

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
E DE IMPACTOS AMBIENTAIS POR MEIO DA
GESTÃO DE FROTAS A PARTIR DO USO DA TELEMETRIA**

CARLOS AURÉLIO VALERETTO

ORIENTADOR: PROF. DR. APARECIDO REIS COUTINHO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção.

SANTA BÁRBARA D'OESTE

2019

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
E DE IMPACTOS AMBIENTAIS POR MEIO DA
GESTÃO DE FROTAS A PARTIR DO USO DA TELEMETRIA**

CARLOS AURÉLIO VALERETTO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DEFENDIDA E APROVADA, EM 05 DE DEZEMBRO
DE 2019, PELA BANCA EXAMINADORA CONSTITUÍDA PELOS PROFESSORES:

PROF. DR. APARECIDO DOS REIS COUTINHO
UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA

PROF. DRA. MARIA RITA PONTES ASSUMPÇÃO
UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA

PROF. DR. CARLOS ROBERTO CAMELLO LIMA
UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA

PROF. DRA. DANIELA BACCHI BARTHOLOMEU BONATO
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

V162a Valeretto, Carlos Aurélio
Avaliação da eficiência energética e de impactos ambientais por meio da gestão de frotas a partir do uso da telemetria / Carlos Aurélio Valeretto. – 2019.
107 f.: il.; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. Aparecido dos Reis Coutinho.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Metodista de Piracicaba, Engenharia de Produção, Santa Bárbara d'Oeste, 2019.

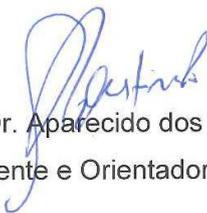
1. Telemetria. 2. Transporte rodoviário 3. Poluentes I. Coutinho, Aparecido dos Reis. II. Título.

CDD – 670

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DE IMPACTOS AMBIENTAIS POR MEIO
DA GESTÃO DE FROTAS A PARTIR DO USO DA TELEMETRIA**

CARLOS AURÉLIO VALERETTO

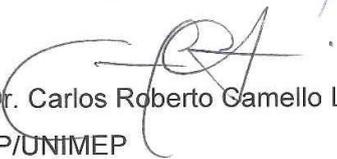
Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em 05 de dezembro de 2018, pela Banca Examinadora constituída pelos Professores:



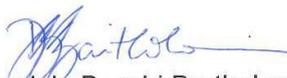
Prof. Dr. Aparecido dos Reis Coutinho – PPGE/UNIMEP
Presidente e Orientador



Profa. Dra. Maria Rita Pontes Assumpção
PPGE/UNIMEP



Prof. Dr. Carlos Roberto Gamello Lima
PPGE/UNIMEP



Profa. Dra. Daniela Bacchi Bartholomeu Bonato

Seja você quem for,
seja qual for a posição social
que você tenha na vida,
a mais alta ou a mais baixa,
tenha sempre como meta
muita força, muita determinação
e sempre faça tudo
com muito amor e com muita fé em Deus,
que um dia você chega lá.
De alguma maneira você chega lá.

Ayrton Senna

DEDICATÓRIA

Aos meus pais,
Antonio David Valeretto (in Memoriam) e
Maria de Fátima Machado Valeretto
por me conceder a vida,
e me proporcionar uma boa educação,
regada a ensinamentos
e compartilhando lições e valores.
Sendo muitos destes
retirados da escritura sagrada,
livro de Jó 42:2,
“Eu reconheço que para ti
nada é impossível e que nenhum
dos seus planos pode ser impedido”.

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor todo poderoso, criador dos céus e da Terra,

À minha família, que é o pilar de sustentação de minha vida.

A minha esposa, Natalia Rodrigues de Barros Valeretto,

amiga e companheira de todas as horas,

Aos meus filhos, Alexandre Barros Valeretto e

Adriano Barros Valeretto, que são meus maiores tesouros,

meus bens mais preciosos.

A Marta Helena Teixeira Bragáglia, e aos professores

do Programa de Pós Graduação em

Engenharia de Produção – PPGEPP da UNIMEP,

e gratidão especial a meu orientador

professor Dr. Aparecido dos Reis Coutinho,

que sempre me apoiou na trajetória acadêmica,

contribuindo imensamente para a realização deste trabalho,

e por cada palavra de incentivo e fortalecimento.

E a todos aqueles que me impulsionaram nos momentos difíceis,

dando-me forças para seguir meus projetos e alcançar meus objetivos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – Brasil.

VALERETTO, Carlos Aurélio, Avaliação da Eficiência Energética e de Impactos Ambientais por meio da Gestão de Frotas a partir do uso da Telemetria. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste, 2019.

Resumo

Este trabalho tem por objetivo a avaliação da eficiência energética, por meio da quantificação do consumo de combustíveis e emissões de gases poluentes em empresa transportadora de combustíveis líquidos. A avaliação é composta por período de três anos anteriores e três anos posteriores à implantação da telemetria como ferramenta de gestão de frotas. A análise contempla cenários, por meio da identificação, quantificação e agrupamento dos veículos de acordo com potência e capacidade/volume de transporte, além da identificação de operação de transporte e quantificação da quilometragem percorrida por agrupamento. A pesquisa se baseia em um estudo de caso, avaliando a operação de coleta dos combustíveis líquidos na Refinaria Planalto – Replan, localizada no município de Paulínia/SP, transporte para postos de revenda de combustíveis localizados na região metropolitana de Campinas – RMC, para aeroportos situados nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do país, além de coleta e distribuição de etanol nas usinas do Estado de São Paulo. Foram coletados dados da frota da empresa, compondo uma amostra de 63 veículos. Os principais resultados obtidos no período posterior à telemetria, em relação ao período anterior a implantação da telemetria, indicam aumento superior a 20% na eficiência energética da frota, resultando em economia de combustível e redução nas emissões de gases poluentes como o monóxido de carbono, hidrocarbonetos não metano, óxidos de nitrogênio, material particulado e gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência Energética, Transporte Rodoviário, Emissão de Poluentes, GEE, Gestão de Frotas, Telemetria.

VALERETTO, Carlos Aurélio, *Energy efficiency assessment and environmental impacts through fleet management through the use of telemetry*. 107 f. Thesis (Master's Degree) – Methodist University of Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste, 2019.

