption labeling, economy, energy efficiency and CO₂ emissions. Some of these programs, including the Brazilian Vehicle Labeling Program (PBEV), allow the use of “fuel consumption adjustment factors” to adjust the values found in laboratories to those found during normal use of the vehicle on public roads. These factors are applied in hybrid vehicles, which use internal combustion engines (MCI) combined with electric motors, in the same way as they are applied in conventional vehicles, equipped only with MCI. Despite this, in normal use, the energy management characteristics of hybrid vehicles affect fuel consumption differently from conventional vehicles. Thinking globally, but considering the Brazilian market, where flexfuel hybrid vehicles can be an excellent solution to reduce CO₂ emissions and where the information on the label is used by consumers to make the purchase decision, it is important to conduct a brief investigation on the need to adopt specific adjustment factors for hybrid vehicles. This work contextualizes the Brazilian practice in comparison with some international experiences in the adoption of these “adjustment factors” and discusses whether they are suitable for application in hybrid vehicles in the same way that they are used in conventional vehicles and where the possible differences would be. In this sense, it is about indicating the need for refinement of the instruments for regulating and inspecting vehicle energy consumption.

Keywords: Fuel economy. Energy efficiency. CO₂ emissions. Labeling. Flexfuel hybrid vehicles. PBEV.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1 – Redução relativa da quantidade de energia nos EUA padronizada pela respectiva unidade de aplicação.....	13
Figura 1-2 - Etiqueta com índice HERS	16
Figura 1-3 – Índice ODYSSEE de eficiência energética na União Europeia	19
Figura 1-4 - Selo CONPET	24
Figura 1-5 - Etiqueta utilizada no PBEV	26
Figura 1-6 - Ensaio em dinamômetro de chassis.	26
Figura 1-7 – Divergência entre medições de CO ₂ em laboratório e durante uso normal.	28
Figura 1-8 - Comparação de valores de emissão de CO ₂	29
Figura 3-1 - Ciclo de condução em dinamômetro FTP 75.....	33
Figura 3-2 - Ciclo de condução em dinamômetro HFET.....	34
Figura 3-3 - Ciclo de condução em dinamômetro SFTP SC03	35
Figura 3-4 - Ciclo de condução em dinamômetro SFTP US06.....	35
Figura 3-5 - Arquitetura básica de um veículo equipado apenas com MCI.....	44
Figura 3-6 - Arquitetura de um veículo puramente elétrico com sistema transmissão diferencial	45
Figura 3-7 - Arquitetura de um veículo puramente elétrico com sistema de transmissão e motores distribuídos nos eixos	45
Figura 3-8 - Arquitetura de um veículo puramente elétrico com motores com acionamento diretamente nos eixos das rodas.....	45
Figura 3-9 - Arquitetura de um veículo puramente elétrico com acionamento do motor diretamente nas rodas	46
Figura 3-10 - Tipos de veículos elétricos e híbridos.....	48
Figura 3-11 - Configuração série	50
Figura 3-12 - Configuração típica paralela ou série-paralela	52
Figura 3-13 - Redução planetária	53
Figura 3-14 - Desenho ilustrativo do sistema de transmissão <i>power-split</i> e-CVT.....	54
Figura 3-15 - Caixa de transmissão do Toyota Prius.....	54
Figura 4-1 - Veículos Toyota Prius e Corolla utilizados nos ensaios	57
Figura 4-2 - Instalação do medidor de vazão no Toyota Prius.....	59
Figura 4-3 - Sistema GPS e medidor de vazão de combustível instalados	59

Figura 4-4 - Compartimento do motor do Prius com as conexões do medidor de vazão	60
Figura 4-5 - Trajeto em vias urbanas adotado	61
Figura 4-6 - Trajeto com aclives e declives adotado	62
Figura 4-7 - Trajeto suburbano (rodoviário)	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 3-1- Características principais dos ciclos adotados pela EPA	36
Tabela 3-2 - Valores do programa <i>YourMPG</i> e medições em laboratório.....	37
Tabela 3-3 - Valores do programa <i>FreedomCAR</i> e medições em laboratório	38
Tabela 3-4 - Valores do informados pela <i>Consumer Reports</i> e medições em laboratório.....	40
Tabela 3-5 - Valores informados pela AAA e medições em laboratório	41
Tabela 3-6 - Quadro resumo dos valores de consumos de combustível.	42
Tabela 4-1 - Características dos veículos ensaiados	58
Tabela 4-2 - Equipamentos utilizados.....	58
Tabela 5-1 - Diferenças entre consumos de combustível em uso normal e laboratório	64
Tabela 5-2 - Resultados dos ensaios comparativos.	65
Tabela 5-3 - – Consumos de combustível – Trajeto urbano – Trânsitos intenso e moderado .	66
Tabela 5-4 – Consumos de combustível – Trajeto urbano – Trânsito Livre	67
Tabela 5-5 - Consumos de combustível – Trajeto aclave - declive.....	68
Tabela 5-6 - Consumos de combustível – Trajeto rodoviário	69
Tabela 5-7 - Cálculos estatísticos - Toyota Corolla.....	69
Tabela 5-8 - Cálculos estatísticos - Toyota Prius	69
Tabela 5-9 - Análise de variância	70
Tabela 5-10 – Comparação entre as médias de consumo dos percursos	70
Tabela 5-11 - Análise de variância com trajetos urbano intenso e rodoviário	71
Tabela 5-12 - Comparação entre os valores de consumos de combustível, fatores de ajuste e diferença de consumo de combustível em relação ao PBEV.....	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAA - American Automobile Association
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
A/C – Sistema de ar condicionado
ADEME - Agence de la Transition Écologique
AEAC – Álcool Etílico Anidro Combustível
AEHC – Álcool Etílico Hidratado Combustível
ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica
ANOVA – Análise de Variância
ARRA - Lei Americana de Recuperação e Reinvestimento
ASHRAE - Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado
AT – Transmissão Automática
AWD - All Wheel Drive ou Tração em Todas as Rodas
BEV - Battery Electric Vehicle ou veículos elétricos a bateria
BTU - British Thermal Unit
CAFE - Corporate Average Fuel Economy
CONPET - Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
CPE – Centro de Pesquisas em Engenharia
CR - Consumer Reports
CSA - *Community Services Administration*
CVT - *Continuously Variable Transmission*
DMS – Diferença Mínima Significativa
DOE - *Department Of Energy*
DSM - *Electric Demand Side Management Programs*
e-CVT – *Electric Continuously Variable Transmission*
EEEF - Fundo Europeu de Energia Eficiente
EEFIG - Grupo de Instituições Financeiras para Eficiência Energética
EERE - Escritório de Eficiência Energética e Renovável
EERS - Padrões de Recursos de Eficiência Energética
EPA ou US EPA - United States Environmental Protection Agency
ESIF - Fundos Europeus de Estruturas e Investimentos

EU - União Europeia

EUA – Estados Unidos da América

FEMP - Federal Energy Management Program

FTP75 - Federal Test Procedure-75

FTP72 - Federal Test Procedure-72

GNV – Gás natural veicular

HERS - Sistemas de classificação de energia doméstica

HEV – Hybrid Electric Vehicle ou Veículo Elétrico Híbrido

HFET ou HWFET - Highway Fuel Economy Test Cycle

HUD - Departamento de Habitação e Desenvolvimento Urbano

ICC - International Code Council

IECC - International Energy Conservation Code

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

LEED - Liderança em energia e design ambiental

MCI – Motor de combustão interna

MHEV – Mild Hybrid Electric Vehicle ou Veículo Elétrico Híbrido Suave

MT – Transmissão Mecânica

NAECA - Appliance Energy Conservation Act

NEDC - Novo Ciclo Europeu de Direção

NHTSA - Administração de Segurança Nacional de Tráfego nas Rodovias

ODEX - ODYSSEE Energy Efficiency Index

ORNL - Oak Ridge National Laboratory

PBEV - Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular

PDA - Assistência a Projetos de Desenvolvimento

P&D - Pesquisa e Desenvolvimento

PHEV - Plug in Hybrid Vehicle ou Veículo Elétrico Híbrido Plug-in

PIB - Produto Interno Bruto

PROÁLCOOL - Programa Nacional do álcool

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

PURPA - Lei de Políticas Reguladoras de Serviços Públicos

RCGI - Research Centre for Gas Innovation

RGR - Reserva Global de Reversão

ROL - Receita Operacional Líquida

SEP - State Energy Program

PF4EE - Instrumentos para Financiamento Privado de Energias Eficientes

SET Plan - Plano Estratégico de Tecnologia de Energia

SFTP-SC03 ou SC03 - Supplemental Federal Test Procedure SC03

SFTP-US06 ou US06 - Supplemental Federal Test Procedure US06

SUV - Sport Utility Vehicle

US\$ - Dólar Americano

WAP - Weatherization Assistance Program

WLTP - Procedimento Mundial de teste de veículos leves harmonizados

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	PROGRAMAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	11
1.2	POLÍTICAS FEDERAIS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA DO NORTE – EUA	12
1.2.1...	Programas e regulamentações criados nos EUA	14
1.2.2...	Pesquisa,Desenvolvimento e Implantação do <i>Department Of Energy</i>	18
1.2.3...	Incentivos fiscais ao aumento da eficiência energética nos EUA	18
1.3	POLÍTICAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA UNIÃO EUROPEIA – EU	19
1.3.1...	Políticas Abrangentes e <i>The Way Forward</i>	20
1.3.2...	Ações sobre Emissões de Gases de Efeito Estufa	20
1.3.3...	Ações Sobre Produtos e Processos	20
1.3.4...	Instrumentos Financeiros	21
1.4	PROGRAMAS E POLÍTICAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL	22
1.5	PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM VEICULAR	24
1.6	DIFERENÇAS ENTRE MEDIÇÕES EM LABORATÓRIO E DURANTE O USO NORMAL	27
1.6.1...	Fatores de ajuste de consumo	29
2	OBJETIVOS	31
2.1	OBJETIVO PRINCIPAL	31
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	31
3	REFERENCIAL TEÓRICO	32
3.1	CICLOS DE ENSAIOS EM LABORATÓRIO FTP75, HFET, FTP75-COLD, SC03 E US06.	32
3.1.1...	Ciclo <i>Federal Test Procedure-75</i>	32
3.1.2...	Ciclo <i>Highway Fuel Economy Test Cycle</i>	33
3.1.3...	Ciclo FTP75 Cold	34
3.1.4...	Ciclo <i>Supplemental Federal Test Procedure SC03</i>	34

3.1.5...	Ciclo <i>Supplemental Federal Test Procedure</i> US06	35
3.1.6...	Comparação entre os Ciclos	36
3.2	FATORES DE AJUSTE DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL	36
3.2.1...	Comparação de consumos de combustível dos veículos híbridos a partir das fontes usadas pela EPA	41
3.3	VEÍCULOS ELÉTRICOS, HÍBRIDOS E CONVENCIONAIS	43
3.3.1...	Veículos elétricos a bateria	44
3.3.2...	Veículos híbridos	46
3.3.3...	Configurações e classificação de veículos híbridos	47
3.3.4...	Veículos híbridos com arquitetura série	49
3.3.5...	Veículos híbridos com arquitetura paralela e série-paralela	51
4	MATERIAIS E PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS	56
4.1	DEFINIÇÃO DE MODELO DE VEÍCULO A SER UTILIZADO NOS ENSAIOS.. 57	
4.2	DEFINIÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO NECESSÁRIA PARA OS ENSAIOS	58
4.3	TRAJETOS ADOTADOS PARA OS ENSAIOS	60
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
6	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	75
	REFERÊNCIAS	78
	ANEXO I – TABELAS DE REGISTROS DE ENSAIOS	84

1 INTRODUÇÃO

Etiquetas padronizadas fixadas em veículos são utilizadas para mostrar ao consumidor algumas informações relacionadas à eficiência energética e ajudam na escolha no momento da compra, sendo, portanto, um dos fatores que influenciam no volume de vendas (YANG, 2015).

Os valores de consumo de combustível mostrados nestas etiquetas são obtidos a partir de ensaios realizados em laboratório com o respectivo modelo de veículo e devem ser próximos dos valores encontrados por consumidores durante a utilização normal, em condições reais de tráfego.

Estes valores são determinados da mesma forma para veículos convencionais, equipados apenas com motores de combustão interna (MCI), e para veículos elétricos híbridos. Isto ocorre, pois busca-se estabelecer condições de similares de ensaios em laboratórios para os dois tipos de propulsão, o que pode levar a valores que não refletem as reais condições encontradas durante a utilização de veículos híbridos.

Considerando que os veículos híbridos apresentam algumas características muito adequadas à redução das emissões de CO₂ e à matriz energética do Brasil, como eficiência energética significativamente maior que veículos convencionais, utilização de baterias com baixa capacidade e baixo custo, além da possibilidade da adequação para utilização de biocombustíveis, o aumento da participação destes veículos no total de vendas é um fator benéfico e a publicação de valores mais próximos daqueles encontrados durante o uso normal pode ser um ponto importante para isso.

Segundo Brunetti et al. (2012b), veículos híbridos podem ser 3 vezes mais eficientes que veículos convencionais equipados apenas com MCI, principalmente em trajetos urbanos, o que é um grande atrativo para o consumidor, além disso, um veículo híbrido operando com etanol se aproveita de uma estrutura já instalada para distribuição deste combustível e utiliza baterias menores se comparadas à veículos totalmente elétricos, o que se torna uma vantagem em relação a outros países e que proporciona preços baixos de venda do veículo se comparado àqueles totalmente elétricos, consequentemente permitindo um volume de vendas maior (WILMINK, 2015).

No Brasil, estas características, tornam o veículo híbrido uma alternativa excelente e de relativamente baixo custo para redução rápida da emissão de CO₂.

Um ponto importante que deve ser destacado é que nas diversas discussões que existem sobre o tema, é possível notar que há muitas formas para se referir à quantidade de combustível consumida por um determinado veículo, assim, de forma a evitar eventuais confusões entre

termos ou expressões que definem isso, este trabalho utiliza a expressão “consumo de combustível” para designar a autonomia mostrada em quilômetros por litro (km/L). Esta expressão foi escolhida, pois é a forma mais comum utilizada no Brasil quando há referência à quantidade de combustível utilizada por um determinado veículo. Outra forma utilizada, principalmente nos Estados Unidos da América (EUA), é a expressão *fuel economy* para indicar a autonomia em milhas por galão (mpg) ou seja, grandezas similares às aquelas encontradas no Brasil. Apesar disso, a tradução da expressão para o Português, poderia gerar confusão, pois a expressão “economia de combustível” pode levar o leitor a uma ideia de comparação em relação à uma referência, o que não seria o caso. Outra opção seria utilizar a expressão consumo de combustível associada com as unidades L/100km, mas esta notação não é comum no Brasil, sendo muito empregada na Europa.

Adicionalmente, deve-se destacar o uso da expressão “uso normal” quando há referência à utilização de veículo em vias públicas, em condições rotineiras de tráfego, pela população usuária de automóveis.

Atualmente, diversos países adotam programas de etiquetagem de veículos leves, que fornecem, por meio de uma etiqueta adesiva fixada no veículo, informações de eficiência energética, consumo ou economia de combustível, ou emissão de CO₂ do respectivo veículo, para que o consumidor conheça melhor o produto que pretende adquirir (MILLER, 2017).

A atenção dedicada ao consumo de combustível dos veículos foi despertada pela necessidade crescente de melhoria da eficiência energética em diversos setores. Estas ações são adotadas em algumas regiões e países, sendo que as mais relevantes à discussão aqui proposta estão implementadas nos EUA, na União Europeia (EU) e no Brasil. Dentre estas políticas, existem aquelas dedicadas aos veículos e que estão mais detalhadas no texto, principalmente em relação ao estabelecimento e utilização dos fatores de ajuste de consumo de combustível para EUA e Brasil, com destaque para o Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV). Estas regiões foram escolhidas, pois a legislação brasileira adota, para veículos leves, ciclos de medição de consumo e fatores de ajuste iguais aos EUA, porém há forte presença de montadoras e tecnologias europeias no país, trazendo influência daquele continente nas discussões sobre o tema.

Os programas para melhoria da eficiência energética de veículos são originados dos programas de melhoria na eficiência no uso de energia, que, por sua vez, estão diretamente relacionados com a crise do petróleo que abalou a maior parte dos países no início da década de 1970 e que também levou à busca pela substituição do petróleo por outras fontes energéticas.

No Brasil, isso pôde ser claramente percebido com a criação do Programa Nacional do álcool - PROÁLCOOL visando a utilização de etanol em automóveis (BRUNETTI, 2012a).

As ações para melhoria de eficiência energética possuem diversas finalidades. Além de promoverem o uso mais eficiente dos recursos energéticos, entre outros pontos, eles também auxiliam na redução das emissões de gases de efeito estufa, ajudam consumidores e países a economizarem recursos e colaboram na geração de empregos, principalmente relacionados ao desenvolvimento de novas tecnologias.

1.1 PROGRAMAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Os programas de eficiência energética são criados com a intenção de desenvolver a utilização racional e eficiente de energia nos seus usos finais. O conjunto destes programas abrange consumidores, equipamentos e os próprios fornecedores de energia, que são fundamentais em um planejamento integrado de recursos. Estes programas podem atuar de diversas formas, gerando, por exemplo, incentivos como descontos tarifários para os consumidores ou incentivos fiscais no caso das empresas.

Em diversas partes do mundo, a participação e aderência a programas de eficiência energética pode possuir um caráter voluntário ou ser mandatório, no Brasil isso também se repete, sendo possível observar programas de participação obrigatória, como por exemplo, o programa de eficiência energética estabelecido pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) onde há a obrigação de que toda empresa do setor elétrico invista 1% do seu faturamento em programas de pesquisa e desenvolvimento (P&D) (BRASIL, 2000).

Além do Brasil, muitos países adotam programas de melhoria da eficiência energética nas mais diversas áreas. A seguir estão elencadas algumas das iniciativas encontradas nos EUA e na EU, não apenas em áreas relacionadas ao consumo energético nos transportes ou de veículos especificamente. O objetivo é mostrar que as iniciativas de eficiência nas mais diversas áreas podem utilizar ferramentas similares para o atingimento das metas estabelecidas e, adicionalmente, permitir a comparação das características gerais de cada ação, tais como as datas para início, prazos, áreas de atuação e a eventual associação com alguma forma de política abrangente. São informações que auxiliam no entendimento das diversas possibilidades de atuação dos programas, permitindo a compreensão das diversas formas das ações adotadas no momento da definição de programas de eficiência energética específicos, como, por exemplo, para veículos. Apesar da existência, em diversas regiões do globo, de muitos programas de eficiência, as regiões dos EUA e da EU são as que influenciam mais acentuadamente o mercado

brasileiro de veículos haja vista que as legislações encontradas no País são baseadas nas normas encontradas nesses locais.

1.2 POLÍTICAS FEDERAIS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA DO NORTE – EUA

As políticas de eficiência energética nos EUA estão separadas em programas, mas também estão intimamente ligadas a criação de órgãos, legislações e comissões dedicadas ao tema. Neste contexto, é possível notar a existência de uma grande integração entre estas ações e, muitas vezes, até sobreposições. Desta forma, é adequado mostrar as várias ações adotadas nos EUA desde os anos 1970, quando, em razão das crises do petróleo, houve a necessidade do incremento da eficiência energética (ALLIANCE TO SAVE ENERGY, 2013).

É claro que não basta apenas estabelecer metas para novos equipamentos, pois existe um prazo para a substituição de equipamentos antigos pelos mais eficientes, que faz parte do *gap* de eficiência (HIRST, 1990).

A Figura 1-1, adaptada de NADEL, 2015, ilustra a redução relativa no consumo energético nos EUA em diversos setores até 2014, tomando como base o ano de 1980.

Figura 1-1 – Redução relativa da quantidade de energia nos EUA padronizada pela respectiva unidade de aplicação

Fonte: NADEL, 2015. Adaptado pelo autor.

Para estabelecimento destas reduções, foram considerados fatores diversos em função de cada setor avaliado, como, por exemplo, consumo energético em relação à quantidade de moradores em residências ou por determinados produtos produzidos em indústrias ou distâncias percorridas em veículos. Considerando isso, é possível notar que os novos veículos de passageiros passaram a consumir 25% menos combustível para a mesma distância percorrida, o uso de energia nas indústrias por unidade de valor produzido foi reduzido em quase 40%, as perdas nos sistemas de transmissão e distribuição de eletricidade foram diminuídas em 25%, o uso de energia nas novas máquinas de lavar roupas residenciais foi diminuído em mais de 70% e o uso de energia por área das residências foi reduzido em cerca de 20% (NADEL, 2015).