ABSTRACT

This paper evaluate energy efficiency by quantifying fuel consumption and emissions of pollutant gases in a liquid fuel carrier. The evaluation consists of a period of three years prior to and three years after the implementation of telemetry as a quota management tool. The analysis includes scenarios, through identification, quantification and grouping of vehicles according to power and volume / transport capacity, in addition to the identification of transport operation and quantification of distance traveled by grouping. This research is based on a case study, evaluating a liquid fuels collection operation applied at the Planalto - Replan Refinery, located in Paulínia / SP, transportation to post of sales stations in the metropolitan region of Campinas - RMC, for airports located in the Southeast and Midwest regions of the country, as well as the collection and distribution of ethanol in the plants of the State of São Paulo. Data were collected from the company's fleet, composing a sample of 63 vehicles. The main results obtained in the post-telemetry period, compared to the period before the telemetry deployment, increased by more than 20% in the energy efficiency of the fleet, resulting in fuel economy and reduction in emissions of polluting gases such as carbon monoxide, hydrocarbons non-methane, nitrogen oxides, particulate matter and greenhouse gases such as carbon dioxide.

KEYWORDS: *Energy Efficiency, Road Transport, Pollutant Emissions, GHG, Fleet Management, Telemetry.*

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 13 |
| 1.1 Justificativa e relevância da pesquisa..... | 15 |
| 1.2 Pergunta Problema..... | 21 |
| 1.3 Objetivo do trabalho..... | 21 |
| 1.3.1 Objetivos específicos..... | 21 |
| 1.4 Delimitação e estrutura do trabalho..... | 22 |
| 2. REVISÃO DA LITERATURA CIENTÍFICA..... | 24 |
| 2.1 Questões climáticas relacionadas ao uso de combustíveis fósseis..... | 26 |
| 2.2 Modais e matriz de transporte no Brasil..... | 29 |
| 2.2.1 Transportes no Brasil..... | 32 |
| 2.2.2 Transporte rodoviário no Brasil..... | 35 |
| 2.2.3 Transporte rodoviário de combustíveis líquidos no Brasil..... | 41 |
| 2.2.4 Mercado nacional de combustíveis líquidos..... | 44 |
| 2.3 Políticas de eficiência energética e controle de GEE..... | 52 |
| 2.3.1 Plano Nacional de Energia..... | 54 |
| 2.3.2 Rota 2030..... | 55 |
| 2.3.3 Programa Brasileiro de Etiquetagem..... | 56 |
| 2.3.4 Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET)..... | 59 |
| 2.3.5 Programa Despoluir..... | 60 |
| 2.3.6 Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores .. | 61 |
| 2.3.7 RenovaBio..... | 65 |
| 2.4 Gestão de frotas..... | 68 |
| 2.5 Tecnologia da informação e comunicação..... | 70 |
| 2.5.1 Telemetria automotiva..... | 71 |

| | |
|---|----|
| 3 METÓDO DA PESQUISA | 75 |
| 3.1 EGD transportes de combustíveis líquidos | 77 |
| 3.2 Frota de veículos e equipamentos | 78 |
| 3.3 Diferenciação da frota de veículos e equipamentos | 79 |
| 3.4 A implantação da telemetria..... | 80 |
| 4. RESULTADOS | 83 |
| 4.1 Período anterior ao início da implantação da telemetria | 83 |
| 4.2 Período posterior à consolidação da implementação da telemetria | 84 |
| 4.3 Indicadores de eficiência e produtividade por equipamento/família | 87 |
| 5. CONCLUSÃO | 97 |
| 5.1 Trabalhos futuros | 98 |
| 6. REFERÊNCIAS..... | 99 |

Lista de siglas

- ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
- ANP – Agência Nacional do Petróleo, do Gás Natural e dos Biocombustíveis
- ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres
- B100 – Biodiesel 100%
- BEN – Balanço Energético Nacional
- C – Carbono
- CAN – Contoller Area Network*
- CBIO – Crédito de Descarbonização
- CC – Créditos de Carbono
- CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
- CIDE – Contribuições de Intervenção no Domínio Econômico
- CNPE – Conselho Nacional de Política Energética
- CNT – Confederação Nacional dos Transportes
- CO – Monóxido de carbono
- CO₂ – Gás carbônico
- COFINS – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
- COL – Centro de Operações Logísticas
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- CONPET – Programa Nacional da Racionalização do uso dos derivados do
Petróleo e do Gás Natural
- CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito
- COP – Conferência das partes
- CV – Cavalo Vapor
- DFP – Diesel Particulate Filter*
- DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
- DS – Desenvolvimento Sustentável
- EDI – Electronic Data Interchange*
- EGD – Etanol, Gasolina, Diesel
- EGR – Exhaust Gas Recirculation*

EPE – Empresa de Pesquisa Energética
ERP – Enterprise Resource Planning
FECOMBUSTÍVEIS – Federação Nacional do Comércio de Combustíveis e Lubrificantes
g CO₂/MJ – gramas de gás carbônico por Mega Joule
GEE – Gases de Efeito Estufa
GPRS – General Packet Radio Service
GSM – System for Mobile Communications
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBP – Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás
IC – Índices de Intensidade de Carbono
ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IEA – International Energy Agency
ILOS – Instituto de Logística e Supply Chain
INDC – Intended Nationally Determined Contribution
INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IPCA – Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change
QTD - Quantidade
km/l – Quilômetro por litro
l – Litro
MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MMA – Ministério do Meio Ambiente
MP – Materiais Particulados
MRP – Material Requirements Plan
NMHC – Hidrocarbonetos Não Metano
NO_x – Óxido de Nitrogênio
OBD – On-Board Diagnostics
OECD – Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico
ONU – Organização das Nações Unidas
P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem
PBEV – Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular
PBT – Peso Bruto Total
PBTC – Peso Bruto Total Combinado
PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S.A.
PIB – Produto Interno Bruto
PIS – Programa de Integração Social
PNE – Plano Nacional de Energia
PNLT – Plano Nacional de Logística e Transportes
PNMC – Política Nacional sobre Mudança do Clima
PNPB – Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel
PROCONVE – Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores
RCE – Reduções Certificadas de Emissões
RenovaBio – Política Nacional de Biocombustíveis
REPLAN – Refinaria Planalto
RFID – *Radio Frequency Identification*
SCM – *Supply Chain Management*
SCR – *Selective Catalytic Reduction*
SEEG – Sistema de Estimativa de Emissão de GEE
SENAT – Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte
SEST – Serviço Social do Transporte
SINDICOM – Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Combustíveis e de Lubrificantes
TIC – Tecnologia da Informação e Comunicação
TRR – Transportador-Revendedor-Retalhista
UNFCCC – *United Nations Framework Convention on Climate Change*