Estas reduções também podem ser mostradas como intensidade de energia, que é a relação quantidade de energia consumida em relação ao Produto Interno Bruto (PIB) do país. Se esta

relação for calculada com a utilização da unidade BTU (British Thermal Unit) em relação à moeda nacional, o Dólar Americano é possível observar uma redução de 12,1 BTU/US\$ para 6,1 BTU/US\$. É possível entender melhor essa relação e a respectiva redução observando que nos EUA, entre 1980 e 2014, houve um aumento no consumo energético de 26% enquanto que no mesmo período o aumento no PIB foi de 149%. (NADEL, 2015).

Os próximos capítulos apresentam uma visão geral de algumas das ações adotadas pelos EUA com o objetivo de melhorar a eficiência energética de diversas áreas do país.

1.2.1 Programas e regulamentações criados nos EUA

A seguir estão listadas, de forma breve, algumas ações que vieram para atuar na evolução do assunto de eficiência energética nos EUA:

- Padrões federais para eletrodomésticos ou *Federal Appliance Standards*: estes padrões foram adotados a partir de 1980 visando atingir o mercado de eletrodomésticos. Os programas de melhoria de eficiência energética de eletrodomésticos tiveram início em 1974 na Califórnia e se espalharam pelos estados americanos até 1987, quando houve a adoção de um programa federal (ASAP, 2017).

O programa estabelecido por lei foi o *Appliance Energy Conservation Act* (NAECA) levando à redução de cerca de 3,6% no consumo de energia elétrica nos EUA. O melhor exemplo desta redução de consumo seja, talvez, os refrigeradores, cujo consumo foi reduzido de cerca de 1.800 kWh por ano em 1972 para menos de 500 kWh por ano em 2013, levando ao desenvolvimento de produtos, processos e adoção de inovações. Isso ocorreu ao mesmo tempo em que o tamanho do refrigerador médio continuou a aumentar e sua funcionalidade continuou a melhorar. O mais novo padrão de refrigeradores foi aprovado pelo *Department Of Energy* (DOE) entre 2011 e 2014, levando a economias estimadas em 25% em relação aos produtos da geração anterior (ASAP, 2017).

- Padrões corporativos para média de economia de combustível ou *Corporate Average Fuel Economy Standards* (CAFE): os padrões nacionais para média de economia de combustível dos veículos vendidos pelas diversas corporações fabricantes de automóveis, foram adotados a partir de 1975 com a exigência de dobrar a eficiência dos veículos de passageiros em dez anos. No mesmo sentido, a agência nacional de rodovias e segurança viária dos EUA ou *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA) estabeleceu padrões para caminhões leves. Estes programas aumentaram gradativamente a eficiência dos veículos entre 1975 e 1985, diminuindo pela metade o consumo médio de combustível de aproximadamente 5,74 km/L para 11,69 km/L para veículos de passageiros e de 4,93 km/L para 8,29 km/L para caminhões leves.

Apesar disso, após essa primeira década de inovação, os padrões do CAFE permaneceram basicamente inalterados por quase duas décadas até 2007 (ALLIANCE TO SAVE ENERGY, 2013 / TRB, 2002).

Em 2007, os padrões do CAFE foram elevados em 40% para até 14,88 km/L, ou 35 mpg, até 2020 para carros, SUVs e picapes. Em 2009 essa meta foi adiantada para 2016 com o valor de 15,09 km/L. Em 2012, foi estabelecida uma proposta de 23,17 km/L para 2025. As classificações de consumo de combustível, usadas nos padrões do CAFE e apresentadas como autonomia com a unidade mpg, são baseadas em protocolos de testes de laboratório específicos. Para corrigir a variação entre os resultados do protocolo e o desempenho real na estrada, a EPA desenvolveu e adotou fatores de correção de consumos de combustível.

- Códigos para edifícios residenciais e comerciais ou *Residential and Commercial Building Codes*: estes códigos foram adotados a partir de 1976 e definem regras para projetos de edificações. Desde a década de 1950, ou seja, antes da crise do petróleo, existem códigos para melhoria da eficiência em edificações, que são responsáveis por cerca de 40% do consumo de energia nos EUA. Estes padrões iniciais foram estabelecidos pela Agência de Financiamento Imobiliário e Residencial, um antecessor do Departamento de Habitação e Desenvolvimento Urbano (HUD) dos EUA, em resposta a inadimplências hipotecárias de empréstimos garantidos pelo governo federal em residências com contas de serviços públicos elevados. Já na área comercial, estes padrões foram estabelecidos pela Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado (ASHRAE) após problemas de fornecimento de energia em Nova York em 1970. A primeira norma ASHRAE, a 90.1, para edifícios comerciais foi publicada em 1975, porém somente a partir de norma da EPA de 1992, foi exigido que todos os estados adotassem códigos de energia para edifícios residenciais multifamiliares, comerciais e arranha-céus nos padrões da 90.1 (ENERGY AND ENVIRONMENT GUIDE TO ACTION, 2015).

Houve forte oposição das empresas construtoras quando foi estabelecida a exigência a partir de 1976, porém, em 1994, uma segunda iniciativa, o *International Code Council* (ICC), foi estabelecida como uma “entidade sem fins lucrativos para desenvolver um conjunto único de códigos de construção de modelos nacionais abrangentes e coordenados”, gerando o *International Energy Conservation Code* (IECC), em 1998, que, desde então, é revisado a cada três anos (ENERGY AND ENVIRONMENT GUIDE TO ACTION, 2015).

Atualmente, o IECC e o ASHRAE 90.1 servem como padrão técnico básico para a maioria dos estados e jurisdições para regular o projeto e a construção de novos edifícios. A cada atualização dos padrões IECC e ASHRAE, o DOE fornece determinações sobre os impactos

dos códigos e, às vezes, usa a versão mais recente dos padrões como o código base com o qual cada estado deve cumprir. Complementarmente, também existem sistemas de classificação e certificação de edifícios, como o Sistema de classificação de energia doméstica ou Home Energy Rating System - HERS, que determina os custos anuais de energia utilizada em uma determinada residência e fornecem estas informações por meio de uma etiqueta que mostra um índice com escala que se inicia em zero para residências que não consomem energia e passam pelo índice 100, que é considerado para a casa referência. A etiqueta com a escala deste índice está mostrada na Figura 1-2 (HERS INDEX SCORES – THE LOWER, THE BETTER!, 2019).

Figura 1-2 - Etiqueta com índice HERS

Fonte: HERS INDEX SCORES – THE LOWER, THE BETTER!, 2019. Adaptado pelo autor.

Outro sistema de certificação é o Liderança em energia e design ambiental – Leadership in Energy & Environmental Design - LEED, onde há a atribuição de valores pontuais aos elementos de eficiência energética e fornecem quatro níveis de certificação (LEED, 2021).

- Programas de gerenciamento do lado da demanda elétrica ou *Electric Demand Side Management Programs* (DSM) e encargos de benefícios públicos ou *Public Benefits Charges*, ambos com início em 1978: entre 1975 e 1978 foram estabelecidos programas de gerenciamento da demanda de serviços públicos no qual passaram a ser exigidas auditorias de consumo de energia de clientes residenciais. A busca por programas de DSM de serviços públicos também

foi promovida pela alteração na Lei de Políticas Reguladoras de Serviços Públicos (PURPA) de 1978, criando comissões para pensar em conservação de energia, levando isso em conta no momento da tarifação. Uma característica dos programas da década de 1970 era que eles buscavam fornecer informações sobre a relação custo-benefício da eficiência energética, sem, no entanto, levar a maioria dos consumidores a fazer escolhas de soluções adequadas para melhoria da economia de energia. Isso mudou na década de 1980 quando começou a ser considerada a ação dos consumidores e o planejamento integrado de recursos. Estes planejamentos tiveram início no âmbito estadual a partir de 1975 por meio de sobretaxas ou fundos de crédito para financiar medidas de DSM. Em 1993 ocorreram gastos de aproximadamente US\$ 2 bilhões com programas de DSM, diminuindo no final dos anos 90 com a reestruturação e a desregulamentação dos mercados de energia elétrica nos EUA. Depois disso, houve um novo aumento de dispêndios nos programas e mais recentemente muitos estados adotaram Padrões de Recursos de Eficiência Energética (EERS), que induzem as concessionárias a auxiliarem seus clientes para o atingimento de determinados níveis onde, para adoção destas medidas, as alterações de tarifas foram colocadas em segundo plano. (ASAP, 2017).

- Programa de assistência à climatização ou *Weatherization Assistance Program* (WAP)te): o primeiro programa federal de assistência à climatização foi criado em 1976 sob a supervisão da administração de serviços comunitários dos EUA ou *Community Services Administration* (CSA) com o objetivo de auxiliar famílias de baixa renda a climatizar suas casas. Desde então, houve aumentos consideráveis de eficiência nos sistemas de climatização, principalmente por meio de substituição de equipamentos e melhorias nos bancos de dados disponíveis (ALLIANCE TO SAVE ENERGY, 2013).

- Programa *Energy Star*: o *Energy Star* foi criado em 1992 com o objetivo de identificar os produtos mais eficientes. Esta identificação foi e ainda é realizada nos mais diversos produtos, desde pequenos artefatos até grandes edifícios. O *Energy Star* é um programa de etiquetagem voluntário, executado em conjunto pela EPA e DOE. Um bom exemplo disso é que a classificação de imóveis. Imóveis classificados como Energy Star possuem cerca de 15% mais eficiência se comparado aos demais (ENERGY STAR, 2019).

- Programa federal de gerenciamento de energia ou *Federal Energy Management Program* (FEMP): desde 1973 há um programa para redução do consumo da energia consumida pelo governo federal dos EUA. O governo federal é o maior consumidor de energia dos EUA e o Programa Federal de Gerenciamento de Energia busca reduzir o uso de energia em edifícios e

instalações federais. Isto levou a uma redução entre 1975 e 2013 de cerca de 31% no uso da energia (ASAP, 2017).

- Programas estaduais de energia ou *State Energy Program* (SEP): na mesma direção do governo federal, os governos estaduais criaram, em 1975, programas para aumento da eficiência energética e uso de energias renováveis em edifícios públicos. Paralelamente a isso, o setor privado, também recebeu assistência por meio do SPE. Este programa teve início na década de 1970 e até 2003, conforme estudo do *Oak Ridge National Laboratory* gerou uma economia anual de cerca de US\$ 256 milhões (ASAP, 2017).

1.2.2 Pesquisa, Desenvolvimento e Implantação do *Department Of Energy*

Além dos programas mencionados no capítulo 1.2.1, os EUA criaram o Departamento de Energia ou *Department Of Energy* (DOE) para atuar junto ao desenvolvimento de diversos produtos e programas, mantendo um constante acompanhamento visando a avaliação das atividades desenvolvidas pelos estados e pelo governo federal dos EUA. Para isso, o DOE conta com uma rede de laboratório e pessoal especializado que produzem dados para suportarem as decisões de políticas públicas. Bons exemplos disso são os laboratórios nacionais, como o Laboratório Nacional de Energia Renovável e o Laboratório Nacional Lawrence Berkeley, podem receber partes de seu financiamento do Escritório de Eficiência Energética e Renovável (EERE) do DOE (DOE, 2020).

1.2.3 Incentivos fiscais ao aumento da eficiência energética nos EUA

Ainda, como complemento às ações elencadas anteriormente, conforme ALLIANCE TO SAVE ENERGY (2013), foram criados, a partir de 1977, vários incentivos fiscais para melhoria da eficiência energética. É possível elencar algumas leis ligadas a estes incentivos:

- Lei do Imposto sobre Energia. Esta lei oferecia um crédito fiscal de 15% para a conservação residencial e investimento em energia renovável entre 1977 e 1985.
- Lei de Política Energética. Foi criada em 2005 para incentivar produtores e consumidores na adoção, desenvolvimento e uso de produtos mais eficientes.
- Lei Americana de Recuperação e Reinvestimento (ARRA). Esta lei foi criada em 2009 e é similar à Lei de Política Energética em relação ao objetivo de incentivar produtores e consumidores na adoção, desenvolvimento e uso de produtos mais eficientes. A ARRA modificou e expandiu muitos dos créditos fiscais federais de melhoria de eficiência energética existentes, mas, apesar de que nem todos os incentivos fiscais de eficiência energética tenham sido bem-sucedidos, muitos ajudaram a estimular a transformação do mercado em direção a produtos mais eficientes em termos energéticos, principalmente para eletrodomésticos.

1.3 POLÍTICAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA UNIÃO EUROPEIA – EU

Da mesma forma que nos EUA, a EU adota alguns programas para melhoria da eficiência energética que são inter-relacionados e contam com apoios de outras iniciativas comuns a eles. Da mesma forma é possível notar que muitos destes programas tiveram origem em países, de forma individual, antes de serem integrados como programas continentais. Outro ponto similar foi o incremento da adoção destes programas a partir das crises do petróleo, porém, há programas que surgiram ainda nos anos 1950. A Figura 1-3 mostra os ganhos de eficiência na EU. Nesta figura, o indicador identificado como “Índice 1990-100” refere-se ao *ODYSSEE Energy Efficiency Index* (ODEX) que foi desenvolvido pelo projeto *The Odyssee-Mure* e é utilizado para medir o progresso da eficiência energética por setor. Ele possui o valor 100 na data base que pode ser utilizado para mostrar uma variação percentual. O projeto *The Odyssee-Mure* é realizado pela *Agence de la Transition Écologique* (ADEME) com suporte técnico da Enerdata e Fraunhofer (ODEX, 2019).

Figura 1-3 – Índice ODYSSEE de eficiência energética na União Europeia

Fonte: ODEX, 2019. Adaptado pelo autor.

Segundo Deloitte Conseil (2016), as ações na EU podem ser divididas em algumas áreas de concentração que abrangem políticas públicas relacionadas com metas e obrigações de desempenho de uma forma geral, políticas financeiras e de incentivos econômicos, adoção de novas tecnologias nos produtos e adoção de novos processos de produção.

Os próximos capítulos apresentam uma visão geral de algumas das ações adotadas pela EU com o objetivo de melhorar a eficiência energética de diversos setores da região.

1.3.1 Políticas Abrangentes e *The Way Forward*

Visando estabelecer políticas para promoção da melhoria da eficiência energética em diversos setores, de forma simultânea, foram criadas a Diretiva EED (20/12/27/EU) para estabelecimento de regras e obrigações visando atingimento da meta de eficiência energética em 2020 e a adoção, entre 2007 e 2012, do Plano de Ação para Eficiência Energética, com o objetivo da obtenção de 20% de melhoria de eficiência energética até 2020, considerando-se o consumo energético geral de todos os setores (DIRETIVA 2012/27/EU, 2012)..

Ainda dentro deste conjunto de ações, foi criado o *2030 Framework* para políticas de clima e energia, onde há o estabelecimento da meta de atingir, no mínimo, 27% de fontes renováveis de energia ou o equivalente em economia de energia até 2030 (DIRETIVA 2012/27/EU, 2012).

Complementarmente, foi estabelecido um *roadmap* para a transformação para uma economia de baixo carbono até 2050, onde há o estabelecimento da eficiência energética como foco da política energética na EU, orientando para a criação de um caminho tecnológico para o atingimento de metas.

1.3.2 Ações sobre Emissões de Gases de Efeito Estufa

Com o objetivo de reduzir as emissões de gases de efeito estufa e aumentar a eficiência energética, foi criado o Sistema de Comercialização de Emissões (2003/87/EC) onde há o estabelecimento de um sistema para comercialização de emissões por meio do estabelecimento de preço para as emissões de gases de efeito estufa. Esse sistema de comercialização foi complementado pelo *Effort Sharing Decision* (406/2009/EC) que estabelece metas para emissões de gases de efeito estufa.

Adicionalmente foi lançada a Diretiva de Emissões Industriais (2010/75/EU) com medidas de aumento da eficiência por meio de metas para emissões de gases de efeito estufa em instalações não abrangidas pela *Effort Sharing Decision* (DELOITTE, 2016).

1.3.3 Ações Sobre Produtos e Processos

Visando a atuação sobre os processos de transformação energética na EU, foram estabelecidas a Diretiva de Desempenho Energético de Edifícios (2010/31/EU), com a exigência de certificação de edifícios comerciais para ser “quase zero energia” até final de 2020, a Diretiva para Calor e Geração combinadas (2004/08/EC), com a exigência de avaliação do potencial de aquecimento, resfriamento e cogeração em instalações de geração de energia, além da definição de um Plano Estratégico de Tecnologia de Energia (SET Plan) para apoio à implementação de tecnologias para transição para Sistemas de baixo carbono.

Em relação aos produtos comercializados na EU, foram adotadas diversas legislações.

A Diretiva Sobre Ecodesign de Produtos de Energia (2009/125/EU) e a Diretiva de Etiquetagem de Energia (2002/30/EU), foram criadas com o objetivo de definirem eficiências mínimas para uma variedade de produtos enquanto que a adoção da Regulamentação *Energy Star* (106/2008) estabeleceu regras para etiquetagem voluntária de equipamentos de escritório.

Há, inclusive, uma Regulamentação para Materiais de Construção (305/2011) que visa a melhoria da eficiência energética em obras civis (DELOITTE, 2016).

Na área de veículos, houve a Regulamentação para Etiquetagem de Pneus (1222/2009), que auxilia os consumidores na escolha de modelos mais eficientes e que se junta à Diretiva para Desenvolvimento de Veículos Rodoviários Limpos e Eficientes (2009/33/EC), que estimula a utilização de combustíveis alternativos com tecnologias de menor carbono e veículos limpos eficientes.

1.3.4 Instrumentos Financeiros

Paralelamente às ações abrangentes e sobre produtos e processos, houve o estabelecimento de instrumentos de suporte financeiro para possibilitar a realização dos investimentos necessários às diversas ações. Estes programas incluem o Programa *Horizon 2020* para oferecer suporte financeiro às pesquisas relacionadas com energia, incluindo eficiência energética, tecnologias de baixo carbono, cidades e comunidades inteligentes. A criação dos Instrumentos para Financiamento Privado de Energias Eficientes (PF4EE) para fornecer apoio a projetos para a implementação de planos de ação nacionais de eficiência energética ou outros programas nacionais de eficiência energética, complementado pelo Fundo Europeu de Energia Eficiente (EEEF), que oferece financiamento para projetos de eficiência energética e energia renovável de pequena escala (DELOITTE, 2016).

Além dos projetos mencionados, ainda surgiu a Assistência a Projetos de Desenvolvimento (PDA) mobilizando investimentos em projetos de energia sustentável por meio do preenchimento da lacuna entre planos de energia sustentável e investimento real e, também dos Fundos Europeus de Estruturas e Investimentos (ESIF) com a aplicação de 27 bilhões de euros no apoio à transição para uma economia de baixo carbono.

A gestão do funcionamento destes programas do ponto de vista de que os utiliza, foi facilitada pela criação do Grupo de Instituições Financeiras para Eficiência Energética (EEFIG), que visa fornecer suporte para superar desafios na obtenção de financiamentos de longo prazo para melhoria da eficiência energética.

1.4 PROGRAMAS E POLÍTICAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL

As ações de melhoria da eficiência energética no Brasil e que são adotadas em 2020, têm sua principal origem na Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001 (regulamentada pelo Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001), que também é conhecida como a “Lei de Eficiência Energética”. Esta Lei estabelece o procedimento para a adoção de “níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País”. A Lei prevê, ainda, a evolução dos níveis por meio de programa de metas, específico para cada equipamento (BRASIL, 2001).

A partir da instituição da “Lei de Eficiência Energética”, já foram regulamentados os índices mínimos de eficiência energética para motores elétricos trifásicos, lâmpadas fluorescentes compactas, refrigeradores e congeladores, condicionadores de ar, fogões e fornos a gás, e aquecedores de água a gás. A melhoria da eficiência energética desses equipamentos, considerando-se a etiquetagem e o Selo PROCEL, possibilita uma economia anual estimada em 4 TWh (ELETROBRAS/PROCEL, 2019).

Apesar da “Lei de Eficiência Energética” ser um passo importante para o estabelecimento de ações para melhoria da eficiência energética de muitos produtos, cabe mencionar outras leis e programas que vieram para atuar na evolução do assunto no Brasil e os programas de melhoria de eficiência energética derivados. Um exemplo disso é a Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997 que dispõe sobre a Política Energética Nacional, definindo competências do Estado e que institui o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) com objetivo de promover o aproveitamento racional dos recursos energéticos do País (BRASIL, 1997).