Lista de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: Utilização de energia no Brasil por setor no ano de 2018..... | 16 |
| Figura 2: Emissões de CO ₂ associados à matriz energética em 2018..... | 17 |
| Figura 3: Quadro resumo da estrutura do trabalho | 23 |
| Figura 4: Matriz do transporte nacional de cargas | 29 |
| Figura 5: Principais custos do setor de transporte rodoviário no ano de 2018.. | 41 |
| Figura 6: Fluxograma da cadeia de suprimentos de combustíveis no Brasil.... | 47 |
| Figura 7: Cadeia logística de combustíveis no Brasil..... | 49 |
| Figura 8: Emissões de GEE no Brasil entre os anos de 1990 a 2017..... | 53 |
| Figura 9: Etiqueta Programa Brasileiro Etiquetagem Veicular – PBEV | 58 |
| Figura 10: Selo Verde CONPET | 60 |
| Figura 11: Emissões monóxido de carbono no Brasil 1992-2012 | 62 |
| Figura 12: Emissões hidrocarbonetos não metano no Brasil 1992-2012..... | 62 |
| Figura 13: Emissões material particulado no Brasil 1992-2012 | 63 |
| Figura 14: Emissões óxidos de nitrogênio no Brasil 1992-2012..... | 63 |
| Figura 15: Fatores de emissão para veículos do ciclo diesel..... | 76 |
| Figura 16: Sistema de funcionamento da telemetria. | 82 |
| Figura 17: Produtividade: distância anual percorrida pela frota | 90 |
| Figura 18: Eficiência: consumo de combustível – média anual (km/l)..... | 91 |
| Figura 19: Emissão de monóxido de carbono (CO) frota EGD | 93 |
| Figura 20: Emissão de hidrocarbonetos não metano (NMHC) frota EGD | 94 |
| Figura 21: Emissão: óxidos de nitrogênio (NO _x) frota EGD | 94 |
| Figura 22: Emissão: material particulado (MP) frota EGD | 95 |
| Figura 23: Emissão: dióxido de carbono (CO ₂) frota EGD | 96 |

Lista de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Condições das rodovias no Brasil | 34 |
| Tabela 2: Segmentação do transporte rodoviário de cargas no Brasil..... | 37 |
| Tabela 3: Classificação de veículo por PBT e PBTC | 39 |
| Tabela 4: Consumo de óleo diesel e autonomia por categoria de veículo | 40 |
| Tabela 5: Fases de Implantação PROCONVE para veículos pesados..... | 64 |
| Tabela 6: Metas nacionais de descarbonização para o setor de combustíveis .. | 67 |
| Tabela 7: Evolução do percentual de biodiesel no Brasil | 68 |
| Tabela 8: Fatores de emissão por fase do PROCONVE | 77 |
| Tabela 9: Características veiculares da frota em janeiro de 2011..... | 79 |
| Tabela 10: Rendimento km/l realizado x alvo por equipamentos – 2014..... | 86 |
| Tabela 11: Detalhamento família 1: operação de entregas – postos | 88 |
| Tabela 12: Detalhamento família 2: operação de usinas – coleta de etanol | 88 |
| Tabela 13: Detalhamento família 3: operação de aeroportos – JET | 89 |
| Tabela 14: Indicador de produtividade e eficiência na operação | 89 |
| Tabela 15: Poluentes PROCONVE P-5 (Emissões em g/kg diesel) | 92 |
| Tabela 16: Histórico de produtividade, eficiência e consumo anual óleo diesel de 2011 a 2013 e de 2015 a 2017 | 92 |

Lista de Quadros

| | |
|--|----|
| Quadro 1: Matriz <i>Swot</i> –EGD transportes (janeiro de 2014)..... | 81 |
|--|----|

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Agência Nacional do Petróleo, do Gás Natural e dos Biocombustíveis (ANP, 2019), o comércio nacional de distribuição de combustíveis líquidos automotivos no país, em 2018, envolveu um universo superior a 300 agentes econômicos que atuaram com óleo diesel, gasolina, etanol e biodiesel. Neste ano, as vendas de combustíveis líquidos totalizaram 136,06 bilhões de litros, sendo esse mercado concentrado em três principais empresas, Petrobras, Ipiranga e Raízen, que juntas detinham participação de 64,4% e atenderam o mercado por meio de revenda própria e abastecimento de postos que não são vinculados a nenhuma distribuidora, ou seja, os postos denominados “bandeira branca”.

Ao fim de 2018, 40.021 postos revendedores de derivados de petróleo operavam no País e o Estado de São Paulo apresentou a maior concentração de postos revendedores de combustíveis, com 8.718 postos (participação de 21,8%), e volume de vendas de 36,5 bilhões de litros (26,8%) (ANP, 2019).

A Confederação Nacional dos Transportes (CNT) destaca que, com elevada concorrência e reduzida margem de lucratividade, as empresas transportadoras buscam alternativas para redução de custos operacionais, sendo observado neste segmento que os custos com combustíveis equivalem a um terço dos custos diretos (CNT, 2019).

Ainda de acordo com a CNT (2019), a matriz de transporte, no Brasil, tem como destaque o modal rodoviário, com uma participação superior a 61%. De acordo com a Federação Nacional do Comércio de Combustíveis e Lubrificantes (FECOMBUSTÍVEIS, 2019), considerando exclusivamente o mercado de combustíveis líquidos no país, este dado é ainda mais expressivo, em que se observa a participação de 100% do modal rodoviário na operação de entrega ao consumidor final.

Devido à concentração do mercado de distribuição de combustíveis líquidos em três principais agentes, as empresas de transporte rodoviário que atuam neste segmento estão sujeitas às condições impostas pelas distribuidoras, o que reduz significativamente a lucratividade (FECOMBUSTÍVEIS, 2019).

Os combustíveis líquidos são produtos cuja distribuição apresenta fatores que comprometem sua eficiência devido à complexidade operacional. Esta operação contempla a transferência do combustível líquido da base de distribuição das refinarias aos postos de abastecimento, que atendem o consumidor final (ANP, 2019).

A grande participação do transporte rodoviário na distribuição dos combustíveis líquidos impulsiona as empresas transportadoras a terem como grande desafio buscar o aumento de eficiência energética dos veículos transportadores, como forma de reduzir seus custos, uma vez que a rentabilidade da transportadora está diretamente relacionada ao volume transportado e à distância percorrida (FECOMBUSTÍVEIS, 2019).

Diante deste cenário de alta concorrência e baixa lucratividade, nota-se que cada vez mais as empresas transportadoras, buscando redução de custos operacionais, passam a utilizar a tecnologia da informação, mais especificamente a telemetria, como ferramenta de gestão de frotas, visando à coleta e análise de dados de seus veículos de forma mais rápida, otimizando o uso de sua frota.

No que se refere à gestão de frotas, o uso de tecnologia de informação e comunicação apoia a melhoria de desempenho operacional, contribuindo para a competitividade da empresa (BOWERSOX e CLOSS, 2015). Nessa linha de pensamento, Tigre (2014) descreveu que os sistemas e as tecnologias de informação estão na base do desenvolvimento das organizações e na forma como a sociedade atual se organiza e evolui. A sua importância é indiscutível, consensual e transversal a todos os setores de atividade, revelando-se tanto no processamento dos dados para gerar informações úteis, precisas e confiáveis, como na concretização da aquisição, transferência e gestão de conhecimento.

Nesse contexto, muitas organizações utilizam sistemas e tecnologias de informação na gestão eficiente das suas operações, seja no auxílio aos gestores na tomada de decisões, visando à obtenção de vantagens competitivas, seja na simplificação da comunicação interna e externa com os seus colaboradores, fornecedores e clientes.

Bartholomeu (2016) citou que os sistemas logísticos de informação, assim como a otimização de fluxos e o uso da capacidade de carga, contribuem para um uso mais eficiente dos veículos, gerando ganhos adicionais de eficiência para o sistema de transporte.

Além da adoção de tecnologias mais avançadas e estratégias de otimização de fluxos e utilização da capacidade do veículo é fundamental a participação de motoristas no processo, visando à redução do consumo de combustível. Isto mostra a importância de motoristas bem treinados e do sistema de gestão. Estes fatores também proporcionam redução do consumo de energia e, conseqüentemente, redução dos níveis de emissões de poluentes, como o gás carbônico (CO₂) (BARTHOLOMEU, 2016).

Compartilhando deste pensamento, King *et al.* (2016) citam que a telemetria possibilita a centralização das informações em um sistema de controle formando um banco de dados, o que proporciona utilização mais eficiente dos recursos. Nesse contexto, as empresas transportadoras almejam obter destaque perante a concorrência, utilizam-se da telemetria como uma ferramenta de gestão de frotas, visando ao aumento da eficiência energética, diminuindo os custos operacionais devido à redução do consumo de energia (combustíveis) e, ao mesmo tempo, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE).

1.1 Justificativa e relevância da pesquisa

Segundo a IEA (2019), o consumo de energia está aumentando globalmente, e o setor de transporte é um dos principais consumidores de energia. A crescente necessidade de energia neste setor foi suprida ao longo dos anos por recursos fósseis, como o petróleo e seus derivados, gasolina e óleo diesel.

Para Atabani *et al.*, (2014), a combustão de combustíveis fósseis em veículos de transporte resulta em emissões de poluentes atmosféricos que causam mudanças ecológicas.

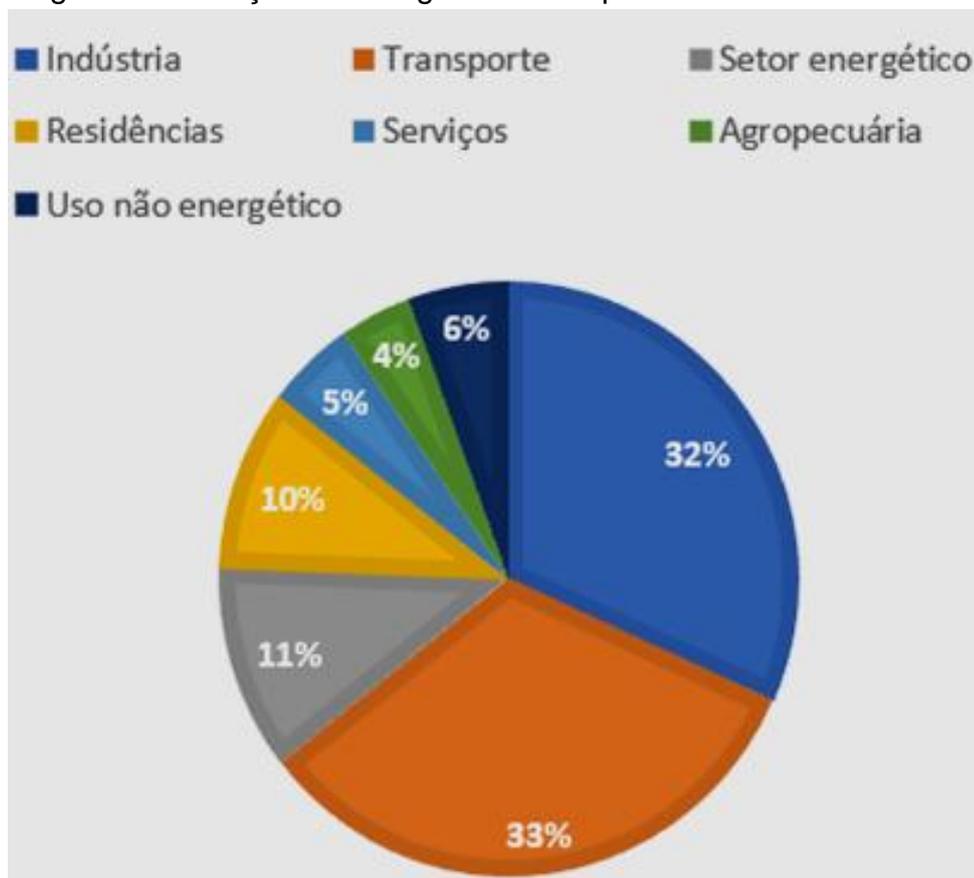
De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética “energia é definida como a capacidade de um sistema realizar trabalho”. Este “trabalho” significa

deslocar, rodar, transformar. A ciência descreve que energia existe em grande quantidade no universo e que ela não aumenta nem diminui, mas passa por transformações (EPE, 2019).

Em relação à matriz de transporte nacional, de acordo com a empresa Petróleo Brasileiro S/A (PETROBRAS), os combustíveis líquidos são os mais utilizados na alimentação de veículos automotores, tendo como destaque o transporte de carga e de passageiros devido à utilização predominantemente de combustíveis líquidos, majoritariamente derivados de petróleo, principalmente óleo diesel (PETROBRAS, 2018).

A figura 1 mostra a utilização de energia no país, no ano de 2018, sendo que do total de 255,7 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep) consumidas, o setor de transportes foi responsável pela utilização de 33% deste montante, o que equivale ao consumo de 84 Mtep (BEN, 2019).