A Lei nº 9.478 também cria a ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) que se junta à ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), criada pela Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, com intuito de regulamentar os setores energéticos de eletricidade e petróleo e gás natural (BRASIL, 1996),

Outro ponto importante na legislação é a criação da Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, que dispõe sobre a realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica. Esta Lei determina a aplicação do montante de 0,5% da receita operacional líquida (ROL) – das concessionárias distribuidoras de energia elétrica em projetos de eficiência energética voltados ao uso final e ainda estabelece os percentuais mínimos para investimento

em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico pelas concessionárias de geração, transmissão e distribuição (BRASIL, 2000).

Desde a publicação da Lei, ocorreram algumas alterações regulatórias e políticas em 2007, 2010, 2015 e 2016, que modificaram a aplicação de investimentos, fator decisivo no alcance dos objetivos energéticos. Uma alteração importante foi a Lei nº 13.280/2016, que modificou a distribuição dos recursos, destinando 20% do total ao Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL (BRASIL, 2016).

O PROCEL foi estabelecido em 1985 e convertido em Programa de Governo por meio de Decreto em 1991. O PROCEL é constituído por diversos subprogramas, com ações principalmente nas áreas de iluminação pública, industrial, saneamento, educação, edificações, prédios públicos, gestão energética municipal, informações, desenvolvimento tecnológico e divulgação.

As ações voltadas ao mercado consumidor, notadamente a Etiquetagem, o Selo e o Prêmio PROCEL, são responsáveis por cerca de 98% dos resultados do Programa (ELETROBRAS/PROCEL, 2019).

O Programa utiliza recursos de entidades internacionais, da empresa de energia elétrica estatal Eletrobrás e da Reserva Global de Reversão - RGR - fundo federal constituído com recursos das concessionárias, proporcionais ao investimento de cada uma.

Outro programa criado pelo governo brasileiro foi o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural – CONPET. O CONPET foi criado em 1991, na forma de um programa do Governo Federal e que tem por objetivo promover o desenvolvimento de uma cultura antidesperdício no uso dos recursos naturais não renováveis no Brasil. Seu principal objetivo é incentivar o uso eficiente destas fontes de energia não renováveis no transporte, nas residências, no comércio, na indústria e na agropecuária. O programa é executado com apoio técnico e administrativo da empresa Petrobras e incentiva o uso eficiente da energia em diversos setores, além de desenvolver ações de educação ambiental (CONPET, 2019).

Ainda dentro deste programa, foi criado o Selo CONPET de Eficiência Energética, mostrado na Figura 1-4, para destacar aqueles produtos que apresentam os melhores desempenhos. Concedido anualmente pela Petrobras, o Selo é um estímulo à fabricação de modelos cada vez mais eficientes.

Figura 1-4 - Selo CONPET

Fonte: CONPET, 2019

1.5 PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM VEICULAR

O Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV) é um programa de melhoria da eficiência energética de veículos, coordenado e regulamentado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). Os trabalhos de planejamento visando o estabelecimento do programa foram iniciados em 2005, a partir da criação de um grupo de trabalho para definição dos procedimentos e cronogramas de implementação. Em 2008, foram iniciadas as atividades de medições e simulações em diversos modelos de veículos visando o início do programa em 2009 (BRANCO, 2010).

O PBEV é aplicado aos veículos leves, definidos como aqueles que possuem massa de até 3.856 kg, movidos a gasolina, etanol, óleo diesel ou gás natural veicular (GNV). Os fabricantes devem informar ao INMETRO os valores de consumo de cada combustível de pelo menos 50% dos modelos que serão comercializados. Os modelos participantes são, então, conceituados de "A", para os mais eficientes, até "E", para os menos eficientes dentro de suas categorias e também em uma classificação chamada "Geral", onde são comparados com todos os modelos participantes (PBEV, 2019).

Este sistema de classificação é um ponto importante, pois um determinado veículo pode apresentar conceito A em sua categoria, mas ainda assim pode ter alto consumo energético se comparado aos veículos de outras categorias. As categorias nas quais os veículos se enquadram estão mostradas a seguir:

- Microcompacto
- Subcompacto
- Compacto
- Médio
- Grande
- Extragrande
- Esportivo
- Picape
- Utilitário esportivo grande
- Utilitário esportivo
- Compacto
- Fora de estrada compacto
- Fora de estrada grande
- Comercial leve
- Minivan
- Carga derivado de veículo de passageiro

Os valores de consumo e os respectivos conceitos são informados nas páginas eletrônicas do INMETRO e do CONPET, além das etiquetas afixadas nos veículos pelos fabricantes participantes, cujo modelo pode ser visto na Figura 1-5.

Assim como encontrado em outros produtos, ao partir dos dados do PBEV, os veículos com os melhores níveis de eficiência recebem o Selo CONPET de Eficiência Energética. Uma característica importante para a obtenção deste Selo é que o veículo deve receber conceito mínimo B em uma classificação e A em outra, que podem ser a Geral e a do modelo específico respectivamente ou vice-versa (PBEV, 2019).

Figura 1-5 - Etiqueta utilizada no PBEV

Fonte: INMETRO, 2015

No PBEV, assim como em outros programas de etiquetagem de veículos leves, existe a necessidade de ensaios em laboratórios, nos quais são realizadas rodagens dos veículos em dinamômetros de chassis, em ciclos de condução normalizados (Figura 1-6).

Figura 1-6 - Ensaio em dinamômetro de chassis.

Fonte: adaptado pelo autor a partir de EPA, 2019

O objetivo destes ensaios é realizar medições que reproduzam as condições de utilização mais próximas daquelas encontradas nas vias nas quais os veículos irão circular. Enquanto o veículo opera segundo o respectivo ciclo de condução, amostras dos gases de escapamento são recolhidas para, após a conclusão do ciclo, serem analisadas para determinação do consumo de combustível a partir da quantidade de carbono presente nos gases de escapamento e no combustível.

1.6 DIFERENÇAS ENTRE MEDIÇÕES EM LABORATÓRIO E DURANTE O USO NORMAL

Devido a fatores como a escolha do ciclo utilizado no laboratório, o cuidado na condução do veículo quando em teste, a utilização de veículos ajustados para fins de testes e a forma de condução de cada motorista durante uso normal do veículo em vias públicas, os resultados laboratoriais não refletem exatamente os valores encontrados pelo usuário do veículo durante a utilização diária.

Diferenças entre os valores geram reclamações e desconfianças dos consumidores dos veículos em relação aos valores de consumos de combustíveis apresentados nas respectivas etiquetas, que são possíveis de visualizar no momento da escolha do veículo (TIETGE, 2019). Isso pode confundir o consumidor e ocasionar a diminuição da confiança no próprio programa de etiquetagem veicular.

Para ilustrar como as diferenças entre os valores laboratoriais e o uso normal podem ser significativas, podemos ver o caso europeu.

Para a determinação das emissões de CO₂ em veículos leves, a União Europeia utilizava, até 2017, apenas o Novo Ciclo Europeu de Direção ou *New European Drive Cycle* (NEDC) como ciclo padronizado para utilização em laboratório. Como a norma europeia nunca adotou correções para ajustar os valores laboratoriais àqueles encontrados durante o uso normal do veículo, surgiram diferenças entre os valores de consumo de combustível mostrados nas etiquetas e aqueles encontrados pelos consumidores durante o uso dos veículos. A não correção destes valores levou a diferenças cada vez maiores entre os encontrados em laboratório e aqueles encontrados durante o uso normal. Isso pode ser visto na Figura 1-7, que mostra um aumento nessa diferença de 8%, em 2001, para aproximadamente 39%, em 2017. Além disso, a diferença média mostrou uma tendência de aceleração com a possibilidade de atingir 50% em 2020 (TIETGE, 2019).

Para essa comparação, foram utilizados dados de consumo de combustível reportados por algumas empresas que utilizam frotas de veículos comerciais, clubes de proprietários de automóveis e valores medidos por revistas especializadas.

Figura 1-7 – Divergência entre medições de CO₂ em laboratório e durante uso normal.

Fonte: adaptado pelo autor a partir de TIETGE, 2019

A fim de reduzir essa divergência, a União Europeia, a partir de setembro de 2017, começou a utilizar um novo ciclo padronizado e, desde o final de 2017 até o final de 2020, as medições também passaram a ser realizadas no ciclo *Worldwide Harmonised Light Vehicles Test Procedure* (WLTP). De acordo com TIETGE (2019), essa alteração diminuirá a diferença em 2020 do valor estimado de 50% para aproximadamente 30%. Note-se, no entanto, que ainda haverá uma diferença significativa.

Segundo TSOKOLIS et al (2016, p. 1161), tomando as medições realizadas em 20 modelos de carros, há um aumento de 14% na emissão de CO₂ no ciclo WLTC em comparação ao NEDC.

A Figura 1-8 mostra Medições de emissões de CO₂ realizadas no ciclo WLTP (especificamente no protocolo *High*) comparadas às medições realizadas no ciclo NEDC para 20 carros de passageiros diferentes, operando com motores ciclo Diesel ou Otto e com transmissões mecânicas (MT) ou automáticas (AT). Os pontos correspondem à mediana de uma

a cinco medidas, enquanto as barras de erro correspondem ao valor mínimo e máximo encontrados em cada realização do respectivo ensaio. As linhas de tendência tracejadas mostram um crescimento de emissões de CO₂ relativa aos veículos de menor consumo de combustível, e uma maior aproximação dos resultados de emissão de CO₂ do NEDC para os veículos com maiores consumos de combustível (TSOKOLIS, 2016).

Ao contrário do ciclo NEDC, o ciclo WLTP demanda maiores acelerações e velocidades médias do veículo testado, e conseqüentemente impõe maiores torques do motor. Isso causa um aumento considerável na energia utilizada no percurso e, conseqüentemente, um aumento significativo no consumo de combustível. Esse ciclo possui características mais próximas não apenas das encontradas atualmente nas estradas em que circulam os veículos, mas também daquelas encontradas no tipo de direção dos automóveis mais modernos, que oferecem maior disponibilidade de potência ao motorista. É possível notar que a mudança de ciclo tem uma influência considerável na determinação dos valores de consumo.

1.6.1 Fatores de ajuste de consumo

Nos EUA, a partir de 2008, visando reduzir a diferença entre os valores de laboratório e aqueles encontrados durante o uso normal do veículo, a *United States Environmental Protection Agency* (EPA) adotou três ciclos de teste adicionais ao dois utilizados até aquele momento para

medição do consumo de combustível. Antes da adoção desses ciclos adicionais, a medição do consumo de combustível era realizada usando apenas os ciclos *Federal Test Procedure-75* (FTP75) e o *Highway Fuel Economy Test Cycle* (HFET) (LIM, 2018).

Com o objetivo de oferecer aos fabricantes uma fase de adaptação ao novo método de 5 ciclos, a EPA criou o método *MPG BASED*, que inicialmente foi adotada como uma opção de transição. Esse método, que deveria ser utilizado por 3 anos, a partir de 2008, e no qual os valores encontrados nos dois ciclos utilizados em laboratório até aquele momento - FTP75 e HFET – poderiam ser corrigidos com a utilização de fatores de ajuste derivados dos valores encontrados no uso normal dos veículos (BRANCO, 2010).

Esses mesmos fatores de ajuste, definidos nos Estados Unidos em 2006, a partir de informações fornecidas por associações de proprietários de veículos, empresas operadoras de frotas, revistas especializadas e medições feitas por usuários de veículos, como é possível ver mais detalhadamente no Capítulo 3.2. e foram adotados no Brasil em 2011 onde permanecem inalterados. Nos Estados Unidos, embora tenham sido adotados provisoriamente desde 2008, ainda são utilizados, com uma atualização mínima, realizada em 2015 para aplicação a partir de 2017. Conforme mostrado em EPA (2015), esta atualização foi realizada com a utilização de dados de ensaios obtidos pela aplicação do Método dos 5 Ciclos e os ajustes são pequenos. Isso indica que o estabelecimento de valores de consumos de combustível utilizando o Método dos 5 Ciclos ou os fatores de ajuste apresentam resultados semelhantes.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO PRINCIPAL

O trabalho tem por objetivo principal discutir, por meio do estudo de caso do veículo Toyota Prius, sobre a adequação dos fatores de ajuste de consumo de combustível, adotados pelo PBEV, como instrumento de valoração do consumo de combustível observado durante o uso normal de veículos híbridos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recapitular o histórico internacional dos instrumentos de regulação e fiscalização que visam promover a Eficiência Energética de Veículos;
- Demonstrar, por meio da experiência internacional, a importância dos programas de etiquetagem de consumo, economia, eficiência energética e emissão de CO₂, incluindo o PBEV;
- Mostrar eventuais inadequações dos fatores de ajuste de consumo de combustível para ajustar os valores encontrados em laboratórios àqueles encontrados durante o uso normal do veículo Toyota Prius, em vias públicas;
- Contextualizar o debate aqui proposto tendo como foco o Toyota Prius, que é o principal modelo de veículo híbrido em circulação nas ruas brasileiras;
- Realizar ensaios de rodagens de veículos híbrido e convencional para gerar informações complementares para o desenvolvimento deste trabalho.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Conforme descrito no capítulo 1.6, os fatores de ajuste de consumo de combustível foram adotados visando diminuir a diferença entre os valores de laboratório e aqueles encontrados durante o uso normal do veículo. Isso é necessário, pois os dois ciclos de condução definidos para utilização em laboratório pela legislação brasileira, não reproduzem todas as condições de rodagem encontradas em vias públicas. Adicionalmente, é possível estabelecer uma boa correlação entre os valores de consumos obtidos com a aplicação dos fatores de correção e aqueles obtidos com a utilização dos 3 ciclos adicionais propostos pela EPA nos EUA (EPA, 2015).

3.1 CICLOS DE ENSAIOS EM LABORATÓRIO FTP75, HFET, FTP75-COLD, SC03 E US06.

Para a compreensão da forma adotada para determinação do consumo de combustível em laboratório, devem ser observadas as características de cada ciclo de condução do veículos sobre o dinamômetro de chassis e, assim, discutir como elas podem influir nos resultados obtidos em medições de consumo, lembrando que os dois ciclos adotados no Brasil para a medição do consumo de combustível são o *Federal Test Procedure-75* (FTP75) e o *Highway Fuel Economy Test Cycle* (HFET) e que nos EUA são adotados os 3 ciclos adicionais *Federal Test Procedure-75 COLD* (FTP75-COLD), *Supplemental Federal Test Procedure SC03* (SFTP-SC03) e *Supplemental Federal Test Procedure US06* (SFTP-US06).

Nos EUA, estes ciclos adicionais, somados aos dois já existentes, constituíram o chamado método EPA 5 Ciclos, que tem como objetivo principal melhorar a representatividade dos testes de laboratório quando comparados às condições encontradas durante o uso normal dos veículos nas vias públicas.

3.1.1 Ciclo *Federal Test Procedure-75*

Os ciclos *Federal Test Procedure-72* (FTP72) e FTP75 são definidos pela EPA como ciclos para a condução de veículos no dinamômetro. O ciclo FTP75 é usado para medições do consumo de combustível e emissões de gases poluentes de escapamento nos EUA e no Brasil, onde está apresentado de forma detalhada na norma ABNT NBR 6601 (ABNT NBR 6601:2012).

O ciclo FTP75 tem origem no FTP72 com a adição de uma terceira fase de 505 segundos, idêntica à primeira, mas iniciada após um desligamento do motor por 10 minutos, com a partida

na condição de o veículo já aquecido. O perfil de velocidade imposto ao veículo durante o ciclo de condução é mostrado graficamente na Figura 3-1.

Figura 3-1 - Ciclo de condução em dinamômetro FTP 75

Fonte: DYNAMOMETER DRIVE SCHEDULES, 2021. Adaptado pelo autor.

As amostras de emissão de gases de escapamento são coletadas e armazenadas em sacos plásticos, separados para cada uma das fases. Após o final do ciclo, eles são analisados. Nos veículos híbridos, a fase estabilizada é repetida com o objetivo de nivelar a carga inicial da bateria.

3.1.2 Ciclo *Highway Fuel Economy Test Cycle*

O ciclo HFET, algumas vezes chamado de HWFET ou ciclo *Highway* ou, ainda, ciclo Estrada, é usado para determinar o consumo de combustível de veículos leves em condições semelhantes às encontradas nas rodovias. O ciclo é realizado duas vezes com uma parada não superior a 17 segundos entre a primeira corrida, que se destina a condicionar o veículo, e o segundo ciclo em que as amostragens são realizadas. Assim como o ciclo FTP75, o ciclo HFET é adotado nos Estados Unidos e no Brasil, onde está apresentado de forma detalhada na norma ABNT NBR 7024 (ABNT NBR 7024:2017).

O perfil de velocidades imposto ao veículo durante o ciclo de condução é mostrado graficamente na Figura 3-2.

Figura 3-2 - Ciclo de condução em dinamômetro HFET

Fonte: DYNAMOMETER DRIVE SCHEDULES, 2021. Adaptado pelo autor.

As amostras de emissão de gases de escapamento são coletadas e armazenadas da mesma forma que no ciclo FTP75 e é utilizado o mesmo procedimento para nivelar a carga inicial da bateria em veículos híbridos.

3.1.3 Ciclo FTP75 Cold

Este ciclo nada mais é do que o FTP75 realizado em temperatura ambiente mais baixa. Enquanto o FTP75 regular é realizado a uma temperatura entre 20°C e 30°C, no FTP75 COLD a temperatura é ajustada em torno de -7°C (20°F). Claramente, essa condição não é representativa da situação encontrada no Brasil e, como será visto mais adiante neste texto, pode afetar consideravelmente o resultado do consumo de combustível medida em veículos híbridos.

3.1.4 Ciclo Supplemental Federal Test Procedure SC03

O ciclo SC03 foi introduzido para representar as condições de carga, consumo de combustível e emissões associadas ao uso do sistema de ar condicionado (A/C) dos veículos. O ciclo é realizado com uma temperatura ambiente de 35°C e o A/C do veículo ligado (EPA, 2019).

O perfil de velocidades imposto ao veículo durante o ciclo de condução é mostrado graficamente na Figura 3-3.

Figura 3-3 - Ciclo de condução em dinamômetro SFTP SC03

Fonte DYNAMOMETER DRIVE SCHEDULES, 2021. Adaptado pelo autor.

3.1.5 Ciclo Supplemental Federal Test Procedure US06

O ciclo US06 foi introduzido para representar as condições de carga, consumo de combustível e emissões associadas ao uso do veículo sob condições agressivas de direção, onde as acelerações e velocidades são maiores e apresenta menos condições de velocidades constantes do que as encontradas no FTP75 (EPA, 2019).

O perfil de velocidades imposto ao veículo durante o ciclo de condução é mostrado graficamente na Figura 3-4.

Figura 3-4 - Ciclo de condução em dinamômetro SFTP US06

Fonte: DYNAMOMETER DRIVE SCHEDULES, 2021. Adaptado pelo autor.

3.1.6 Comparação entre os Ciclos

Os ciclos apresentados possuem diferentes características que têm como objetivo representar as diversas situações encontradas durante o uso normal dos veículos. A Tabela 3-1 apresenta a comparação das principais características de cada ciclo.

Tabela 3-1- Características principais dos ciclos adotados pela EPA

Características dos Ciclos de Teste	Ciclos de Teste				
	FTP-75	HFET	SFTP-US06	SFTP-US03	FTP75 Cold
Características do percurso simulado	Baixas velocidades em anda e para de tráfego urbano	Tráfego livre em velocidades de rodovias	Altas velocidades, acelerações e frenagens	Uso do A/C em condições de ambiente aquecido	Ciclo urbano com baixa temperatura
Velocidade máxima	90,2 km/h	96,6 km/h	128,8 km/h	88,2 km/h	90,1 km/h
Velocidade média	34,1 km/h	77,8 km/h	77,9 km/h	34,1 km/h	34,1 km/h
Máxima aceleração	5,3 km/h/s	5,2 km/h/s	13,6 km/h/s	8,2 km/h/s	5,3 km/h/s
Distância simulada	17,7 km	16,6 km.	12,9 km	5,8 km	17,7 km
Duração	1872 s	765 s	594 s	594 s	1872 s
Paradas	23	Não há	4	5	23
Tempo em marcha lenta	18% do tempo	Não há	7% do tempo	19% do tempo	18% do tempo
Condição de partida do motor	Frio	Quente	Quente	Quente	Frio
Temperatura do laboratório	20°C–30°C			35°C	-7°C
Ar condicionado do veículo	Desligado	Desligado	Desligado	Ligado	Desligado

Fonte: adaptado pelo autor a partir de EPA, 2019.