Figura 1: Utilização de energia no Brasil por setor no ano de 2018

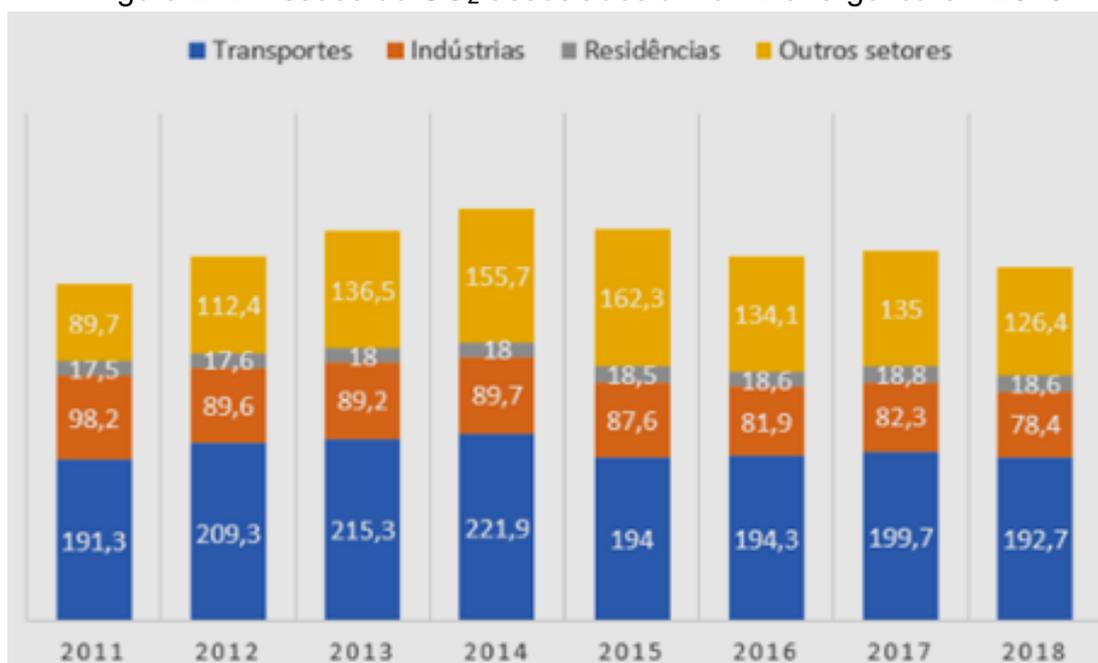


Fonte: BEN (2019)

O transporte rodoviário foi responsável por 93% do consumo final de energia do setor de transportes em 2018 no Brasil, o que influenciou diretamente na quantidade CO₂ e demais GEE's, lançados na atmosfera (BEN, 2019).

A figura 2, mostra o total de emissões associadas à matriz energética brasileira atingiu 416,10 Mt CO_{2eq}, (milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente), sendo que o setor de transporte foi responsável por 192,7 Mt CO_{2eq}, representando 46,3% deste total. Enquanto o setor de indústrias e residências contribuíram com 78,4 e 18,6 Mt CO_{2eq} respectivamente, e outros setores que incluem os setores agropecuário, serviços, energético, e emissões fugitivas com 126,4 Mt CO_{2eq} (BEN, 2019).

Figura 2: Emissões de CO₂ associados à matriz energética em 2018



Fonte: BEN (2019)

Relacionando a participação do modal rodoviário na matriz de transporte nacional, superior a 61%, ao consumo de energia deste setor na matriz energética nacional, ações que viabilizem a eficiência energética são de grande valia, pois a economia de combustível representa diretamente a minimização das emissões de poluentes atmosféricos característicos dos veículos diesel (BARTHOLOMEU, 2016).

A operacionalização do sistema de transporte influencia diretamente questões socioeconômicas, pois a movimentação de bens e pessoas tem grande impacto na sociedade e no progresso de uma nação (EPE, 2019).

O *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* – Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, sediado na cidade de Genebra, na Suíça, é referência mundial no segmento e descreve a importância do setor de transporte no consumo energético, e nas emissões de poluentes. O IPCC relata que o setor de transportes possui primordialmente os derivados de petróleo como principal fonte de energia (IPCC, 2019).

De acordo com a *International Energy Agency* – Agência Internacional de Energia (IEA, 2019), cerca de 93% do consumo mundial de energia no setor de transportes se deu no ano de 2016, na forma de derivados de petróleo. Com isto, o setor de transporte é um dos principais responsáveis pela emissão mundial de GEE, colocando-o em posição de destaque também no planejamento ambiental (IPCC, 2019).

O petróleo é uma *commodity* que vem sendo explorada e possui um recurso energético gerador de divisas para a economia nacional, mas também é considerado um difusor de impactos ambientais negativos. As etapas que envolvem a produção de petróleo, desde a perfuração de poços, até o refino, direta ou indiretamente, têm causado alterações ao meio ambiente (MARTINS *et al.*, 2015).

Segundo a IEA (2019), os sistemas de transporte são responsáveis por cerca de 23% do total de emissões globais do consumo de combustíveis fósseis, sendo o transporte rodoviário o maior poluidor. Estima-se que a energia fóssil usada nos sistemas de transporte dobrará de 2009 a 2050, o que aumentaria ainda mais as emissões de GEE se as ações de mitigação não forem implementadas.

De acordo com D'Agosto *et al.*, (2015), a quantidade de GEE resultante da atividade humana tem aumentado constantemente, o que ocasiona o aquecimento global, que, nas projeções mais pessimistas, indicam que a temperatura média mundial pode aumentar até 4,8°C no próximo século.

Segundo a *Organisation for Economic Co-operation and Development* – Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico (OECD), os efeitos prejudiciais dos GEE no meio ambiente motivaram várias nações a assumir compromissos e implementar ações para a redução de emissões em muitos setores, incluindo o setor de transporte (OECD, 2019).

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU, 2019), observou-se que a concentração de CO₂ estava em 404 ppm em 2015, saltou para 407,7 ppm em 2016, atingiu 409,7 em 2017, alcançou 411,2 ppm em 2018, atingindo em maio, de 2019, o valor de 414,7 ppm. O aumento da concentração de CO₂ na atmosfera contribuiu diretamente para o efeito estufa, resultando em elevação da temperatura global, sendo que os últimos anos (2015, 2016, 2017 e 2018) foram os anos mais quentes já registrados, e o cenário aponta para novo aumento de temperatura global em 2019, o que resultaria em um recorde preocupante (IPCC, 2019).

A preocupação ambiental não é algo recente. A primeira reunião de líderes mundiais realizada pela ONU, em 1972, foi realizada na Suécia, sendo conhecida como conferência de Estocolmo. Nesta reunião, foram abordados temas relacionados principalmente à poluição atmosférica e de recursos naturais. Vinte anos depois, ocorreu no Brasil, a Rio 92, que contou com a presença de representantes de 178 países, visando à introdução do desenvolvimento sustentável, dando origem a programas ambientais visando à preservação da vida humana (ONU, 2019).

Do ponto de vista mundial, as condições atuais do meio ambiente são alarmantes. No acordo de Paris, entre outras ressalvas, ficou estabelecido que: “reconhecendo que as mudanças climáticas representam uma ameaça urgente e potencialmente irreversível para as sociedades humanas e para o planeta, se faz necessária à cooperação de todos os países e sua participação numa resposta internacional eficaz e apropriada, com vista a acelerar a redução das emissões globais de gases de efeito estufa” (ONU, 2019).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA), existem iniciativas na direção do aumento de eficiência energética e busca para manter a economia brasileira caracterizada como baixo carbono, representando produtividade

maior em contexto de redução das emissões líquidas de GEE. No setor de energia, onde está inserido o transporte, existem várias ações, programas e políticas federais que visam, entre seus objetivos diretos e indiretos à redução de emissões de GEE (MMA, 2019).

No quesito econômico, estudos desenvolvidos pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), em conjunto com a Confederação Nacional dos Transportes (CNT), destacam que o setor de transporte rodoviário de carga sofre de alta concorrência, o que implica na redução de valores de fretes (ANTT, 2019; CNT, 2019).

Este fator, somado à política da Petrobras de acompanhar a oscilação internacional dos preços do petróleo levou a um aumento superior a 46% no valor médio do litro do óleo diesel ao consumidor final no país, passando de R\$ 2,485 em janeiro de 2014, para R\$ 3,629 em maio de 2018, acumulando alta de 19% acima da inflação medida no período pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo – IPCA, que foi de aproximadamente 27% (ANP, 2019; IBGE, 2019).

O aumento do preço do óleo diesel foi considerado o estopim para a deflagração da greve dos caminhoneiros no país. Esta greve se iniciou no dia 21 de maio de 2018 e se estendeu por 11 dias, até o início do mês de junho daquele ano, causando impactos consideráveis na economia em geral em decorrência de desabastecimentos de alimentos, combustíveis e demais mercadorias, o que impossibilitou as atividades cotidianas de “praticamente” toda a população nacional (PINHEIRO, 2018).

De acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a paralisação em massa dos caminhoneiros, contribuiu diretamente para o fraco desempenho do Produto Interno Bruto – PIB, que cresceu apenas 1,1% em 2018 (IBGE, 2019).

Para Pinheiro (2018), o principal problema enfrentado pelo Brasil no período de greve dos caminhoneiros resume-se ao fato da logística nacional ser dependente do caminhão e que essa dependência aumentou nos últimos anos. Ainda destaca que o combustível está em praticamente tudo na economia e que, nos últimos anos, a participação do modal rodoviário

aumentou na matriz de transportes nacional, enquanto a dos outros modais diminuiu.

Dessa forma, este trabalho se justifica pela observância no aspecto econômico, relacionado à redução de custos gerada com a melhora da eficiência energética, medida pela quilometragem percorrida por litro de combustível consumido. Esse aumento da autonomia dos veículos representa melhora no aspecto ambiental, proporcionando redução de emissão de poluentes causadores dos GEE. Sendo assim, o uso da telemetria se mostra uma opção vantajosa como ferramenta de gestão, propiciando melhora no monitoramento e gestão da frota de veículos.

1.2 Pergunta problema

As operações de distribuição de combustíveis líquidos por meio do modal rodoviário ganham destaque econômico e ambiental, pois cada vez mais as empresas almejam se manter neste seletivo mercado, buscam na tecnologia da informação, mais precisamente na telemetria, uma ferramenta de gestão de frotas, visando ao aumento da eficiência energética dos veículos transportadores.

Neste contexto, tem-se a seguinte questão: Como realizar a avaliação da eficiência energética e de impactos ambientais por meio da gestão de frotas a partir do uso da telemetria?

1.3 Objetivo do trabalho

O objetivo geral do presente trabalho consiste em avaliar a eficiência energética, por meio da quantificação do consumo de combustíveis e emissões de gases de efeito estufa, em empresa transportadora de combustíveis líquidos.

1.3.1 Objetivos específicos

- Avaliar o consumo de energia em empresa transportadora de combustível antes da implantação da telemetria em período estabelecido pelo

triênio 2011 a 2013 e após a implantação da telemetria em período estabelecido pelo triênio 2015 a 2017.

- Avaliar a emissão de GEE em função do consumo de combustível pela empresa transportadora.

1.4 Delimitação e estrutura do trabalho

Este trabalho limita-se ao estudo de caso analisado, podendo ser replicável a outras empresas do mesmo segmento. Porém, é importante considerar a análise de variáveis como volume de escoamento, número de veículos que compõem a frota, modelos, potência e capacidade dos equipamentos, distância média mensal percorrida por equipamento e família de equipamentos, ano de fabricação, tecnologia automotiva empregada na mecânica destes equipamentos, percentual de biodiesel na mistura com diesel mineral, entre outras variáveis.

A Figura 3 apresenta o quadro resumo da estrutura do trabalho com as principais etapas desenvolvidas no presente trabalho composto pelos seguintes capítulos:

Capítulo 1: apresenta a introdução contendo o problema da pesquisa e os objetivos; a justificativa e relevância do trabalho.

Capítulo 2: apresenta a revisão da literatura, concentrando os principais conceitos dos temas abordados para a realização desse trabalho.

Capítulo 3: apresenta o método de pesquisa, e os tópicos relevantes ao tema estudado assim como o perfil da empresa objeto do estudo de caso, com seus dados coletados e analisados.

Capítulo 4: se concentra na apresentação dos resultados e discussão das análises.

Capítulo 5: contempla a conclusão do trabalho, suas limitações e sugestões para trabalhos futuros e ou pesquisas na área.

Capítulo 6: apresenta as referências.