3.2 FATORES DE AJUSTE DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL

Os fatores de ajuste do consumo de combustível são aplicados sobre os valores de consumos medidos em laboratórios. Eles foram definidos com o objetivo de oferecer, nos EUA, uma fase de adaptação dos fabricantes ao novo método de medição em 5 ciclos.

A aplicação dos fatores de ajuste de consumo foi adotada inicialmente apenas como uma opção de transição e com duração definida de 3 anos, a partir de 2007. Essa opção é um método chamado MPG BASED no qual os valores encontrados nos dois ciclos utilizados em laboratório até aquele momento – FTP75 e HFET - são corrigidos com o uso de fatores derivados de valores encontrados na utilização normal dos veículos (BRANCO, 2010).

Os valores iniciais dos fatores de ajuste foram definidos a partir de levantamento realizado pela EPA de valores de consumos de combustível encontrados durante o uso normal dos veículos.

Especificamente para veículos híbridos, os dados foram fornecidos pelas seguintes fontes:

- Programa *YourMPG* do *Oak Ridge National Laboratory* (ORNL): neste programa, motoristas medem o próprio consumo de combustível, informando os valores encontrados em seus respectivos veículos em trajetos urbano e rodoviário. Possui a vantagem de fornecer valores do próprio condutor do veículo no seu trajeto regular, porém possui a desvantagem de haver um desconhecimento da forma de medição, de condução e do tipo de trajeto. Na Tabela 3-2 estão citados os valores informados neste programa onde é possível compará-los com aqueles medidos em laboratório e aqueles ajustados (*MPG Based*) (EPA, 2006).

Tabela 3-2 - Valores do programa *YourMPG* e medições em laboratório

Tipo de veículo	Quantidade de veículos	<i>YourMPG</i> (km/L)	Medição EPA sem ajuste (km/L)	Diferença	<i>MPG Based</i> (km/L)	Diferença
Gasolina convencional	7.330	10,2	10,4	-1,4%	9,3	9,1%
Gasolina convencional eficiente	680	15,1	15,4	-1,7%	13,6	11,2%
Gasolina híbrido	520	18,6	20,3	-8,2%	17,4	6,3%

Fonte: EPA, 2006. Adaptado pelo autor.

Na Tabela 3-2 é possível notar que os veículos híbridos apresentam as maiores diferenças entre as medições no laboratório e aquelas realizadas em uso normal, se comparados aos veículos convencionais, equipados apenas com MCI. Enquanto os primeiros apresentam uma diferença de -1,4%, os híbridos indicam -8,2%. Nota-se que a adoção do fator de ajuste neste caso aproxima o híbrido do valor informado pelo programa, mas assim mesmo existe uma diferença significativa de 6,3%. E essa diferença é ainda maior no caso dos veículos convencionais equipados apenas com motores de combustão interna, que apresentam valores de 9,1% e 11,2% (EPA, 2006).

- Programa *FreedomCAR* do DOE: este programa realizou, com o apoio de diversos laboratórios dos Estados Unidos, ensaios para medição dos valores de consumos de veículos híbridos e elétricos. A vantagem do programa *FreedomCAR* é que os ensaios são realizados em vias de rodagem por longos períodos, similar àqueles encontrados no uso normal e a desvantagem é que são utilizados muitos veículos comerciais e localizados no sudoeste dos Estados Unidos, ou seja, em uma região quente, onde é exigido o uso regular do ar condicionado. Deste programa, é possível fazer uma comparação entre os valores fornecidos e aqueles medidos em laboratório, conforme mostrado na Tabela 3-3 (EPA, 2006).

Tabela 3-3 - Valores do programa *FreedomCAR* e medições em laboratório

Veículo	Distância percorrida (km)	Tamanho da frota	Consumo de Combustível (km/L)				Diferença (%)		
			Uso normal	Valor mostrado na etiqueta EPA					
				2-Ciclos	5-Ciclos	MPG Based	2-Ciclos	5-Ciclos	MPG Based
2001 Honda Insight	259.167	6	19,4	26,2	21,7	22,1	35%	12%	14%
2002 Toyota Prius	284.649	6	17,6	20,9	-	-	19%	-	-
2003 Honda Civic	234.929	4	16,2	19,9	16,3	17,1	23%	1%	6%
2004 Toyota Prius	115.600	2	19,3	23,5	19,0	19,6	22%	-2%	1%
2004 Chevrolet Silverado 2wd	29.832	1	7,6	8,1	-	-	6%	-	-
2004 Chevrolet Silverado 4wd	32.940	1	7,7	7,3	6,5	6,5	-6%	-16%	-15%
2005 Ford Escape 2wd	43.505	1	12,3	14,4	-	-	17%	-	-
2005 Ford Escape 4wd	48.477	1	11,6	12,9	10,1	11,2	11%	-13%	-3%
2005 Honda Accord	98.198	2	12,0	13,9	11,1	12,2	16%	-7%	2%
2005 Lexus RX400h	41.641	2	10,7	12,1	10,3	10,5	13%	-3%	-2%
2006 Toyota Highlander	42.884	2	10,6	12,1	10,3	10,5	14%	-3%	-1%
Média	111.871	2,5	13,2	15,9	13,6	14,1	16%	-3%	1%

Fonte: EPA, 2006. Adaptado pelo autor.

É possível notar que as maiores diferenças são encontradas entre os valores medidos durante o uso normal e aqueles medidos em laboratório utilizando-se o método de 2 ciclos. Também é possível observar que o método de 5 ciclos e a adoção de fatores de ajuste reduzem muito as diferenças, passam de 16% para -3% e 1% respectivamente. Pode-se perceber que apesar de ocorrer uma redução, assim como no programa *YourMPG*, os valores finais não são idênticos. No programa *YourMPG* obtém-se uma diferença de 6,3% enquanto no *FreedomCAR* este valor é 1%. Isto talvez ocorra devido ao local de utilização da frota de veículos do programa *FreedomCAR*, que exige a utilização mais frequente do sistema de ar condicionado ou algum critério desconhecido nas medições informadas pelos usuários dos veículos no programa *YourMPG* (EPA, 2006).

- Estudo realizado com veículo instrumentado na cidade de Kansas City, Estados Unidos: durante os anos de 2004 e 2005 foram realizadas medições em mais de 600 veículos particulares na cidade de Kansas City. Apesar disso, foram testados apenas 3 veículos híbridos. Neste estudo encontrou-se uma boa correlação entre os consumos no uso real e aqueles medidos em laboratório utilizando apenas 2 ciclos. Novamente houve uma diferença de cerca de 11% nos valores dos veículos híbridos.

- Consumos de combustível levantado pela *Consumer Reports*: este programa utiliza valores informados por usuários de veículos e, assim como o programa que é mostrado a seguir da *American Automobile Association* (AAA), possui as mesmas vantagens e desvantagens do programa *YourMPG*, ou seja, fornecem valores do próprio condutor do veículo no seu trajeto regular, porém há um desconhecimento da forma de medição, de condução e do tipo de trajeto. Neste programa, é possível fazer uma comparação entre os valores fornecidos e aqueles medidos em laboratório, conforme mostrado na Tabela 3-4.

Nota-se que os valores de consumos de combustível reportados pela *Consumer Reports* são similares aos encontrados pelos métodos de 5 ciclos e *MPG Based*. Isto indica que os protocolos de teste utilizados para a determinação dos valores geram resultados muito próximos àqueles medidos pela EPA e indica coerência com os valores encontrados pelo programa *FreedomCAR* de -3% e 1% para os 5 ciclos e *MPG Based* respectivamente.

Tabela 3-4 - Valores do informados pela *Consumer Reports* e medições em laboratório

Veículo	Consumer Reports	Consumo em 2 Ciclos (etiqueta EPA)		Consumo em 5 Ciclos		Consumo seguindo "MPG Based" (aplicação do fator de ajuste)	
	km/L	km/L	Diferença	km/L	Diferença	km/L	Diferença
Consumo de combustível em uso urbano							
Escape	9,5	13,8	-31%	11,6	-20%	9,9	-4%
Accord	7,7	12,9	-39%	11,2	-29%	9,5	-18%
Civic	11,2	20,2	-44%	16,3	-32%	14,6	-24%
2005 Prius	15,1	24,5	-38%	19,4	-23%	19,4	-22%
Média	10,8	17,6	-38%	14,6	-26%	13,3	-17%
Consumo de combustível em uso rodoviário							
Escape	12,5	12,0	4%	10,8	14%	10,3	20%
Accord	15,9	15,5	3%	14,2	12%	12,9	25%
Civic	19,4	19,8	-2%	17,6	9%	16,8	15%
2005 Prius	21,5	21,5	0%	19,4	12%	19,4	10%
Média	17,2	17,2	1%	15,5	12%	15,1	17%
Consumo de combustível combinado							
Escape	11,2	12,9	-13%	11,2	-1%	10,3	10%
Accord	10,8	13,8	-23%	12,5	-15%	11,2	-3%
Civic	15,5	19,8	-22%	17,2	-10%	15,9	-2%
2005 Prius	18,9	23,2	-18%	19,4	-2%	19,4	-2%
Média	14,2	17,6	-19%	14,2	-7%	0,0	1%

Fonte: EPA, 2006. Adaptado pelo autor.

- Consumos de combustível levantados pela *American Automobile Association*: conforme já mencionado, este programa possui as mesmas vantagens e desvantagens do programa *YourMPG*, ou seja, fornecem valores do próprio condutor do veículo no seu trajeto regular, porém há um desconhecimento da forma de medição, de condução e do tipo de trajeto. Deste programa, é possível fazer uma comparação entre os valores fornecidos, aqueles medidos em laboratório e aqueles ajustados, conforme mostrado na Tabela 3-5.

Segundo EPA (2006), entre os veículos testados mostrados na Tabela 3-5, há apenas dois híbridos. Um Toyota Prius e um Honda Insight. Segundo informado, os dados da AAA estimam a consumo de combustível destes veículos em cerca de 6,6% abaixo da medição realizada com a utilização dos 2 ciclos, ou 5% mais baixo que a média dos veículos convencionais, e 12% e 10,6% para o uso dos 5 ciclos e *MPG Based* respectivamente, ou seja, 4% e 6% acima da média dos veículos convencionais.

Tabela 3-5 - Valores informados pela AAA e medições em laboratório

	AAA	2 Ciclos (etiqueta EPA)		5 Ciclos		MPG Based	
	mpg	mpg	Diferença	mpg	Diferença	mpg	Diferença
163 veículos	21,7	22,1	-1.5%	N/A	N/A	20,6	5,3%
61 veículos	23,2	23,4	-0,4%	21,7	6,7%	21,9	6,1%

Fonte: EPA, 2006. Adaptado pelo autor.

Aparentemente os valores mostrados pelo programa da *Consumer Reports* apresentam dados intermediários entre os valores mencionados, mas, o mais importante, novamente é possível ver nos dados da AAA que os veículos híbridos mostram comportamento diferente dos convencionais nas medições realizadas.

- Consumos de combustível levantado pelo *site* www.edmunds.com: o *sítio* na internet www.edmunds.com é um jornal *on-line* especializado em automóveis e realiza testes em veículos durante longos períodos. Os dados provenientes desta fonte mostram medições realizadas em uso normal dos veículos. Normalmente esses veículos são comprados ou alugados em forma de leasing e acumulam cerca de 30.000 milhas.

Para o estudo realizado pela EPA, foram considerados 40 modelos que foram comparados com os valores encontrados nas medições em laboratório utilizando 2 ciclos, 5 ciclos e os fatores de ajuste *MPG Based*. Segundo EPA, 2006, na comparação, os veículos acumulam diferença 14% menor de consumo de combustível, entre os valores medidos e aqueles encontrados pela EPA com a utilização do método de 2 ciclos. Os veículos híbridos, apesar de serem apenas 4 modelos no conjunto medido, apresentam diferenças ainda mais acentuadas, de 24%. Esses valores são apresentados em forma de resumo na Tabela 3-6, comparativa de consumos (EPA, 2006).

3.2.1 Comparação de consumos de combustível dos veículos híbridos a partir das fontes usadas pela EPA

A partir dos valores informados pelas diversas fontes mencionadas anteriormente, as diferenças de consumos entre veículos híbridos e os dois métodos apresentados, *MPG Based* e 5 ciclos, estão apresentadas na Tabela 3-6.

Tabela 3-6 - Quadro resumo dos valores de consumos de combustível.

Veículo	Consumo de combustível combinado – EPA (km/L)			Medições de consumos de combustível em uso normal (km/L)					
	2 Ciclos	MPG Based	5 Ciclos	DOE FreedomCar	YourMPG	EPA Kansas City	Consumer Reports	Edmunds	AAA
2001 Honda Insight	26,2	21,9	21,5	19,4	28,4	20,2	21,9	-	24,9
2003 Honda Civic	19,8	17,2	16,3	15,5 - 16,3	19,8	17,2	15,5	-	-
2004 Toyota Prius	23,2	19,4	19,4	19,4	20,6	21,5	18,9	17,6	22,4
2004 Chevrolet Silverado 4wd	6,9	6,5	6,5	7,7	6,5	-	-	-	-
2005 Ford Escape 4wd	12,9	11,2	10,3	11,6	12,9	-	11,2	9,9	-
2005 Honda Accord	13,8	12,5	11,2	12,0	13,3	-	10,8	10,1	-
2005 Lexus RX400h	12,0	10,3	10,3	10,8	10,8	-	-	10,9	-

Fonte: EPA, 2006. Adaptado pelo autor.

A Tabela 3-6 mostra que, mesmo para os veículos híbridos, ainda há uma correlação adequada entre a aplicação do fator de ajuste e os consumos de combustível encontrados durante uso normal. É possível notar pelos valores apresentados que a diferença média entre os valores ajustados e aqueles encontrados em uso normal é de -2,2% enquanto que a diferença entre a aplicação do método dos 5 ciclos e o uso normal é de -5,9% e os valores que utilizam apenas os 2 ciclos, sem ajustes, é 12,2%.

Ainda deve ser ressaltado o fato que na época que foram definidos os valores para os fatores de ajuste originais, em 2006, não havia disponível uma grande quantidade de veículos híbridos na amostragem, porém, em 2015, quando os valores passaram por atualização, já era possível

acrescentar os valores de uma maior quantidade deste tipo de veículo e, mesmo assim, não houve mudança expressiva nos fatores (EPA, 2015).

3.3 VEÍCULOS ELÉTRICOS, HÍBRIDOS E CONVENCIONAIS

Os primeiros veículos elétricos surgiram em 1881, portanto quase que ao mesmo tempo que os veículos movidos com MCI. Nestes veículos apenas a bateria era responsável por todo o fornecimento de energia ao motor elétrico, o que exigia um pacote volumoso considerando a tecnologia de baterias disponíveis na época (SINGH, 2019)

A combinação do MCI com baterias e o motor elétrico oferece algumas vantagens. Geralmente, dependendo da arquitetura, um veículo híbrido usa apenas o motor elétrico para operar em baixas velocidades e acelerações, enquanto que a utilização exclusiva do MCI ou mesmo a utilização conjunta dos dois motores ocorre em condições de médias ou altas velocidades e acelerações (JACKSON, 2011).

Os veículos que utilizam esta combinação em geral operam no modo de carga sustentada ou *charge sustaining mode*, onde o estado de carga ou *state of charge* (SOC) da bateria é mantido durante toda a viagem por meio de frenagem regenerativa ou pelo acionamento do MCI em conjunto com um gerador. Este tipo de veículo foi adequado em outras versões para a utilização de uma bateria com carregamento externo de energia, os chamados híbridos *plug-in* (PHEV) onde podem contar com a possibilidade da utilização da fonte externa para carregamento. Os veículos PHEV trabalham com um modo de esgotamento de carga, onde a bateria é descarregada continuamente e o MCI atua apenas para manter um SOC em nível baixo. (SINGH, 2019).

O principal desafio para veículos híbridos e elétricos é o custo, peso e durabilidade das baterias. A bateria deve ser capaz de fornecer alta potência por curtos períodos, ser capaz de suportar milhões de ciclos de pequenas cargas e descargas, além de suportar descargas profundas, no caso de veículos elétricos e até os PHEV. Para aliviar a exigência sobre a bateria, muitos veículos utilizam ultracapacitores para os ciclos transitórios de carga e descarga associado à bateria, consistindo em um sistema híbrido de armazenamento de energia (HESS). A utilização de um ultracapacitor melhora a eficiência do ciclo de carga e descarga para cerca de 90% de 80% (EHSANI, 2019).

Veículos convencionais equipados apenas com MCI transmitem o movimento gerado no motor para a roda por meio de um sistema de transmissão puramente mecânico ou combinado com um acoplamento hidráulico (Figura 3-5).

Figura 3-5 - Arquitetura básica de um veículo equipado apenas com MCI

Fonte: o autor

Considerando esta arquitetura básica, é possível encontrar diversas variações no posicionamento do sistema de transmissão e na forma de tração do respectivo veículo. Assim, é possível encontrar veículos com tração nas rodas dianteiras, traseiras ou em todas as rodas e com montagens do sistema motor/transmissão na forma longitudinal, transversal ou outras variações.

3.3.1 Veículos elétricos a bateria

Se considerarmos veículos puramente elétricos, normalmente chamados de veículos elétricos a bateria ou *Battery Electric Vehicle* - BEV, as características de arquitetura podem ser similares às encontradas em veículos convencionais, porém há mais versatilidade na forma de transmissão do movimento às rodas, pois há a possibilidade da diminuição ou até da eliminação de sistemas complexos de transmissão com muitas engrenagens. Há, inclusive, a possibilidade da instalação de motores elétricos acoplados diretamente às rodas (EHSANI, 2019).

A representação destas diferentes arquiteturas podem ser vistas nas Figura 3-6, Figura 3-7, Figura 3-8 e Figura 3-9.

Figura 3-6 - Arquitetura de um veículo puramente elétrico com sistema transmissão diferencial

Fonte: o autor

Figura 3-7 - Arquitetura de um veículo puramente elétrico com sistema de transmissão e motores distribuídos nos eixos

Fonte: o autor

Figura 3-8 - Arquitetura de um veículo puramente elétrico com motores com acionamento diretamente nos eixos das rodas

Fonte: o autor

Figura 3-9 - Arquitetura de um veículo puramente elétrico com acionamento do motor diretamente nas rodas

Fonte: o autor

Mais importante que a arquitetura utilizada na montagem do sistema de propulsão é entendermos que a única forma utilizada por um veículo convencional ou puramente elétrico é a geração de movimento unicamente por meio de um MCI ou por meio de um motor elétrico respectivamente, sem utilizá-los conjuntamente.

3.3.2 Veículos híbridos

Um veículo equipado apenas com MCI possui como principal característica a grande quantidade de energia que é possível transportar na forma de combustível líquido, e até, muitas vezes, gasosos, porém também apresenta algumas desvantagens, onde é possível destacar a emissão de gases poluentes proveniente da queima do combustível, a baixa eficiência encontrada nas diversas condições de operação, a perda de energia cinética resultante do processo de diminuição de velocidade e, quando utilizado um sistema de transmissão hidráulica, perdas de eficiência em percursos com muitas paradas e arrancadas.

Em um veículo puramente elétrico há vantagens na operação sobre o equipado apenas com MCI que são a alta eficiência e a não emissão de gases poluentes, entretanto, este tipo de veículo apresenta como desvantagens a baixa autonomia combinada com o tempo de recarga.

Os veículos híbridos combinam as vantagens encontradas em ambos os veículos mencionados. Claro que alguns das desvantagens encontradas nesses veículos também aparecem nos veículos híbridos, porém, devido à combinação de MCI e motor elétrico, elas são muito reduzidas (EHSANI, 2019).

Veículos híbridos combinam a utilização de MCI e motores elétricos como forma de contornar os problemas de autonomia existente nos veículos puramente elétricos, melhorar a eficiência de operação dos MCI, diminuindo também a emissão de poluentes. Um outro

problema que um veículo híbrido também é capaz de contornar está relacionado ao custo de um veículo puramente elétrico, já que utiliza bateria consideravelmente menor.

Segundo EHSANI, 2019, as características desejáveis em um sistema de propulsão são:

- Desenvolver potência suficiente para as necessidades de desempenho do veículo;
- Permitir que o veículo carregue energia suficiente para prover uma boa autonomia;
- Ter alta eficiência;
- Emitir baixos níveis de poluição.

Ainda segundo EHSANI, 2019, sistemas de propulsão são sistemas que convertem uma fonte de energia em movimento. Se um veículo combina duas fontes diferentes de energia para gerar movimento, estes veículos são chamados híbridos. Um Toyota Prius, por exemplo, utiliza como fontes de energia a gasolina armazenada no tanque e a energia elétrica armazenada na bateria. Este tipo de veículo, que utiliza energia elétrica e MCI tem a denominação de Veículo Elétrico Híbrido. Para utilizar estas duas fontes os veículos híbridos contam com dois motores que atuam de forma combinada.

3.3.3 Configurações e classificação de veículos híbridos

Existem muitos veículos híbridos disponíveis no mercado que apresentam quase que as mesmas "funções híbridas". Essas funções incluem motor desligado durante a parada do veículo (função *start-stop*), recuperação de energia de frenagem, motor elétrico auxiliar, carregamento durante a condução e condução elétrica pura. Apesar desta similaridade, as características do trem de força, tamanho do motor, tamanho da máquina elétrica, tecnologia de transmissão e sistema de controle desses veículos híbridos podem ser muito diferentes.

Os veículos híbridos apresentam três arquiteturas distintas que são a série, a paralela ou configuração híbrida série paralela (que é a encontrada no Toyota Prius) e também podem ser classificados em relação à participação do MCI e das máquinas elétricas na geração da potência necessária para movimentação do veículo. Os chamados *Mild Hybrid* – MHEV são aqueles que possuem um nível mínimo de auxílio elétrico à propulsão enquanto os veículos *Full Hybrid* – HEV possuem a opção de operação apenas com o motor elétrico. O terceiro tipo é o híbrido *plug in* ou *Plug in Hybrid Vehicle* – PHEV que denomina um veículo híbrido que possui a opção de ter sua bateria carregada por meio de uma tomada (conexão elétrica externa). Apesar da vantagem dos MHEV em relação ao custo, que certamente é um aspecto que facilita a penetração da tecnologia no mercado, e da proximidade existente entre um PHEV e um BEV, este texto está focado no HEV, pois é a categoria na qual está enquadrado o Toyota Prius.

A Figura 3-10 mostra a classificação dos veículos híbridos e posiciona os veículos puramente elétricos em relação a eles. A figura mostra uma série de diferentes veículos híbridos disponíveis no mercado desde 2014, incluindo o Citroën C3, Honda Civic IMA, Toyota Prius e Chevrolet Volt com a indicação, na parte superior da autonomia estimada de cada tipo de veículo com uma função da capacidade típica de armazenamento de energia da bateria.

Figura 3-10 - Tipos de veículos elétricos e híbridos

Fonte: HOFMAN, 2014. Adaptado pelo autor.

É possível notar que um veículo híbrido, ou elétrico com extensor de alcance, é capaz de apresentar autonomia na faixa de 500 a 800 km, enquanto que há diminuição de 30 a 50% nesta faixa para um veículo totalmente elétrico. Um extensor de alcance, mais conhecido pelo termo em inglês *range extender*, é um sistema embarcado que gera energia elétrica para alimentar o veículo a partir de outra fonte de energia, comumente gasolina com a utilização de um pequeno MCI acoplado à um gerador.

É claro que a diminuição de 30 a 50% irá depender da capacidade da bateria. Um aumento de hibridização, onde há a gradativa diminuição da potência máxima do MCI e correspondente

aumento da potência da máquina elétrica, causa redução no consumo de combustível e, consequentemente, emissões de CO₂, de 3 a 10%, 15 a 25%, 20 a 30%, respectivamente. Além disso, veículos totalmente elétricos, em princípio, não apresenta consumo de combustível (HOFMAN, 2014).

Ainda observando a Figura 3-10, a parte inferior indica como a potência disponível está relacionada à tensão do sistema.

3.3.4 Veículos híbridos com arquitetura série

Na arquitetura em série, as fontes de alimentação fornecem energia elétrica ao barramento principal que conduz a energia elétrica à bateria, que posteriormente é convertida em força de tração, ou mesmo diretamente ao motor elétrico de tração.

Segundo SINGH (2019), a operação em série tem alguns benefícios importantes:

- Não há acoplamento mecânico entre as rodas e o MCI, permitindo a operação em condições otimizadas de eficiência;
- O controle de velocidade e torque do veículo é simplificado em razão da utilização de um único tipo de motor;
- Devido às características de torque/rotação do motor elétrico, é possível eliminar a utilização de complexos sistemas de transmissão de torque às rodas.
- Facilidade e simplificação dos sistemas de controle da transmissão e, devido a menor quantidade de componentes, simplicidade de construção

Apesar das vantagens, SINGH (2019) cita também algumas desvantagens:

- A conversão de energia ocorre em duas etapas, ou seja, mecânica em elétrica através do gerador e vice-versa através do motor, resultando em maior perda de energia se comparado à montagem em paralelo;
- Há a necessidade de duas máquinas elétricas, gerador e motor separadamente;
- Existe a necessidade de um motor elétrico de maior porte, pois não há o auxílio do MCI em situações que demandam torques altos.

O sistema de transmissão híbrido da série é usado principalmente em veículos pesados, como ônibus, caminhões e veículos militares (SINGH, 2019).

A arquitetura série está mostrada na Figura 3-11.

Figura 3-11 - Configuração série

Fonte: o autor

Segundo EHSANI, 2019, esta arquitetura permite a operação do veículo de formas distintas:

- Modo de tração puramente elétrico. Neste modo a tração é realizada apenas pelo motor elétrico utilizando a energia armazenada na bateria do veículo;
- Modo de operação puramente com MCI. Neste modo, toda a energia utilizada é proveniente do gerador acoplado ao MCI, sendo que o motor elétrico atua como parte de um sistema de transmissão de torque e movimento;
- Modo de tração híbrida. Neste modo há uma combinação de fornecimento de energia para o motor elétrico a partir da bateria e do gerador acoplado ao MCI.
- Modo de tração pelo MCI com carregamento simultâneo da bateria. Este caso é uma variação do modo de operação puramente com MCI, onde há o envio de parte da energia para prover o carregamento da bateria.
- Modo de frenagem regenerativa. Aqui o motor elétrico acoplado às rodas de tração fornece energia elétrica para carregamento da bateria durante as desacelerações.
- Modo de carregamento da bateria pelo MCI. Neste caso, toda energia disponível no eixo do MCI, considerando os rendimentos, é destinada exclusivamente ao carregamento da bateria, sem ser utilizada na tração.
- Modo de carregamento híbrido da bateria. Aqui há uma combinação entre os modos de frenagem regenerativa e de carregamento de bateria pelo MCI.

Atualmente o sistema eletrônico de gerenciamento energético existente nos veículos selecionam e combinam os diversos modos para se obter desempenho e eficiência adequados.

A arquitetura série apresenta as seguintes vantagens:

- Não há conexão mecânica entre o MCI e as rodas de tração, permitindo desta forma que o MCI opere em pontos de máxima eficiência;
- Permite que o torque disponível nas rodas de tração seja otimizado, pois, diferente dos MCI, os motores elétricos possuem mais facilidade para produzir alto torque. Isso inclusive permite a eliminação ou a diminuição do sistema de transmissão com múltiplas relações de redução. Uma vantagem adicional, neste caso, é a possibilidade de o veículo contar com tração em todas as rodas - AWD (*All Wheel Drive*);
- Possibilidade da utilização de MCI de pequeno porte, pois há a possibilidade da utilização adicional do motor elétrico em situações nas quais são necessários maiores torques.
- Facilita a implementação de estratégias de gerenciamento eletrônico da energia do veículo.

Como desvantagens, podem ser citados:

- A energia é transformada duas vezes para se chegar até as rodas motrizes e isso gera perda de eficiência em razão dos rendimentos dos sistemas de conversão;
- O gerador adiciona peso e custo ao veículo;
- Como toda energia é proveniente do MCI, este deve possuir capacidade suficiente para oferecer toda a potência necessária para a operação do veículo.

3.3.5 Veículos híbridos com arquitetura paralela e série-paralela

A arquitetura paralela é aquela onde a potência mecânica fornecida às rodas de tração é proveniente de motores elétrico e de combustão interna, operando simultaneamente ou separadamente, enquanto a arquitetura série-paralela utiliza ambos os motores da mesma forma e ainda oferece a possibilidade do MCI acionar um gerador para carregamento da bateria. Nestas arquiteturas é muito comum a utilização de sistemas de divisão de potência entre os motores. Comumente estes sistemas são chamados de *power-split*.

Nessas arquiteturas há o acoplamento mecânico do MCI às rodas de tração. Todos os modos de operação já mencionados na arquitetura em série podem ser utilizados neste formato. A arquitetura paralelo e série-paralelo, quando há possibilidade do acionamento de um gerador para carregamento da bateria, está mostrada na Figura 3-12.

Figura 3-12 - Configuração típica paralela ou série-paralela

Fonte: o autor

O acoplamento dos motores elétricos e de combustão interna às rodas motrizes pode ser realizados por acoplamentos mecânicos controlados eletronicamente ou por sistemas *power-split* para combinar múltiplas fontes de potência, impulsionando o veículo em conjunto ou independentemente.

Podem ser citados alguns tipos de acoplamento de dois tipos de motores em um mesmo veículo, tais como aqueles nos quais o motores elétricos e de combustão interna podem estar acoplados em eixos diferentes do veículo, motores elétricos podem estar ligados diretamente às rodas, ambos os motores estão acoplados em uma única caixa de transmissão, ambos os motores estão acoplados em diferentes caixas de transmissão, apenas o MCI é acoplado à uma caixa de transmissão e sistemas onde um ou mais motores elétricos são utilizados de forma a permitir a obtenção de uma transmissão com variação contínua de velocidade.

Um sistema *power-split* muito utilizado é composto de engrenagens planetárias que permitem uma distribuição adequada de fornecimento potência às rodas. Há variação nas posições de montagem dos propulsores acoplados no mesmo sistema *power-split* e essas variações oferecem algumas vantagens ou desvantagens entre cada tipo (WANG, 2020). Um bom exemplo disso é o arranjo utilizado pelo próprio Toyota Prius, onde duas máquinas elétricas estavam montadas em um arranjo linear, com os eixos no mesmo alinhamento, desde a primeira geração, lançada em 1997, até a terceira geração, lançada em 2009. Esse arranjo foi alterado na quarta geração do veículo, lançada em 2015, onde uma das máquinas elétricas foi deslocada para ficar com o eixo montado de forma paralela ao restante do conjunto, oferecendo uma melhoria na eficiência mecânica do sistema (EVOLUTION, 2021).

Os sistemas *power-split* podem utilizar uma ou mais máquinas elétricas, conforme mencionado, este é o caso do Toyota Prius. A utilização de duas máquinas elétricas traz a vantagem da possibilidade de utilização como um sistema de transmissão de variação constante de velocidade. Neste caso é usual ser chamado de e-CVT (WANG, 2020).

No sistema utilizado pelo Toyota Prius há dois motores elétricos acoplados em um sistema de transmissão de engrenagens planetárias, mostrado na Figura 3-13.

Figura 3-13 - Redução planetária

Fonte: RAVI, 2021. Adaptado pelo autor.

Neste conjunto no qual as máquinas elétricas e o MCI estão acoplados diretamente ou por meio de outras engrenagens à redução planetária, um dos motores elétricos, denominado MG1, também opera como gerador nos momentos onde há desaceleração e quando há a necessidade do carregamento da bateria pelo MCI. O motor MG1 está acoplado à engrenagem solar enquanto o MCI está acoplado às engrenagens planetárias. O segundo motor elétrico, denominado MG2, está acoplado na engrenagem anelar da redução planetária e é o principal responsável pelo movimento do veículo em condições nas quais o MCI está desligado ou em situações de baixa potência. O sistema de transmissão do Toyota Prius está ilustrado nas Figura 3-14. eFigura 3-15.

Figura 3-14 - Desenho ilustrativo do sistema de transmissão *power-split* e-CVT

Fonte: LARSTHOMEE, 2021. Adaptado pelo autor.

Figura 3-15 - Caixa de transmissão do Toyota Prius

Fonte: TOYOTA, 2021. Adaptado pelo autor.

Considerando a operação nas diversas condições encontradas no uso cotidiano do veículo, esta montagem permite que a transmissão opere como um sistema e-CVT, buscando, por meio do gerenciamento eletrônico de energia, otimizar a utilização dos dois motores elétricos para propulsão ou como geradores e do MCI como propulsão do eixo das rodas ou acionando o MG1 como gerador.

O sistema e-CVT é utilizado no Toyota Prius desde a primeira geração até a geração disponível para venda do Toyota Prius em 2020 é a de quarta geração.

4 MATERIAIS E PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Para a obtenção de informações necessárias à discussão sobre a utilização dos fatores de ajuste de consumo de combustível em veículos híbridos, foram definidas algumas condições de rodagem nas quais um veículo híbrido Toyota Prius pudesse ser comparado à um veículo similar, convencional. Estas rodagens foram planejadas levando em conta três questões:

- O veículo Toyota Prius apresenta o mesmo comportamento em relação ao consumo de combustível que o veículo convencional quando ocorre variação nas características do trajeto?
- Os valores encontrados nas rodagens são diferentes daqueles publicados nas respectivas etiquetas dos dois veículos?
- As características das rodagens, considerando as variações de condições, são similares às encontradas nos 5 ciclos que são correlacionados aos fatores de ajuste?

As rodagens dos veículos foram realizadas em cerca de quatro meses, seguindo dois tipos de trajetos urbano e um rodoviário, sob diversas condições de tráfego. A rodagem foi realizada pela equipe da Divisão de Motores e Veículos do Instituto Mauá de Tecnologia (IMT) que, além de integrar o *Research Centre for Gas Innovation* (RCGI), também é sede do CPE Prof. Urbano Ernesto Stumpf, apoiado pela FAPESP e Peugeot Citroën Automóveis (PSA) para pesquisa da aplicação de biocombustíveis.

Inicialmente, para as rodagens, foram definidos os seguintes pontos:

- Modelo de veículo convencional a ser utilizado no ensaio;
- Instrumentação necessária;
- Características desejáveis nos trajetos;
- Trajetos adotados para os ensaios.

As rodagens foram realizadas observando as condições necessárias para permitir, na etapa posterior, de análise dos resultados, discutir três pontos importantes, relacionados às questões levantadas:

- O primeiro ponto é verificar se há indicação de que as variações de consumo de combustível em ambos os tipos de veículos se comportam de forma similar em relação ao tipo de rota e ao modo de dirigir;
- O segundo é verificar se há indicação de que os valores encontrados nas rodagens são apresentam diferenças significativas daqueles mostrados nas respectivas etiquetas;
- O terceiro ponto é avaliar a aplicabilidade do método de 5 ciclos, já que essa é a forma com a qual foram definidos os valores dos fatores de ajuste, discutindo se as condições propostas nos ciclos adicionais estão coerentes com as condições encontradas no Brasil.

4.1 DEFINIÇÃO DE MODELO DE VEÍCULO A SER UTILIZADO NOS ENSAIOS

Para a realização dos ensaios de rodagem buscou-se um modelo de veículo convencional (movido apenas por MCI) que apresentasse características similares às encontradas no Toyota Prius. As características mais relevantes, são massa, deslocamento volumétrico do motor de combustão interna e transmissão CVT.

É importante observar que ambos os veículos possuem transmissão continuamente variada, porém o Toyota Corolla utiliza um sistema com polias e correia enquanto o Toyota Prius utiliza um sistema e-CVT, já descrito no Capítulo 3.3.5. Apesar da montagem mecânica ser diferente entre estas transmissões, o comportamento durante a condução é similar.

Os veículos estão mostrados na Figura 4-1.

Figura 4-1 - Veículos Toyota Prius e Corolla utilizados nos ensaios

Fonte: o autor

A Tabela 4-1 mostra estas características e outras informações indicando a semelhança entre os veículos, para os tipos de ensaios que foram realizados, onde há a necessidade de acelerações frequentes.

Durante as rodagens os veículos apresentaram velocidades médias similares e, portanto, não apresentando diferenças em relação à resistência aerodinâmica.

Tabela 4-1 - Características dos veículos ensaiados

	Toyota Prius 2016	Toyota Corolla GLi 1.8 CVT 2017
Deslocamento volumétrico do MCI	1.798 cm ³	1.798 cm ³
Potência máxima do MCI	98 cv	139 cv com gasolina
Transmissão	e-CVT	CVT
Peso em ordem de marcha	1.400 kgf	1.285 kgf
Altura	1.490 mm	1.475 mm
Largura	1.760 mm	1.775 mm
Comprimento	4.540 mm	4.620 mm
Pneus	195/65 R15	205/55 R16

Fonte: O autor a partir de informações dos manuais de proprietário dos veículos utilizados.

O veículo Toyota Prius utilizado neste trabalho foi cedido pelo *Research Centre for Gas Innovation*, que é apoiado pela Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e pela Shell. O veículo Toyota Corolla foi cedido pela Toyota do Brasil especificamente para estes ensaios.

4.2 DEFINIÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO NECESSÁRIA PARA OS ENSAIOS

Para a realização dos ensaios, cada um dos veículos Prius e Corolla foram equipados com um sistema de medição de velocidade e deslocamento por GPS, além de um medidor volumétrico de vazão de combustível (Tabela 4-2).

Tabela 4-2 - Equipamentos utilizados

	Medidor de velocidade e deslocamento	Medidor de vazão de combustível
Marca	RaceLogic	Pierburg
Modelo	Vídeo VBOX Lite	PLU116H
Limite de aprovação	± 2,00 km/h	± 1,5% da leitura

Fonte: o autor

A instalação destes equipamentos é mostrada no veículo Prius nas Figura 4-2 e Figura 4-3. O medidor de vazão foi instalado no duto de alimentação do motor (Figura 4-4) com uma conexão “T” onde também foi conectado o tubo de retorno de combustível do motor. Essa conexão foi instalada a jusante do medidor para possibilitar a medição real do combustível consumido, sem haver nenhum retorno para o tanque.

Figura 4-2 - Instalação do medidor de vazão no Toyota Prius

Fonte: o autor

Figura 4-3 - Sistema GPS e medidor de vazão de combustível instalados

Fonte: o autor

Figura 4-4 - Compartimento do motor do Prius com as conexões do medidor de vazão

Fonte: o autor

4.3 TRAJETOS ADOTADOS PARA OS ENSAIOS

Para avaliar eventuais diferenças entre o comportamento dos veículos em relação ao consumo de combustível, buscou-se definir trajetos que oferecessem as condições de rodagem em situações diversas em função de velocidades médias, necessidade de paradas frequentes e exigência de potência do veículo (aclives e declives). Estas condições de rodagem poderão mostrar se há alguma diferença de comportamento em razão da necessidade de uma utilização maior do MCI no veículo híbrido. Esta maior utilização pode ser resultado de exigências maiores de desempenho, isto é, potência em condições de aclives e acelerações rápidas ou necessidade de manter um nível adequado de carga na bateria em situações de tráfego congestionado. Desta forma, considerando a dificuldade na definição de um trajeto típico no qual o veículo será utilizado em condições normais, as rotas definidas buscam colocar os veículos em condições diversas e amplas de rodagem. As condições de rodagem estão descritas a seguir:

- Trajeto majoritariamente formado por vias planas ou levemente inclinadas para avaliar a utilização similar àquela encontrada no ciclo FTP-75 no qual busca-se representar o comportamento dos veículos em uso em trajetos urbanos. Este percurso forneceu informações abrangentes, pois as rodagens ocorreram durante todo o dia, oferecendo condições de tráfego livre em alguns horários e carregado nos momentos de *rush*;
- Trajeto majoritariamente formado por vias em aclive e declive acentuados para provocar aumento no tempo de utilização do MCI no veículo Toyota Prius;

- Trajeto em vias suburbanas, sem aclives ou declives acentuados, com velocidades médias acima de 80 km/h para provocar aumento no tempo de utilização mais acentuada do MCI no veículo Toyota Prius.

Depois de definidas as características, por meio de imagens e mapas, foram estabelecidos percursos urbano com pistas com desníveis pouco acentuados (Figura 4-5), urbano com pistas em aclave e declive (Figura 4-6), e suburbano em vias de transito rápido ou rodoviário (Figura 4-7).

Figura 4-5 - Trajeto em vias urbanas adotado

Fonte: o autor. Reproduzido de Google Maps

Figura 4-6 - Trajeto com aclives e declives adotado

Fonte: o autor. Reproduzido de Google Maps

Figura 4-7 - Trajeto suburbano (rodoviário)

Fonte: o autor. Reproduzido de Google Maps

Os veículos percorreram os respectivos trajetos onde acumularam no mínimo 25 km no percurso urbano, 8 km no percurso urbano com aclives e declives e 70 km no percurso rodoviário.