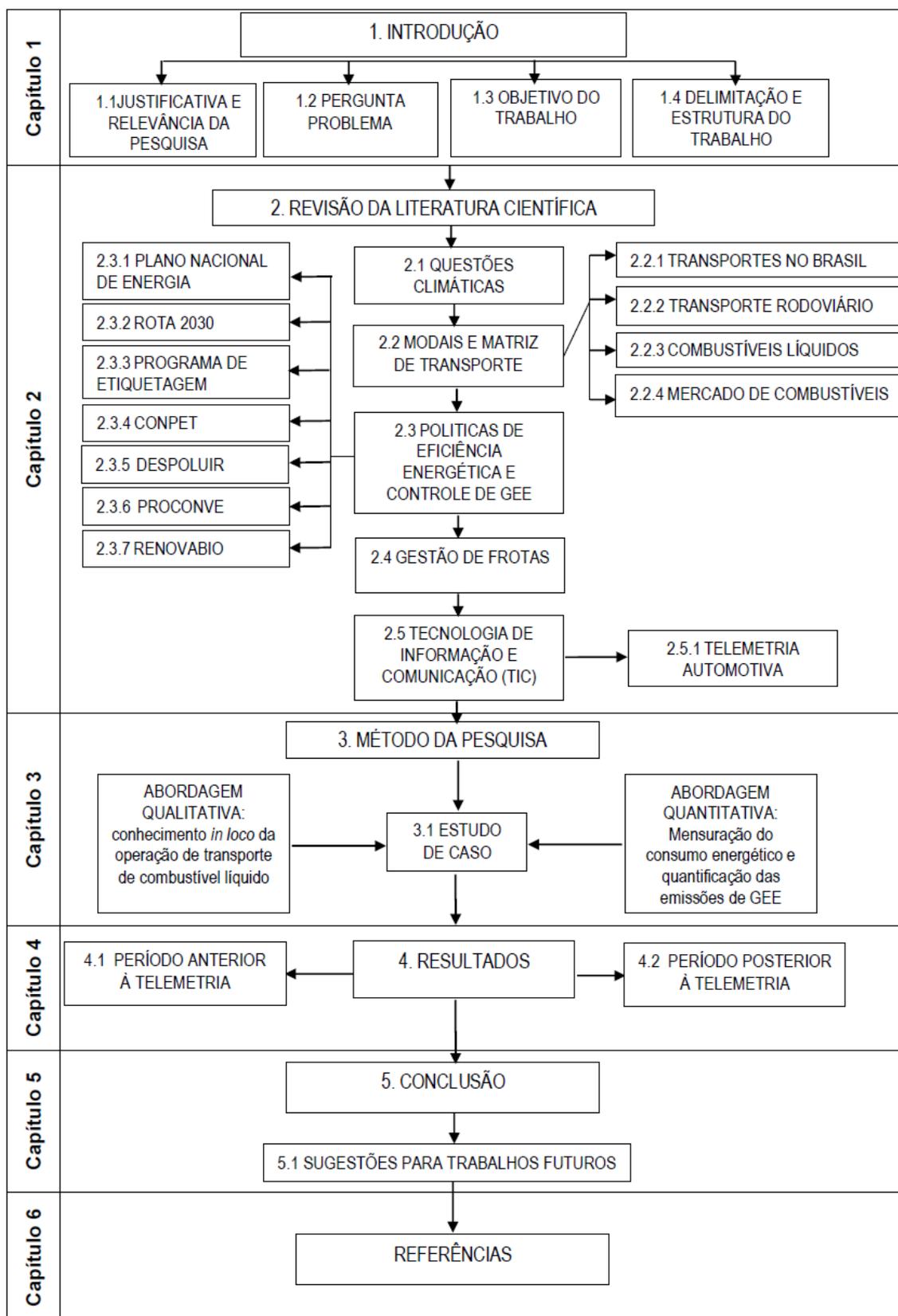


Figura 3: Quadro resumo da estrutura do trabalho

2. REVISÃO DA LITERATURA CIENTÍFICA

Neste capítulo, é apresentada a revisão sobre os principais enfoques que envolvem os assuntos abordados para o cumprimento do objetivo deste trabalho. A revisão da literatura, revisão bibliográfica, fundamentação teórica ou referencial teórico, consiste em realizar a análise de trabalhos publicados anteriormente, que sejam relacionados com o tema de estudo de modo que contribuam para o desenvolvimento da pesquisa (NORONHA e FERREIRA, 2000; TURRIONI e MELLO, 2012).

A pesquisa feita em artigos científicos foi utilizada como referencial teórico, por meio de artigos nacionais e internacionais, disponibilizados eletronicamente por meio das bases *Science Direct*, *Web of Science* e *Scopus*. Também foram pesquisados trabalhos na *Scientific Electronic Library Online* - Biblioteca Eletrônica Científica Online (SCIELO), e também livros, revistas especializadas e redes eletrônicas abrangendo agências, confederações e departamentos governamentais nacionais e internacionais, por meio de material disponível a consulta pública.

Foram pesquisados os seguintes temas: modais e matriz de transporte no Brasil; políticas de eficiência energética e controle de emissões de GEE; gestão de frotas e telemetria.

Segundo Christopher (2001), o gerenciamento logístico pode garantir vantagem competitiva às empresas por meio de agregação de valor de tempo e lugar, sendo o meio pelo qual as necessidades dos clientes são satisfeitas pela coordenação dos fluxos de materiais e informações, que vão do mercado até a empresa, suas operações e, posteriormente, para seus fornecedores. Para o autor, o gerenciamento logístico tem potencial para auxiliar a organização a alcançar, tanto a vantagem em custo/productividade, como a vantagem em valor.

Ballou (2006) relatou que a busca pela competitividade tem exigido das organizações decisões rápidas e precisas, tornando as operações mais dinâmicas e menos complexas, no que se refere aos processos administrativos e operacionais. A utilização de sistemas gerenciais permite eliminar as atividades que não agregam valor, contribuindo para o aumento da

rentabilidade, uma vez que a distribuição fica mais cara quanto mais longo for o canal de distribuição.

Segundo Novaes (2007), operar em um mercado competitivo, não basta adotar soluções tecnicamente corretas, é necessário buscar soluções eficientes e otimizadas em termos de custo, que sejam eficazes em relação aos objetivos pretendidos. O autor salienta que a distribuição física de produtos é considerada como processos operacionais e de controle, que possibilitam a transferência de produtos, desde o ponto de fabricação, até aquele em que a mercadoria é finalmente entregue ao consumidor, tendo como premissa o processo logístico eficiente. Ainda, de acordo com o autor, a logística moderna procura incorporar:

- Prazos previamente acertados e cumpridos integralmente, ao longo de toda a cadeia de suprimentos;
- Integração efetiva e sistêmica entre todos os setores da empresa;
- Integração efetiva e estreita (parcerias) com fornecedores e clientes;
- Busca da otimização global, envolvendo a racionalização dos processos e a redução de custos em toda a cadeia de suprimentos;
- Satisfação plena do cliente, mantendo nível de serviço preestabelecido e adequado.

Segundo Lambert e Cooper (2000), o gerenciamento da cadeia de suprimentos, corresponde à integração dos principais processos de negócios a partir do usuário final até os primeiros fornecedores que proveem produtos, serviços e informações que adicionam valor aos consumidores e empresa.

Nota-se, portanto, nos autores clássicos, que a movimentação de cargas de maneira eficiente, é imprescindível para qualquer economia mundial. No Brasil, devido ao uso intensivo do modal rodoviário, a movimentação de cargas de maneira eficiente se faz ainda mais necessária, de modo a garantir que os parâmetros estabelecidos, no âmbito econômico, relacionados a custos operacionais e âmbito ambiental, relacionado ao consumo de combustível e emissões de poluentes sejam atendidos.

2.1 Questões climáticas relacionadas ao uso de combustíveis fósseis

A queima de combustíveis fósseis é considerado como um dos principais fatores para o aumento das emissões de GEE e contribuinte do aquecimento global (MANRIQUE *et al.*, 2011). O uso em larga escala de combustíveis fósseis, associado à crescente demanda global de energia e o aprofundamento das preocupações ambientais posicionaram a integração das energias renováveis entre as prioridades governamentais para garantir o fornecimento de energia e reduzir as emissões de GEE (BOUCHARD *et al.*, 2013).