Nestes percursos, durante os ensaios de rodagem, foi possível encontrar diversas condições de tráfego e clima. Estas condições, assim como os registros dos nomes dos motoristas, horários da realização de cada rodagem entre outras informações, foram registradas e geraram valores médios. Os ensaios buscaram avaliar o comportamento dos veículos de uma forma geral, em condições que apresentam variações entre os percursos, sem a avaliação da influência das situações individuais. Os valores encontrados estão mostrados no ANEXO I – TABELAS DE REGISTROS DE ENSAIOS.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme já mencionado no Capítulo 1.6.1, os fatores de ajuste de consumo de combustível foram criados para oferecer uma fase de adaptação dos fabricantes ao novo método de medição de 5 ciclos e os valores obtidos a partir da aplicação destes fatores são chamados de *MPG Based* (BRANCO, 2010).

Inicialmente, estes fatores de ajuste foram estabelecidos a partir de valores encontrados no uso normal do veículo, fornecidos por várias fontes, mas que atualmente eles são definidos por medições realizadas pelo método dos 5 ciclos (LIM, 2018).

Ao comparar os valores relatados por essas fontes, foi possível mostrar que as diferenças nos valores encontrados com a adoção da medição com o uso do método dos 5 ciclos está mais próxima dos valores encontrados nas várias medições e estimativas dos veículos híbridos em uso normal, mostradas como *MPG Based* (Tabela 5-1).

Tabela 5-1 - Diferenças entre consumos de combustível em uso normal e laboratório

Diferenças entre consumos de combustível uso normal x laboratório		
2 ciclos	5 ciclos	<i>MPG Based</i>
15,3%	0,6%	-2,4%

Fonte: EPA, 2006

Na Tabela 5-1 é possível notar que o método de 2 ciclos apresenta diferença de 15,3% na comparação com os valores informados pelos usuários de veículos, enquanto o método dos 5 ciclos e a aplicação dos fatores de ajuste mostram diferenças menos acentuadas. Os três ciclos adicionais considerados no método dos 5 ciclos avaliam condições de operação que, embora provavelmente estejam mais próximas das encontradas no uso normal de veículos convencionais, podem ser desfavoráveis às características da tecnologia híbrida.

Desta forma, na realização deste trabalho, foi considerado que os fatores de ajuste e, portanto, a medição de consumos de combustível com a utilização dos 3 ciclos adicionais, são adequados para aplicação em valores relativos aos veículos convencionais e, a partir desta consideração, visando determinar eventuais diferenças, foram realizadas análises comparativas entre os valores de consumos de combustível obtidos por um veículo híbrido Toyota Prius e por um veículo convencional Toyota Corolla (EPA, 2015).

Seguindo o procedimento adotado, a análise dos resultados encontrados será baseada em três pontos principais, que estão relacionados às questões estabelecidas no Capítulo 4. Os valores obtidos nas rodagens estão mostrados no ANEXO I – TABELAS DE REGISTROS DE ENSAIOS.

Em relação ao primeiro ponto, que é verificar se há indicação de que as variações de consumo de combustível em ambos os tipos de veículos se comportam de forma similar em relação ao tipo de rota e ao modo de dirigir, os resultados apresentados na Tabela 5-2 indicam que a variação no consumo de combustível do veículo híbrido em função das condições de condução é semelhante à do veículo convencional.

Tabela 5-2 - Resultados dos ensaios comparativos.

RESULTADOS DOS ENSAIOS COMPARATIVOS						
		Toyota Corolla 1.8 GLi		Toyota Prius 1.8		Comentários
		Velocidade (km/h)	Consumo de combustível (km/L)	Velocidade (km/h)	Consumo de combustível (km/L)	
Trajeto Urbano	Média	17,52	10,76	17,85	24,17	33 rodagens com semáforos, 9 com tráfego moderado e 12 com tráfego pesado / 42 rodagens com tempo bom, 10 com chuva leve e 2 com chuva pesada
	Desvio Padrão	2,85	1,36	2,76	2,19	
	Coeficiente de Variação	16,25 (%)	12,60 (%)	15,48 (%)	9,08 (%)	
Trajeto Active/Declive	Média	15,47	7,78	15,28	17,30	24 rodagens com semáforos e 8 com tráfego moderado / Todas as rodagens com tempo bom
	Desvio Padrão	1,83	0,64	1,85	1,82	
	Coeficiente de Variação	11,84 (%)	8,26 (%)	12,13 (%)	10,49 (%)	
Trajeto Rodoviário	Média	84,98	20,76	84,66	26,47	Todas as rodagens com tráfego livre e tempo bom
	Desvio Padrão	3,36	0,55	2,95	0,76	
	Coeficiente de Variação	3,95 (%)	2,67 (%)	3,48 (%)	2,88 (%)	

Fonte: o autor

Para estabelecer esta semelhança, foram realizadas algumas análises de variâncias (ANOVA) para verificar se há diferenças no comportamento das variações de consumo dos dois veículos em razão das variações das condições de rodagem.

Para realizar a ANOVA, foram calculados os coeficientes de variação de cada tipo de rodagem. Os tipos de rodagem foram estabelecidos em função do percurso e do tipo de trânsito. Os tipos de trânsito foram classificados em livre, moderado e intenso em função do tempo dispendido no percurso. Os valores de consumo utilizados para os cálculos estão mostrados nas Tabela 5-4, Tabela 5-5 e

Tabela 5-6.

Tabela 5-3 - - Consumos de combustível – Trajeto urbano – Trânsitos intenso e moderado

Consumos de combustível em trajeto urbano (km/L)		
	Toyota Corolla	Toyota Prius
Trânsito Intenso	9,8	21,9
	8,5	24,4
	9,0	22,2
	9,4	24,1
	8,4	21,3
	7,9	20,6
	7,8	17,9
	9,4	21,6
	10,4	22,0
	7,3	16,9
	8,6	20,7
Trânsito Moderado	11,0	25,1
	11,0	22,7
	9,5	22,1
	10,3	25,6
	10,5	22,9
	9,5	24,4
	10,0	24,3
	10,3	25,5
	11,3	24,8

Fonte: o autor

Tabela 5-4 – Consumos de combustível – Trajeto urbano – Trânsito Livre

Consumos de combustível em trajeto urbano (km/L)		
	Toyota Corolla	Toyota Prius
Trânsito Livre	11,2	25,0
	11,3	24,8
	10,8	25,2
	11,0	24,4
	11,4	23,8
	11,8	26,0
	12,0	25,6
	11,6	22,4
	11,3	26,3
	12,0	26,0
	11,7	28,2
	12,1	24,7
	10,6	24,2
	11,4	25,4
	11,3	24,4
	11,5	25,6
	12,9	25,0
	11,5	24,5
	12,7	25,3
	11,2	25,8
	10,5	24,7
	12,5	25,4
	11,2	26,8
	12,1	25,0
	11,5	26,7
	11,4	25,8
	13,3	26,4
	10,7	24,2
	11,9	21,6
	10,3	24,9
	11,7	28,0
	11,0	25,1
	12,8	23,0

Fonte: o autor

Tabela 5-5 - Consumos de combustível – Trajeto aclave - declive

Consumos de combustível em trajeto aclave-declive (km/L)		
	Toyota Corolla	Toyota Prius
Trânsito Livre	7,8	18,5
	8,2	18,3
	8,2	19,3
	8,2	17,1
	7,9	18,1
	7,8	18,0
	8,7	17,5
	8,3	17,0
	7,7	17,5
	8,1	17,8
	8,1	18,8
	8,6	18,4
	8,2	18,2
	8,4	18,5
	7,9	19,1
	8,3	14,4
	7,4	14,5
	8,3	18,9
	8,5	20,4
	8,3	19,5
	7,9	15,5
	7,9	16,4
	8,1	14,8
Trânsito Moderado	6,8	17,5
	7,4	15,7
	6,9	16,1
	6,6	17,0
	6,8	17,8
	6,7	15,1
	6,7	18,4
	6,6	17,5

Fonte: o autor

Tabela 5-6 - Consumos de combustível – Trajeto rodoviário

Consumos de combustível em trajeto rodoviário (km/L)		
	Toyota Corolla	Toyota Prius
Trânsito Livre	20,9	26,4
	20,3	25,3
	20,4	25,0
	21,0	26,6

Fonte: o autor

A partir dos consumos foram calculados Média, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação de cada percurso com o respectivo tipo de trânsito, que estão mostrados nas

Tabela 5-7 e Tabela 5-8.

Tabela 5-7 - Cálculos estatísticos - Toyota Corolla

Cálculos estatísticos - Toyota Corolla						
Tipo de trajeto	Urbano livre	Urbano moderado	Urbano intenso	Aclive-Declive livre	Aclive-Declive moderado	Rodoviário livre
Média (km/L)	11,6	10,4	8,8	8,1	6,8	20,6
Desvio Padrão (km/L)	0,7	0,6	0,9	0,3	0,2	0,3
Coeficiente de Variação (%)	6,1	6,1	10,4	3,6	3,7	1,5

Fonte: o autor

Tabela 5-8 - Cálculos estatísticos - Toyota Prius

Cálculos estatísticos - Toyota Prius						
Tipo de trajeto	Urbano livre	Urbano moderado	Urbano intenso	Aclive-Declive livre	Aclive-Declive moderado	Rodoviário livre
Média (km/L)	25,2	24,2	21,2	17,7	17,0	25,8
Desvio Padrão (km/L)	1,3	1,3	2,3	1,6	1,1	0,8
Coeficiente de Variação (%)	5,4	5,4	10,6	9,1	6,4	3,0

Fonte: o autor

É possível observar na Tabela 5-9, que a ANOVA das diversas condições de rodagem mostra que não pode ser afirmado que os Coeficientes de Variação dos consumos de combustível dos dois veículos são diferentes. Apesar disso, também não se pode afirmar que os percursos são diferentes. Em ambos os casos é possível observar que o Valor-P está acima do limite de 5% considerado a adoção de um nível de confiança de 95%.

Tabela 5-9 - Análise de variância

ANOVA - Todos os percursos			
Fonte da variação	F	valor-P	F crítico
Rodagens	4,8713	0,0536	5,0503
Veículos	2,0388	0,2127	6,6079

Fonte: o autor

De forma complementar, foram analisadas as diferenças das médias de consumo encontradas entre os diversos trajetos e comparado ao valor estabelecido para a Diferença Mínima Significativa (DMS) de 7,3 km/L, considerando o limite de 5%. Assim, foi determinado quais os trajetos que apresentaram maior diferença. Estes valores e resultados estão mostrados na Tabela 5-10.

Tabela 5-10 – Comparação entre as médias de consumo dos percursos

Diferenças entre as médias de consumos dos trajetos		
Trajetos	Diferença (km/L)	Similaridade considerando limite de 5%
Urbano Livre – Urbano Moderado	0,04	não difere
Urbano Livre – Urbano Intenso	4,77	não difere
Urbano Livre - Aclive-Declive livre	0,63	não difere
Urbano Livre - Aclive-Declive moderado	0,67	não difere
Urbano Livre - Rodoviário	3,46	não difere
Urbano Moderado – Urbano Intenso	4,73	não difere
Urbano Moderado - Aclive-Declive livre	0,59	não difere
Urbano Moderado - Aclive-Declive moderado	0,71	não difere
Urbano Moderado - Rodoviário	3,50	não difere
Urbano Intenso - Aclive-Declive livre	4,14	não difere
Urbano Intenso - Aclive-Declive moderado	5,44	não difere
Urbano Intenso - Rodoviário	8,23	difere
Aclive- Declive livre - Rodoviário	4,09	não difere
Aclive-Declive moderado - Rodoviário	2,79	não difere
Aclive-Declive livre - Aclive-Declive moderado	1,30	não difere

Fonte: o autor

Após a seleção dos trajetos urbano com trânsito intenso e do trajeto rodoviário, foi realizada outra ANOVA para avaliar se ainda há similaridade entre as variações de consumos. Essa análise está mostrada na Tabela 5-11.

Tabela 5-11 - Análise de variância com trajetos urbano intenso e rodoviário

ANOVA – Trajetos urbano intenso e rodoviário			
Fonte da variação	F	valor-P	F crítico
Rodagens	201,3325	0,0448	161,4476
Veículos	2,1620	0,3802	161,4476

Fonte: o autor

Isso mostra que ambos os veículos possuem comportamento similar em relação às variações de consumo de combustível ocasionadas pelos diferentes percursos e as condições encontradas neles.

O segundo ponto relacionado às questões estabelecidas no Capítulo 4, indica a necessidade de verificação da semelhança entre os valores encontrados nas rodagens e aqueles mostrados nas respectivas etiquetas. Para esta análise, devemos observar os valores dos consumos de combustível determinados nos testes de homologação laboratorial e os valores do PBEV do Toyota Prius e do Toyota Corolla visando compará-los aos testes realizados pelo Instituto Mauá de Tecnologia, mostrados na Tabela 5-12.

Os valores de consumos de combustível mostrados na Tabela 5-12, corrigidos pelos fatores de ajuste, foram obtidos a partir dos cálculos regulados pela resolução 377/2011 do INMETRO (INMETRO, 2011), que, conforme já mencionado, foram adotados da legislação norte americana e que utilizam a equação 1 para cálculo do consumo de combustível urbano e a equação 2 para cálculo do consumo rodoviário na unidade km/L:

$$Cr = \frac{1}{0,0076712 + 1,18053/Ct} \quad (1)$$

$$Cr = \frac{1}{0,0032389 + 1,3466/Ct} \quad (2)$$

Onde Cr (km/L) é o consumo de combustível definido que é mostrado no rótulo e Ct (km/L) é o consumo de combustível medido no laboratório no ciclo correspondente (ciclo FTP75 para o trajeto urbano e HFET para o trajeto rodoviário).

Tabela 5-12 - Comparação entre os valores de consumos de combustível, fatores de ajuste e diferença de consumo de combustível em relação ao PBEV.

Consumo de combustível, fatores de ajuste, diferença entre PBEV e consumo de combustível				
	Toyota Corolla		Toyota Prius	
	Urbano	Rodoviário	Urbano	Rodoviário
Consumo de combustível obtido nos ensaios de homologação (ensaio em laboratório) - (km/L)	14,7	18,6	26,2	24,2
Fator de ajuste aplicado no valor obtido em laboratório	0,77	0,71	0,72	0,7
Consumo de combustível mostrado na etiqueta do PBEV (km/L)	11,4	13,2	18,9	17
Consumo de combustível obtido pelo Instituto Mauá de Tecnologia (km/L)	10,8	20,8	24,2	26,5
Diferença entre os valores de consumos de combustível (%)	-5,9	36,4	21,6	35,9

Fonte: o autor

Considerando o trajeto encontrado em cidades, que é denominado “Trajeto Urbano” no PBEV e os valores mostrado nas Tabela 5-4 e Tabela 5-12, a faixa de variação do consumo do Toyota Corolla foi de 6,57 km/L, encontrado no percurso de aclave-declive, até 12,91 km/L para o trajeto urbano, enquanto a variação do consumo do Toyota Prius foi de 14,41 km/L, encontrado no percurso de aclave-declive, até 28,16 km/L para o trajeto urbano. Desta forma, é possível observar que o valor da etiqueta do Toyota Corolla está dentro da faixa de variação encontrada nos ensaios enquanto que o valor mostrado para o Toyota Prius está abaixo da faixa, mostrando consumo acentuado.

O percurso rodoviário mostra valores abaixo na etiqueta, porém com ajustes similares para os dois modelos de veículos.

O terceiro ponto relacionado às questões estabelecidas no Capítulo 4, indica a necessidade da discussão sobre se as condições propostas nos ciclos adicionais, utilizados no método dos 5 ciclos, estão coerentes com as condições encontradas no Brasil.

A análise deste ponto, combinada com as conclusões obtidas em relação aos dois pontos anteriores, mostra que existe diferença entre a aplicação de fatores de ajuste de consumo de combustível nos veículos convencional e híbrido utilizados e que a origem dessa diferença pode estar relacionada às características dos ciclos adicionais utilizados no método dos 5 ciclos.

Para esta análise é necessário lembrar que os fatores de ajuste, aplicados aos resultados obtidos em laboratório com a utilização do teste de 2 ciclos (ciclo FTP75 para o trajeto urbano e HFET para o trajeto rodoviário), resultam em valores semelhantes aos obtidos com o método dos 5 ciclos. Isso mostra que os 3 ciclos adicionais são os que definem o valor do fator de ajuste.

Considerando o resultados apresentados na Tabela 5-12, nota-se que há uma grande diferença entre os valores de consumos de combustível no trajeto urbano para os dois tipos de veículos. A partir desta observação, podemos discutir a adequação de cada um dos 3 ciclos adicionais para definição do fator de ajuste utilizados no Brasil:

- Ciclo FTP75 - Os recursos deste ciclo não requerem acelerações abruptas dos veículos testados. Também não atinge altas velocidades e nem as mais altas são mantidas por muito tempo. Um veículo híbrido nesse ciclo tem seu melhor desempenho comparado ao convencional, pois o sistema de regeneração pode funcionar compensando os períodos de desaceleração e os períodos de parada não são em grande quantidade ou muito extensos.

Outro ponto importante é que não há uso dos sistemas de refrigeração ou aquecimento da cabine do veículo. Dessa maneira, o motor de combustão interna pode permanecer desligado por mais tempo.

- Ciclo HFET - Esse ciclo não é tão favorável à tecnologia híbrida quanto o FTP75, mas também permite que o veículo realize um bom nível de regeneração.

Nesse ciclo, veículos híbridos apresentam resultados mais próximos dos veículos convencionais equipados apenas com motores de combustão interna.

- Ciclo US06 - Os requisitos deste ciclo são uma das principais razões para a diminuição dos consumos de combustível de veículos híbridos.

O ciclo força os veículos a operarem em condições de condução mais agressivas. Nele, o veículo acelera mais rapidamente e atinge velocidades mais altas que nos outros ciclos, exigindo o uso constante do motor de combustão interna no veículo híbrido, aumentando assim o consumo de combustível.

- Ciclo US03- Esse ciclo, assim como o FTP COLD, é um ciclo que afeta consideravelmente o consumo de combustível de veículos híbridos, pois requer o uso contínuo do sistema de ar condicionado. Esse uso requer manter o motor de combustão interna funcionando para

alimentar o compressor do sistema, mesmo que seja elétrico, aumentando o consumo de combustível.

- Ciclo Frio de FTP - Esse ciclo, como o US03, atua no condicionamento da temperatura da cabine. Isso, no caso dos híbridos, requer a manutenção do funcionamento do motor de combustão interna para fornecer o aquecimento da cabine.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir da observação dos resultados encontrados, é possível notar que há correspondência com o que é mostrado por LIM, et. al. (2016 apud LIM, 2018) que apresentou os resultados de ensaios nos quais um veículo híbrido sofre mais deterioração de consumo de combustível em razão das características de condição ambiental de baixa temperatura e modo de ar condicionado dos ciclos FTP Cold e SC03, respectivamente, além de mostrar que os veículos convencionais eram mais afetados pelo em modo de aceleração e desaceleração rápida do ciclo US06.

Como mencionado anteriormente, os fatores de ajuste dos consumos de combustível estão diretamente relacionados com os 3 ciclos adicionais. Estes ciclos simulam diferentes características de rodagem dos veículos e certamente tem influências diferentes quando consideradas as condições brasileiras.

O ciclo adicional *Supplemental Federal Test Procedure US06* adota situações onde o veículo é mais exigido em relação às acelerações e velocidades, o ciclo *Supplemental Federal Test Procedure SC03* obriga o veículo a utilizar o sistema de ar condicionado em temperatura alta, de 35°C e o ciclo FTP75 Cold provoca a utilização do veículo em situações de baixa temperatura ambiente, pois o ensaio é realizados a -7°C (EPA, 2018).

A utilização destes ciclos adicionais implica em elevação de consumo de combustível em veículos convencionais e híbridos, porém, considerando a utilização destes veículos no Brasil, é possível identificar duas características que podem indicar a não equivalência entre a aplicação destes fatores de ajuste para convencionais e híbridos.

Estas características são:

- A adoção de carga adicional de 10% nos 2 ciclos atuais para contemplar a utilização do ar condicionado em veículos que possuem este equipamento e;
- A inexistência de temperaturas baixas que justifiquem a rodagem em condições de -7°C, do ciclo FTP75 Cold, (INMET, 2019).

Apesar disso, os consumos dos veículos convencionais não sofrem aumentos tão significativos como ocorre com os veículos híbridos com a aplicação dos fatores de ajuste. Isso ocorre, pois, as condições mostradas em cada ciclo adicional afetam mais a forma de operação de um veículo híbrido do que a forma de operação de um veículo convencional.

No trajeto rodoviário isso não é percebido, pois os veículos híbridos tendem a ser parecidos com veículos convencionais devido à necessidade da utilização quase que constante do MCI,

porém, no trajeto urbano, as características diversas dos veículos levam a comportamentos diferentes durante a condução.

O trabalho de ensaios e análises foram conduzidos de forma a realizar comparações entre os comportamentos do veículo híbrido e o convencional, sempre levando em consideração os Fatores de Ajuste. Destas comparações e das informações obtidas a partir do referencial teórico mostrado no item 3.6, é possível chegar às seguintes conclusões:

- Não há indicativos que mostrem que os fatores de ajuste são inadequados para veículos que utilizam MCI como única fonte propulsora, como é o caso do Toyota Corolla e, a partir da análise comparativa entre as medições realizadas, foi possível verificar que as variações de consumos de combustível em função do trajeto apresentam comportamentos similares para o Toyota Prius e o veículo movido apenas por MCI, Toyota Corolla.

- Quando comparados aos valores obtidos para o veículo convencional Toyota Corolla, os resultados indicam que os valores obtidos com a aplicação do fator de ajuste no trajeto urbano para o Toyota Prius podem não ser adequados para representar o consumo durante uso normal, indicando a necessidade do desenvolvimento de estudos complementares e abrangentes em relação aos outros modelos de veículos híbridos e convencionais, visando o ajuste dos valores mostrados no PBEV.

- Os valores obtidos pela aplicação do Fator de Ajuste no trajeto rodoviário apresentam resultados similares nos dois tipos de veículos. Isso é um indicativo que o comportamento dos dois tipos de veículos quando utilizados em rodovias são similares, provavelmente pelo aumento da utilização do MCI no Toyota Prius.

Conforme comentado no item 1.1, a etiqueta é uma forma direta de informação ao consumidor sobre a eficiência energética de um determinado veículo, assim, considerando os benefícios dos veículos híbridos, nota-se que a adoção de correção no fator de ajuste poderá trazer benefícios para o aumento da eficiência energética nos transportes, por meio da possível popularização de veículos mais eficientes.

No Brasil optou-se por utilizar, sem considerar uma solução de transição, os fatores de ajuste do consumo medido em laboratório.

Estes fatores, apesar de haver uma expressão matemática para aplicação para o ciclo FPT75 e outra para o ciclo HFET, foram determinados a partir daqueles adotados nos EUA e, assim como nos EUA, não tem alcance suficiente para corrigir os valores encontrados em laboratório para os veículos híbridos. Isto ocorre devido à baixa influência que as diferenças de consumos de veículos híbridos possuem sobre a determinação experimental dos fatores de correção. Por

sua vez, essa baixa influência ocorre devido à baixa quantidade de veículos na frota e utilizada na composição dos fatores.

Por outro lado, mesmo que houvesse uma quantidade significativa deste tipo de veículo na base de cálculo dos fatores de correção, as diferenças entre os consumos em laboratório e em uso normal destes veículos possuem uma ordem de grandeza diferente daquelas encontradas em veículos convencionais. Ou seja, pode existir a necessidade de estabelecer fatores de ajuste especificamente para veículos híbridos. Aparentemente isso pode ser feito, mas talvez seja mais adequado a adoção do método de ciclos adicionais para medição dos consumos.

Devido à característica climática brasileira, provavelmente não seria necessária a adoção do ciclo FTP Cold, e isso traz uma vantagem para o veículo com tecnologia híbrida, pois, como vimos, este ciclo deve colaborar muito para o aumento do consumo de combustível nestes veículos devido à necessidade do aumento do uso do motor de combustão interna para gerar calor.

Enfim, em vista da perspectiva do aumento de veículos híbridos na composição da frota circulante no país e no mundo, nota-se que seria adequado dedicar estudos específicos para avaliar as condições de rodagem destes veículos e, a partir disso, talvez adotar testes que possam representar melhor essas condições.

É possível notar que esta necessidade é mais acentuada em trajetos urbanos, pois, como já mencionado, em trajetos rodoviários os valores de consumos de combustível se mostraram muito próximos aos reais tanto no veículo híbrido como no convencional, indicando comportamentos similares devido à maior utilização do MCI no veículo híbrido nesta condição.

REFERÊNCIAS¹

ALLIANCE TO SAVE ENERGY. The History of Energy Efficiency. Alliance Commission on National Efficiency Policy. EUA, Janeiro 2013. Disponível em: <https://www.ase.org/sites/ase.org/files/resources/Media%20browser/ee_commission_history_report_2-1-13.pdf>. Acesso em 01/09/2019.

ASAP. Appliance Standards Awareness Project. Boston, EUA, 2017. Disponível em: <<https://appliance-standards.org/national>>. Acesso em 21/09/2019.

BRANCO, G. M. et al. Labelling and Standards for Light Duty Vehicles in Brazil – Improving Energy Efficiency and Reducing CO₂. In: FISITA 2010 World Automotive Congress, 2010, Budapest. FISITA 2010 World Automotive Congress, 2010.

BRASIL. Lei Nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996 - Lei da Agência Nacional de Energia Elétrica; Lei da Aneel. Brasília, DF. Diário Oficial da União - Seção 1, 27/dez/1996.

BRASIL. Lei Nº 9.478, de 6 de agosto de 1997. Brasília, DF. Diário Oficial da União - Seção 1, 7/ago/1997.

BRASIL. Lei Nº 9.991, de 24 de julho de 2000. Brasília, DF. Diário Oficial da União - Seção 1. 25/jul/2000.

BRASIL. Lei Nº 10.295, de 17 de outubro de 2001 - Lei de Eficiência Energética. Brasília, DF. Diário Oficial da União - Seção 1, 18/out/2001

BRASIL. Lei Nº 13.280, de 3 de maio de 2016. Brasília, DF. Diário Oficial da União - Seção 1, 4/mai/2016.

BRUNETTI, F. et al. Motores de Combustão Interna, v. 1. São Paulo: Blucher, 2012a.

_____ Motores de Combustão Interna, v. 2. São Paulo: Blucher, 2012b.

¹ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 6023).

CONPET. Site do CONPET. [2019?]. Disponível em: <http://www.conpet.gov.br/portal/conpet/pt_br/conteudo-gerais/conpet.shtml>. Acesso em: 20/nov/2019.

DELOITTE CONSEIL. Energy efficiency in Europe - The levers to deliver the potential, 2016. Disponível em: <<https://www2.deloitte.com/global/en/pages/energy-and-resources/articles/energy-efficiency-in-europe.html>>. Acesso em: 15/nov/2020.

DIRETIVA 2012/27/EU. Parlamento Europeu. 2012. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:EN:PDF>>. Acesso em 12/ago/2019.

DOE. A Brief History of the Department of Energy. Disponível em: <<https://www.energy.gov/lm/doe-history/brief-history-department-energy>>. Acesso em: 23/mar/2020.

DOE, EPA. www.fueleconomy.gov. Test Details. /feg/fe_test_schedules.shtml. [2019?]. Disponível em: <https://www.fueleconomy.gov/feg/fe_test_schedules.shtml>. Acesso em: 14/fev/2019.

DYNAMOMETER DRIVE SCHEDULES. Vehicle and Fuel Emissions. [2021?] Disponível em: <<https://www.epa.gov/vehicle-and-fuel-emissions-testing/dynamometer-drive-schedules#vehicleDDS>>. Acesso em 20/fev/2021.

EHSANI, M. et al. Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles, 3rd Edition. Boca Raton: CRC Press, 2019.

ELETROBRAS/PROCEL, Site. [2019?]. Disponível em: <<https://eletrobras.com/pt/Paginas/Procel.aspx>>. Acesso em: 14/jul/2019.

ENERGY STAR. What is ENERGY STAR. Disponível em: <<https://www.energystar.gov/about?s=footer>>. Acesso em: 20/ago/2019.

EPA. Final Technical Support Document - Fuel Economy Labeling of Motor Vehicles: Revisions to Improve Calculation of Fuel Economy Estimates. U.S. Environmental Protection Agency, Assessment and Standards Division and Certification and Innovative Strategies Division, Office of Transportation and Air Quality, EPA420-R-06-017. Estados Unidos: USEPA, 2006.

EPA. Derived 5-cycle Coefficients for 2017 and Later Model Years. Estados Unidos: U.S.EPA, 2015. Disponível em <https://iaspub.epa.gov/otaqpub/display_file.jsp?docid=35113&flag=1>. Acesso em 04/ago/2019.

EPA. Detailed Test Information. [2019?]. Disponível em: <www.fueleconomy.gov/feg/fe_test_schedules.shtml>. Acesso em: 12/out/2019.

ENERGY AND ENVIRONMENT GUIDE TO ACTION - State Policies and Best Practices for Advancing Energy Efficiency, Renewable Energy, and Combined Heat and Power. Edição 2015. Cap. 4.3 Building Codes for Energy Efficiency. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Atmospheric Programs, Climate Protection Partnerships Division. EPA430-R-15-003. Estados Unidos: 2015.

EVOLUTION. 20 Years of the Pioneering Prius. Evolution. Disponível em: <<https://global.toyota/en/prius20th/evolution/4th/>>. Acesso em: 19/fev/2021.

HIRST, E.; BROWN, M. Closing the efficiency gap: barriers to the efficient use of energy. *Resour. Conserv. Recycl.*, 3:267-281. Elsevier Science Publishers B.V./Pergamon Press plc. Holanda, 1990. Disponível em: <<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0025443799&origin=inward&txGid=1fc1adf274349af74230c84518a42e00>>. Acesso em 15/ago/2020.

HERS INDEX SCORES – THE LOWER, THE BETTER! Residential Energy Services Network (RESNET®), 2019. Disponível em: <<https://www.hersindex.com/articles/hers-index-scores-the-lower-the-better/>>. Acesso em: 15/fev/2021.

HOFMAN, T. Alternative Fuels and Advanced Vehicle Technologies for Improved Environmental Performance, cap. 18 - Hybrid drive train technologies for vehicles. Woodhead Publishing, p.567-581, 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780857095220500182>>. Acesso em: 07/mar/2021.

INMET, Climatologia de Meses e Trimestres de Maiores e Menores Temperaturas e Pluviosidades Médias no Período de 1961-2009. Disponível em <www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/mestempo>. Acesso em 05/ago/2020.

INMETRO, Programa Brasileiro de Etiquetagem. [2019?] Disponível em: <<https://www2.inmetro.gov.br/pbe/historico.php>>. Acesso em 01/10/2019

INMETRO. Etiqueta PBE Veicular, 2015. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtosPBE/veiculosLeves.asp>>. Acesso em 22/11/2019.

JACKSON, N. How Does a Hybrid Car Engine Actually Work? [S/I]: 2011. Disponível em: <<https://www.theatlantic.com/technology/archive/2011/06/infographic-how-does-a-hybrid-car-engine-actually-work/241021/>>. Acesso em: 13/out/2019.

LARSTHOMEE. Disponível em: <<http://www.larsthomee.se/hybrid-en.html>>. Acesso em: 20/jan/2021.

LEED. What is Leed? U.S. Green Building Council: 2021. Disponível em: <<http://leed.usgbc.org/leed.html>>. Acesso em: 15/fev/2021.

LIM, J. et. al. Study on New Type Vehicle Fuel Economy Correction Formula Review According to the Applicable. Journal of Energy Engineering. The Korean Society for Energy. 2016, 25, p.198–206.

LIM, J. et al. Experimental Analysis of Calculation of Fuel Consumption Rate by On-Road Mileage in a 2.0 L Gasoline-Fueled Passenger Vehicle. MDPI, Basel, Switzerland. Nov. 2018. Open access. Disponível em: <www.mdpi.com>. Acesso em: 10/fev/2021.

MILLER, J; DU, L; KODJAK, D. Impacts of World-Class Vehicle Efficiency and Emissions Regulations in Select G20 Countries. Washington DC: The International Council on Clean Transportation, 2017. Disponível em: <https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_G20-briefingpaper_Jan2017_vF.pdf>. Acesso em: 12/out/2019.

NADEL, S. et al. Energy Efficiency in the United States: 35 Years and Counting. Washington, 2015. American Council for an Energy-Efficient Economy. Report E1502. Disponível em: <<https://www.aceee.org/sites/default/files/publications/researchreports/e1502.pdf>>. Acesso em 14/fev/2021.

ODEX. Energy efficiency index (ODEX) for final consumers in the EU. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/energy-efficiency-index-in-households-3#tab-chart_1>. Acesso em 23/ago/2019.

PBEV. Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular - folder_PBEV_2016.pdf. Disponível em: <<http://www.conpet.gov.br>>. Acesso em: 10/abr/2019.

RAVI INDUSTRIA DE PEÇAS. Engrenagem Planetária. Disponível em: <<https://www.ravi.ind.br/engrenagem-planetaria>>. Acesso em: 28/fev/2021.

SINGH, K.V., BANSAL, H.O., SINGH, D. A comprehensive review on hybrid electric vehicles: architectures and components. Journal of Modern Transportation, n. 27. p. 77–107. Jun. 2019. Open access. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s40534-019-0184-3>>. Acesso em: 28/fev/2021.

TIETGE, Uwe. Real-World Fuel Consumption and CO₂ Emissions of New Passenger Cars in Europe. Washington DC: The International Council on Clean Transportation, nov. 2017. Disponível em: <https://theicct.org/sites/default/files/L2R17_ICCT-fact-sheet_EN_vF.pdf>. Acesso em: 25/set/2020.

TOYOTA. 2017 Hybrid Transaxle Cut Away. Disponível em: <<https://global.toyota/en/download/18823843/>>. Acesso em: 19/fev/2021.

TSOKOLIS, D. et al. Fuel consumption and CO₂ emissions of passenger cars over the New Worldwide Harmonized Test Protocol. *Applied Energy* 179, p. 1152–1165, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.07.091>>. Acesso em: 16/fev/2021.

TRB - Transportation Research Board and National Research Council. Effectiveness and Impact of Corporate Average Fuel Economy (CAFE) Standards. Washington, EUA: The National Academies Press, 2002.

WANG, L., et al. Architectures of Planetary Hybrid Powertrain System: Review, Classification and Comparison. *Energies*. MDPI, Basel, Switzerland. Jan. 2020. Open access. Disponível em: <www.mdpi.com>. Acesso em: 28/fev/2021.

WATSON, H. C. Vehicle Driving Patterns and Measurement Methods for Energy and Emissions Assessment. Canberra, Australia: Australian Government Publishing Service, 1978

WILMINK, Kristinka. “A study on the factors influencing the adoption of Hybrid and Electric Vehicles in The Netherlands”. (Dissertação de Mestrado). Rotterdam School of Management, Erasmus University, Business Information Management. Roterdan, 2015. Disponível em: <www.rsm.nl/fileadmin/Images_NEW/ECFEB/pdf/Wilmink__2015__A_study_on_the_factors_influencing_the_adoption_of_Hybrid_and_Electric_Vehicles_in_The_Netherlands.pdf>. Acesso em 12/fev/2019.

YANG, Zifei; ZHU, Lin; BANDIVADEKAR, Anup. A Review and Evaluation of Vehicle Fuel Efficiency Labeling and Consumer Information Programs. Washington: The ICCT, 2015. Disponível em: <www.theicct.org/sites/default/files/publications/VFEL%20paper%20ICCT_%20for%20APEC%20-%2012%20Nov%202015%20FINAL.pdf>. Acesso em 16/out/2020.

ANEXO I – TABELAS DE REGISTROS DE ENSAIOS

Registros de percurso urbano:

Combustível	Consumo Urbano - Toyota Corolla 1.8i Automático											
	Motorista	Data	Horário inicial	Horário final	Tempo do Percurso (h)	Computador de bordo			Medidor de vazão		Trânsito	Clima
						Distância percorrida (km)	Velocidade média (km/L)	Consumo médio (L)	Volume consumido (L)	km/L		
Gasolina comum	André Ruiz	21/mar	13:35	15:00	1:25	27,7	19,0	10,6	2,488	11,0	Moderado	Chuva leve
	André Ruiz	21/mar	15:18	17:00	1:42	27,7	16,0	9,6	2,792	9,8	Intenso	Chuva leve
	André Ruiz	22/mar	08:27	09:52	1:25	27,7	19,0	11,1	2,449	11,2	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	22/mar	10:04	11:34	1:30	27,7	18,0	11,1	2,424	11,3	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	22/mar	13:41	15:17	1:36	27,7	17,0	10,5	2,496	11,0	Moderado	Ensolarado
	André Ruiz	22/mar	15:39	17:25	1:46	27,7	15,0	9,3	2,893	9,5	Moderado	Ensolarado
	Rafael	25/mar	08:42	10:08	1:26	27,7	19,0	10,7	2,527	10,8	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	25/mar	10:40	12:08	1:28	27,7	18,0	10,7	2,490	11,0	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	25/mar	13:48	15:11	1:23	28,1	20,0	11,4	2,400	11,4	Livre	Ensolarado
	Caio	25/mar	15:38	17:07	1:29	27,7	18,0	10,0	2,653	10,3	Moderado	Ensolarado
	Caio	25/mar	17:32	19:32	2:00	27,6	13,0	8,3	3,206	8,5	Intenso	Ensolarado
	Caio	25/mar	21:08	22:24	1:16	27,6	20,0	11,4	2,319	11,8	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	26/mar	07:56	9:33	1:37	27,7	16,0	10,2	2,618	10,5	Moderado	Ensolarado
	André Ruiz	26/mar	09:54	11:19	1:25	27,6	19,0	11,5	2,291	12,0	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	26/mar	11:32	12:56	1:24	27,6	19,0	11,3	2,372	11,6	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	26/mar	14:04	15:30	1:26	27,6	18,0	11,1	2,418	11,3	Livre	Ensolarado
	Caio	26/mar	16:00	17:41	1:41	27,7	16,0	9,3	2,871	9,5	Moderado	Ensolarado
	Caio	26/mar	17:58	19:48	1:50	27,7	15,0	8,7	3,040	9,0	Intenso	Ensolarado
	Caio	26/mar	21:06	22:22	1:16	27,7	21,0	11,6	2,291	12,0	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	27/mar	08:03	9:45	1:42	27,7	16,0	9,9	2,733	10,0	Moderado	Ensolarado
	André Ruiz	27/mar	13:55	15:15	1:20	27,7	20,0	11,4	2,341	11,7	Livre	Ensolarado
	Caio	27/mar	16:18	17:51	1:33	27,8	18,0	10,0	2,666	10,3	Moderado	Ensolarado
	Caio	27/mar	18:09	19:49	1:40	27,7	16,0	9,0	2,920	9,4	Intenso	Ensolarado
	Caio	27/mar	21:00	22:17	1:17	28,3	21,0	11,8	2,273	12,1	Livre	Chuva leve
	André Ruiz	28/mar	08:30	10:04	1:34	27,7	17,0	10,2	2,573	10,6	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	28/mar	10:15	11:40	1:25	27,7	19,0	11,1	2,394	11,4	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	28/mar	13:32	14:55	1:23	27,7	19,0	11,1	2,418	11,3	Livre	Chuva leve
	Caio	28/mar	15:23	16:43	1:20	27,7	20,0	11,2	2,385	11,5	Livre	Ensolarado
	Caio	28/mar	16:58	19:04	2:06	27,7	13,0	8,3	3,244	8,4	Intenso	Ensolarado
	Caio	28/mar	21:04	22:21	1:17	27,8	21,0	12,6	2,123	12,9	Livre	Chuva leve
	André Ruiz	29/mar	08:13	9:42	1:29	27,7	18,0	11,3	2,389	11,5	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	29/mar	10:06	11:39	1:33	27,7	17,0	11,0	2,149	12,7	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	29/mar	13:06	14:35	1:29	27,7	17,0	11,0	2,446	11,2	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	29/mar	14:57	16:34	1:37	27,7	16,0	10,4	2,614	10,5	Livre	Ensolarado
	Caio	29/mar	17:09	19:25	2:16	27,7	12,0	7,7	3,456	7,9	Intenso	Ensolarado
	Caio	29/mar	21:00	22:18	1:18	27,8	20,0	12,2	2,194	12,5	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	01/abr	08:18	9:46	1:28	27,7	18,0	11,0	2,449	11,2	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	01/abr	10:00	11:22	1:22	27,7	20,0	11,8	2,267	12,1	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	01/abr	13:28	14:55	1:27	27,7	18,0	11,1	2,382	11,5	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	01/abr	15:16	16:43	1:27	27,7	19,0	11,3	2,397	11,4	Livre	Ensolarado
	Caio	01/abr	17:06	19:04	1:58	27,7	13,0	8,6	3,098	8,8	Intenso	Ensolarado
	Caio	01/abr	21:05	22:18	1:13	27,7	22,0	13,0	2,055	13,3	Livre	Ensolarado
	Ronaldo	08/abr	14:53	16:26	1:33	27,7	17,0	11,1	2,428	11,3	Moderado	Chuva leve
	Caio	08/abr	17:28	19:36	2:08	27,6	13,0	7,7	3,512	7,8	Intenso	Chuva Forte
	André Ruiz	09/abr	08:23	10:19	1:56	27,7	14,0	9,1	2,916	9,4	Intenso	Chuva leve
	André Ruiz	09/abr	10:31	12:06	1:35	27,7	17,0	10,4	2,561	10,7	Livre	Chuva leve
	Ronaldo	09/abr	14:18	16:00	1:42	27,6	16,0	10,2	2,645	10,4	Intenso	Chuva Forte
	Caio	09/abr	16:35	19:04	2:29	27,8	11,0	7,2	3,729	7,3	Intenso	Chuva leve
	Caio	09/abr	21:06	22:14	1:08	27,9	24,0	11,7	2,305	11,9	Livre	Chuva leve
	André Ruiz	10/abr	08:27	10:10	1:43	27,7	16,0	10,0	2,671	10,3	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	10/abr	10:32	11:57	1:25	27,7	19,0	11,5	2,341	11,7	Livre	Ensolarado
	Ronaldo	10/abr	13:50	15:26	1:36	27,7	17,0	10,9	2,483	11,0	Livre	Ensolarado
	Caio	10/abr	16:12	18:18	2:06	27,7	12,0	8,3	3,171	8,6	Intenso	Chuva leve
	Caio	10/abr	21:03	22:10	1:07	27,7	24,0	12,6	2,148	12,8	Livre	Ensolarado

Combustível	Consumo Urbano - Toyota Prius 1.8i Automático											
	Motorista	Data	Horário inicial	Horário final	Tempo do Percurso (h)	Computador de bordo			Medidor de vazão		Trânsito	Clima
						Distância percorrida (km)	Velocidade média (km/L)	Consumo médio (L)	Volume consumido (L)	km/L		
Gasolina comum	Leandro	21/mar	13:34	14:59	1:25	27,4	19,0	26,3	1,090	25,1	Moderado	Chuva leve
	Leandro	21/mar	15:15	17:00	1:45	27,4	16,0	23,3	1,254	21,9	Intenso	Chuva leve
	Leandro	22/mar	08:25	09:50	1:25	27,4	19,0	25,6	1,097	25,0	Livre	Ensolarado
	Leandro	22/mar	10:05	11:33	1:28	27,5	19,0	26,3	1,105	24,8	Livre	Ensolarado
	Leandro	22/mar	13:40	15:17	1:37	27,4	17,0	24,4	1,209	22,7	Moderado	Ensolarado
	Leandro	22/mar	15:38	17:25	1:47	27,4	16,0	23,3	1,240	22,1	Moderado	Ensolarado
	Leandro	25/mar	08:42	10:07	1:25	27,4	20,0	25,6	1,087	25,2	Livre	Ensolarado
	Leandro	25/mar	10:38	12:07	1:29	27,3	18,0	25,6	1,123	24,4	Livre	Ensolarado
	Ronaldo	25/mar	13:48	15:10	1:22	27,9	19,0	25,0	1,150	23,8	Livre	Ensolarado
	Ronaldo	25/mar	15:38	17:07	1:29	27,4	18,0	27,0	1,070	25,6	Moderado	Ensolarado
	Ronaldo	25/mar	17:31	19:31	2:00	27,4	16,0	23,3	1,125	24,4	Intenso	Ensolarado
	Ronaldo	25/mar	21:08	22:25	1:17	27,4	21,0	27,0	1,052	26,0	Livre	Ensolarado
	Marcelo	26/mar	07:54	9:33	1:39	27,4	16,0	23,8	1,196	22,9	Moderado	Ensolarado
	Marcelo	26/mar	09:54	11:18	1:24	27,4	19,0	25,6	1,071	25,6	Livre	Ensolarado
	Marcelo	26/mar	11:31	12:57	1:26	27,4	19,0	23,3	1,221	22,4	Livre	Ensolarado
	Ronaldo	26/mar	14:03	15:31	1:28	27,3	19,0	28,6	1,042	26,3	Livre	Ensolarado
	Ronaldo	26/mar	15:59	17:40	1:41	27,3	16,0	26,3	1,123	24,4	Moderado	Ensolarado
	Ronaldo	26/mar	17:58	19:48	1:50	27,3	15,0	23,8	1,234	22,2	Intenso	Ensolarado
	Ronaldo	26/mar	21:06	22:22	1:16	27,3	21,0	27,8	1,054	26,0	Livre	Ensolarado
	Leandro	27/mar	08:03	9:44	1:41	27,4	16,0	25,6	1,129	24,3	Moderado	Ensolarado
	Ronaldo	27/mar	13:55	15:14	1:19	27,4	20,0	30,3	0,973	28,2	Livre	Ensolarado
	Ronaldo	27/mar	16:17	17:50	1:33	27,3	15,0	27,0	1,073	25,5	Moderado	Ensolarado
	Ronaldo	27/mar	18:09	19:48	1:39	27,3	16,0	25,6	1,138	24,1	Intenso	Ensolarado
	Ronaldo	27/mar	20:59	22:17	1:18	27,9	21,0	26,3	1,108	24,7	Livre	Chuva leve
	Leandro	28/mar	08:30	10:03	1:33	27,4	15,0	26,3	1,131	24,2	Livre	Ensolarado
	Leandro	28/mar	10:15	11:40	1:25	27,5	19,0	25,6	1,078	25,4	Livre	Ensolarado
	Leandro	28/mar	13:30	14:55	1:25	27,4	19,0	24,4	1,121	24,4	Livre	Chuva leve
	Ronaldo	28/mar	15:20	16:43	1:23	27,4	20,0	27,0	1,071	25,6	Livre	Ensolarado
	Ronaldo	28/mar	16:58	19:02	2:04	27,4	16,0	22,2	1,285	21,3	Intenso	Ensolarado
	Ronaldo	28/mar	21:05	22:20	1:15	27,4	22,0	26,3	1,094	25,0	Livre	Chuva leve
	Leandro	29/mar	08:13	9:40	1:27	27,5	18,0	25,6	1,117	24,5	Livre	Ensolarado
	Leandro	29/mar	10:04	11:39	1:35	27,3	18,0	26,3	1,084	25,3	Livre	Ensolarado
	Leandro	29/mar	13:05	14:34	1:29	27,5	18,0	27,0	1,064	25,8	Livre	Ensolarado
	Ronaldo	29/mar	14:57	16:34	1:37	27,4	-	26,3	1,108	24,7	Livre	Ensolarado
	Ronaldo	29/mar	17:08	19:24	2:16	27,3	14,0	21,7	1,332	20,6	Intenso	Ensolarado
	Ronaldo	29/mar	21:00	22:18	1:18	27,4	21,0	26,3	1,080	25,4	Livre	Ensolarado
	Leandro	01/abr	08:17	9:46	1:29	27,4	18,0	27,8	1,022	26,8	Livre	Ensolarado
	Leandro	01/abr	10:00	11:22	1:22	27,4	20,0	25,0	1,095	25,0	Livre	Ensolarado
	Leandro	01/abr	13:28	14:54	1:26	27,4	19,0	28,6	1,026	26,7	Livre	Ensolarado
	Ronaldo	01/abr	15:16	16:42	1:26	27,4	19,0	27,0	1,063	25,8	Livre	Ensolarado
	Ronaldo	01/abr	17:05	19:04	1:59	27,4	14,0	23,8	-		Intenso	Ensolarado
	Ronaldo	01/abr	21:04	22:18	1:14	27,4	22,0	27,8	1,038	26,4	Livre	Ensolarado
	Leandro	08/abr	14:53	16:26	1:33	27,4	18,0	25,0	1,104	24,8	Moderado	Chuva leve
	Ronaldo	08/abr	17:28	19:36	2:08	27,4	13,0	18,5	1,530	17,9	Intenso	Chuva Forte
	Leandro	09/abr	08:24	10:16	1:52	27,4	14,0	22,2	1,271	21,6	Intenso	Chuva leve
	Leandro	09/abr	10:30	12:06	1:36	27,4	17,0	25,0	1,132	24,2	Livre	Chuva leve
	Leandro	09/abr	14:18	16:00	1:42	27,4	16,0	23,3	1,243	22,0	Intenso	Chuva Forte
	Ronaldo	09/abr	16:35	19:02	2:27	27,4	11,0	17,5	1,625	16,9	Intenso	Chuva leve
	Ronaldo	09/abr	21:05	22:13	1:08	27,4	24,0	22,7	1,269	21,6	Livre	Chuva leve
	Leandro	10/abr	08:27	10:09	1:42	27,4	16,0	25,0	1,102	24,9	Livre	Ensolarado
	Leandro	10/abr	10:32	11:57	1:25	27,4	19,0	28,6	0,978	28,0	Livre	Ensolarado
	Leandro	10/abr	13:50	15:25	1:35	27,4	17,0	26,3	1,092	25,1	Livre	Ensolarado
	Ronaldo	10/abr	16:11	18:17	2:06	27,4	13,0	21,7	1,324	20,7	Intenso	Ensolarado
	Ronaldo	10/abr	21:03	22:09	1:06	27,4	25,0	23,8	1,189	23,0	Livre	Ensolarado

Registros de percurso urbano com aclives e declives:

Combustível	Consumo Urbano Aclive / Declive- Toyota Corolla 1.8i Automático											
	Motorista	Data	Horário inicial	Horário final	Tempo do Percurso (h)	Computador de bordo			Medidor de vazão		Trânsito	Clima
						Distância percorrida (km)	Velocidade média (km/L)	Consumo médio (L)	Volume consumido (L)	km/L		
Gasolina comum	André Ruiz	27/mar	10:48	11:23	0:35	8,0	12,0	7,0	1,092	7,8	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	02/abr	09:36	10:07	0:31	8,6	17,0	8,0	1,042	8,2	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	02/abr	10:11	10:42	0:31	8,6	16,0	8,0	1,039	8,2	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	02/abr	10:44	11:14	0:30	8,6	18,0	8,1	1,031	8,2	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	02/abr	11:16	11:47	0:31	8,6	16,0	7,8	1,076	7,9	Livre	Ensolarado
	Ronaldo	02/abr	14:10	14:45	0:35	8,6	13,0	7,7	1,088	7,8	Livre	Ensolarado
	Ronaldo	02/abr	14:47	15:19	0:32	8,6	14,0	8,5	0,980	8,7	Livre	Ensolarado
	Caio	02/abr	15:58	16:39	0:41	8,6	13,0	6,6	1,249	6,8	Moderado	Ensolarado
	Caio	02/abr	16:41	17:09	0:28	8,6	17,0	8,1	1,022	8,3	Livre	Ensolarado
	Caio	02/abr	19:30	20:03	0:33	8,6	18,0	7,4	1,109	7,7	Livre	Ensolarado
	Caio	02/abr	20:05	20:37	0:32	8,6	17,0	7,9	1,052	8,1	Livre	Ensolarado
	Caio	02/abr	20:38	21:08	0:30	8,6	17,0	8,0	1,048	8,1	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	03/abr	09:35	10:05	0:30	8,6	17,0	8,3	0,992	8,6	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	03/abr	10:07	10:37	0:30	8,6	17,0	8,0	1,033	8,2	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	03/abr	10:39	11:08	0:29	8,6	17,0	8,3	1,016	8,4	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	03/abr	11:11	11:42	0:31	8,6	16,0	7,8	1,070	7,9	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	03/abr	13:15	13:52	0:37	8,6	14,0	7,2	1,152	7,4	Moderado	Ensolarado
	André Ruiz	03/abr	13:54	14:25	0:31	8,6	16,0	8,2	1,029	8,3	Livre	Ensolarado
	Caio	03/abr	17:18	17:51	0:33	8,6	17,0	7,3	1,144	7,4	Livre	Ensolarado
	Caio	03/abr	17:53	18:32	0:39	8,6	15,0	6,7	1,236	6,9	Moderado	Ensolarado
	Caio	03/abr	18:35	19:15	0:40	8,6	14,0	6,5	1,286	6,6	Moderado	Ensolarado
	Caio	03/abr	19:16	19:57	0:41	8,6	13,0	6,7	1,255	6,8	Moderado	Ensolarado
	André Ruiz	04/abr	09:18	9:49	0:31	8,6	15,0	8,0	1,020	8,3	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	04/abr	09:51	10:19	0:28	8,6	16,0	8,1	1,001	8,5	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	04/abr	10:21	10:50	0:29	8,6	17,0	8,0	1,021	8,3	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	04/abr	10:52	11:23	0:31	8,6	16,0	7,7	1,071	7,9	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	04/abr	11:25	11:57	0:32	8,6	16,0	7,7	1,073	7,9	Livre	Ensolarado
	Caio	04/abr	16:10	16:45	0:35	8,6	18,0	7,5	1,113	7,6	Livre	Ensolarado
	Caio	04/abr	16:46	17:20	0:34	8,6	15,0	7,7	1,046	8,1	Livre	Ensolarado
	Caio	04/abr	17:21	18:01	0:40	8,6	13,0	6,4	1,263	6,7	Moderado	Ensolarado
	Caio	04/abr	18:03	18:43	0:40	8,6	12,0	6,3	1,275	6,7	Moderado	Ensolarado
	Caio	04/abr	18:46	19:33	0:47	8,6	13,0	6,2	1,293	6,6	Moderado	Ensolarado

Combustível	Consumo Urbano Active / Declive - Toyota Prius 1.8i Automático											
	Motorista	Data	Horário inicial	Horário final	Tempo do Percurso (h)	Computador de bordo			Medidor de vazão		Trânsito	Clima
						Distância percorrida (km)	Velocidade média (km/L)	Consumo médio (L)	Volume consumido (L)	km/L		
Gasolina comum	Curtulo	27/mar	10:46	11:23	0:37	8,0	13,0	18,2	0,460	18,5	Livre	Ensolarado
	Leandro	02/abr	09:35	10:06	0:31	8,5	16,0	18,9	0,465	18,3	Livre	Ensolarado
	Leandro	02/abr	10:10	10:41	0:31	8,5	16,0	20,0	0,440	19,3	Livre	Ensolarado
	Leandro	02/abr	10:43	11:13	0:30	8,5	17,0	17,9	0,497	17,1	Livre	Ensolarado
	Leandro	02/abr	11:15	11:47	0:32	8,5	16,0	18,9	0,470	18,1	Livre	Ensolarado
	Leandro	02/abr	14:10	14:45	0:35	8,5	14,0	18,9	0,471	18,0	Livre	Ensolarado
	Leandro	02/abr	14:47	15:18	0:31	8,5	16,0	18,5	0,485	17,5	Livre	Ensolarado
	Ronaldo	02/abr	15:58	16:39	0:41	8,5	13,0	17,9	0,485	17,5	Moderado	Ensolarado
	Ronaldo	02/abr	16:41	17:09	0:28	8,6	18,0	17,9	0,499	17,0	Livre	Ensolarado
	Ronaldo	02/abr	19:30	20:03	0:33	8,5	15,0	17,9	0,487	17,5	Livre	Ensolarado
	Ronaldo	02/abr	20:05	20:36	0:31	8,5	16,0	18,9	0,477	17,8	Livre	Ensolarado
	Ronaldo	02/abr	20:38	21:07	0:29	8,5	17,0	19,6	0,451	18,8	Livre	Ensolarado
	Leandro	03/abr	09:35	10:05	0:30	8,5	17,0	19,2	0,461	18,4	Livre	Ensolarado
	Leandro	03/abr	10:06	10:36	0:30	8,5	17,0	18,9	0,467	18,2	Livre	Ensolarado
	Leandro	03/abr	10:38	11:07	0:29	8,5	17,0	19,2	0,460	18,5	Livre	Ensolarado
	Leandro	03/abr	11:08	11:42	0:34	8,5	16,0	20,0	0,446	19,1	Livre	Ensolarado
	Leandro	03/abr	13:15	13:52	0:37	8,5	14,0	16,1	0,540	15,7	Moderado	Ensolarado
	Leandro	03/abr	13:53	14:25	0:32	8,5	17,0	15,4	0,590	14,4	Livre	Ensolarado
	Ronaldo	03/abr	17:18	17:50	0:32	8,5	16,0	15,2	0,587	14,5	Livre	Ensolarado
	Ronaldo	03/abr	17:53	18:32	0:39	8,5	13,0	16,7	0,528	16,1	Moderado	Ensolarado
	Ronaldo	03/abr	18:34	19:14	0:40	8,5	12,0	17,9	0,501	17,0	Moderado	Ensolarado
	Ronaldo	03/abr	19:16	19:56	0:40	8,5	13,0	18,9	0,477	17,8	Moderado	Ensolarado
	Leandro	04/abr	09:18	9:48	0:30	8,1	17,0	19,6	0,449	18,9	Livre	Ensolarado
	Leandro	04/abr	09:50	10:18	0:28	8,5	18,0	21,3	0,416	20,4	Livre	Ensolarado
	Leandro	04/abr	10:20	10:50	0:30	8,5	17,0	20,4	0,436	19,5	Livre	Ensolarado
	Leandro	04/abr	10:51	11:23	0:32	8,5	16,0	16,1	0,547	15,5	Livre	Ensolarado
	Leandro	04/abr	11:25	11:57	0:32	8,5	16,0	15,6	0,518	16,4	Livre	Ensolarado
	Ronaldo	04/abr	16:09	16:44	0:35	8,5	14,0	12,1	0,725	11,7	Livre	Ensolarado
	Ronaldo	04/abr	16:45	17:19	0:34	8,5	15,0	15,4	0,573	14,8	Livre	Ensolarado
	Ronaldo	04/abr	17:21	18:00	0:39	8,5	12,0	15,6	0,564	15,1	Moderado	Ensolarado
	Ronaldo	04/abr	18:02	18:43	0:41	8,5	12,0	19,2	0,463	18,4	Moderado	Ensolarado
	Ronaldo	04/abr	18:48	19:32	0:44	8,5	13,0	16,7	0,485	17,5	Moderado	Ensolarado

Registros de percurso suburbano:

Combustível	Consumo Suburbano - Toyota Corolla 1.8i Automático											
	Motorista	Data	Horário inicial	Horário final	Tempo do Percurso (h)	Computador de bordo			Medidor de vazão		Trânsito	Clima
						Distância percorrida (km)	Velocidade média (km/L)	Consumo médio (L)	Volume consumido (L)	km/L		
Gasolina comum	André Ruiz	05/abr	09:20	10:13	0:53	74,5	79,0	20,6	3,571	20,9	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	05/abr	10:15	11:08	0:53	74,7	85,0	20,2	3,675	20,3	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	05/abr	11:10	11:59	0:49	73,6	91,0	20,4	3,606	20,4	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	05/abr	14:08	15:03	0:55	74,0	75,0	21,0	3,530	21,0	Livre	Ensolarado
	André Ruiz	05/abr	15:05	15:57	0:52	73,8	78,0	21,6	3,380	21,8	Livre	Ensolarado

Combustível	Consumo Suburbano - Toyota Prius 1.8i Automático											
	Motorista	Data	Horário inicial	Horário final	Tempo do Percurso (h)	Computador de bordo			Medidor de vazão		Trânsito	Clima
						Distância percorrida (km)	Velocidade média (km/L)	Consumo médio (L)	Volume consumido (L)	km/L		
Gasolina comum	Leandro	05/abr	09:20	10:13	0:53	73,6	86,0	27,0	2,827	26,4	Livre	Ensolarado
	Leandro	05/abr	10:15	11:07	0:52	73,5	86,0	25,6	2,952	25,3	Livre	Ensolarado
	Leandro	05/abr	11:10	11:59	0:49	73,1	91,0	25,6	2,944	25,0	Livre	Ensolarado
	Leandro	05/abr	14:08	15:02	0:54	73,5	84,0	27,0	2,786	26,6	Livre	Ensolarado
	Leandro	05/abr	15:04	15:56	0:52	72,8	85,0	27,0	2,012	36,7	Livre	Ensolarado

Observação: o valor indicado em amarelo foi desconsiderado, devido a problema de travamento do medidor de vazão.