Nas últimas décadas, foram realizados esforços e investimentos por diversos países no setor produtivo para atender suas demandas e fazer frente ao crescimento econômico, industrial e populacional. Porém, à medida que avançam estudos mostram a necessidade de consumo consciente e responsável dos recursos naturais visando garantir a sustentabilidade e reduzir o risco do esgotamento da capacidade de reposição desses recursos, de modo que é preciso buscar formas alternativas para continuar suprindo a demanda crescente por matérias primas e por energia sem elevar o consumo dos recursos naturais ou a dependência destes (GOMES, 2014).

Também, é crescente a conscientização com os problemas resultantes das atividades humanas que afetam o meio ambiente, tendo como consequências das mudanças climáticas, o aumento da temperatura do planeta, provocando à extinção de determinadas espécies ou até mesmo o fim de algumas atividades produtivas, inclusive podem afetar a produção florestal, que é um dos principais sumidouros de GEE (GRAHAM *et al.*, 1990; STEINFELD *et al.*, 2006).

Neste contexto, segundo Gomes (2014), “mesmo nos cenários mais otimistas, as mudanças climáticas podem provocar prejuízos em diversas cadeias de produção do setor agrícola, com fortes impactos negativos nas economias em desenvolvimento, que dependem em grande medida do setor primário”; refletindo tanto nas políticas econômicas e governamentais, quanto nas diversas áreas da sociedade e do conhecimento (SASEENDRAN *et al.*, 2000; MOREIRA *et al.*, 2017).

Assim, cada vez mais aumenta a demanda por investimentos em pesquisas científicas e tecnológicas, a busca pela inovação e por novas práticas ou por práticas já consumadas, a adequação dos processos produtivos, bem como os padrões de consumo; todas, focadas na responsabilidade e comprometimento ambiental, com vistas à mitigação dos GEE. Tais necessidades proporcionam também, novas alternativas e oportunidades que minimizem a vulnerabilidade climática, mudanças globais e os riscos associados (CINTAS *et al.*, 2016; LIU *et al.*, 2016; ROYNE *et al.*, 2016).

Paliwal *et al.* (2016), em seu estudo sobre a emissão de carbono (C), destacaram que a combustão de combustíveis fósseis, (óleo diesel e gasolina), provocam uma série de impactos climáticos incluindo alterações de temperatura global, além de causar efeitos adversos na qualidade do ar e na saúde humana. Ainda de acordo com os autores, nota-se crescente preocupação com os volumes de emissões de GEE, e o surgimento de iniciativas que visam sua redução.

No Brasil o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), é o responsável pela Implantação de iniciativas que visam a redução de emissões de GEE.

Entre as diversas iniciativas da sociedade em prol do meio ambiente, destaca-se, em nível internacional, o protocolo de Kyoto criado em 1997, e ratificado em 2005.

Durante o primeiro período de compromisso, entre 2008-2012, 37 países industrializados e a Comunidade Europeia – conhecidos tecnicamente como Países Anexo I - comprometeram-se a reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) em 5% em relação aos níveis de 1990 (MCTIC, 2019).

No segundo período de compromisso, as Partes se comprometeram a reduzir as emissões de GEE em pelo menos 18% abaixo dos níveis de 1990 no período de oito anos, entre 2013-2020 (MCTIC, 2019).

Adicionalmente, o referido protocolo estabeleceu que parte dessas reduções pudessem ser negociadas com os países em desenvolvimento, por

meio dos mecanismos de flexibilização (que compreende o comércio internacional de emissões, o mecanismo de desenvolvimento limpo e a implantação conjunta entre os países que estão obrigados a cumprir suas metas e os que estão dispensados, por seu baixo nível de emissão histórica) (MCTIC, 2019).

No sentido de facilitar o cumprimento das metas estabelecidas; criando assim o mercado mundial de C. Ao mesmo tempo, o protocolo isentou desse compromisso, os países em desenvolvimento. No contexto das negociações do protocolo de Kyoto, nem todas as atividades relacionadas com o setor florestal podem ser objeto de comercialização de crédito de carbono (CC), em que as únicas atividades de projeto elegíveis para tal finalidade, envolvendo o setor florestal, são as voltadas para a contabilidade de C por meio da remoção de CO₂ da atmosfera (CGEE, 2019).

O Brasil passou a dispor de oportunidade no mercado de CC, uma vez que possui vasta extensão de terras usadas por culturas agrícolas, podendo assumir posição privilegiada, principalmente se reduzir a destruição das florestas por meio de queimadas, por exemplo, assim como incentivar o florestamento e reflorestamento para sequestro de C (GOMES, 2014; SALIBA, 2015).

No Brasil, o “Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL”, tem como finalidade contribuir no processo de redução das emissões de GEE por meio da negociação dos créditos de carbono (CC). A partir do MDL, foi possível elaborar e propor projetos que contribuam para o desenvolvimento sustentável (DS) e que apresentem condições que favoreçam a redução das emissões de GEE, obtendo assim as Reduções Certificadas de Emissões (RCE) (LAU *et al.*, 2012).

As RCE's, que são emitidas pelo conselho executivo do MDL, podem ser negociadas no mercado global. Os países industrializados possuem cotas de redução de emissões de GEE, de forma que podem adquirir as RCE's comercializadas pelos desenvolvedores de projetos nos países em desenvolvimento auxiliando no cumprimento de suas metas (LAU *et al.*, 2012; GOMES, 2014; CGEE, 2019).

2.2 Modais e matriz de transporte no Brasil

Este item apresenta um panorama geral do setor de transporte de cargas no Brasil, destacando os aspectos relevantes em termos de oferta viária, fluxos de carga e qualidade do transporte. Também se destaca o nível de atividade do setor de transportes que pode ser denominado como produção de transporte, e é representada pela quantidade de carga transportada em volume e pela distância percorrida pela carga em determinado período de tempo.

O Ministério dos Transportes (MT) e a Confederação Nacional dos Transportes (CNT) caracterizam os principais modais de transporte no Brasil de acordo com o volume de carga transportada, respectivamente, o modal rodoviário, o modal ferroviário, o modal aquaviário, o modal dutoviário e modal aeroviário (MT, 2019; CNT, 2019).

A matriz do transporte de cargas no país, o país movimentou, no ano de 2018, 61,1% do total de suas mercadorias, por meio do sistema rodoviário; 20,7% pelo sistema ferroviário; 13,6% via sistema aquaviário; 4,2% por intermédio do sistema dutoviário; e 0,4% com o sistema aéreo de transporte, como mostra a Figura 4.

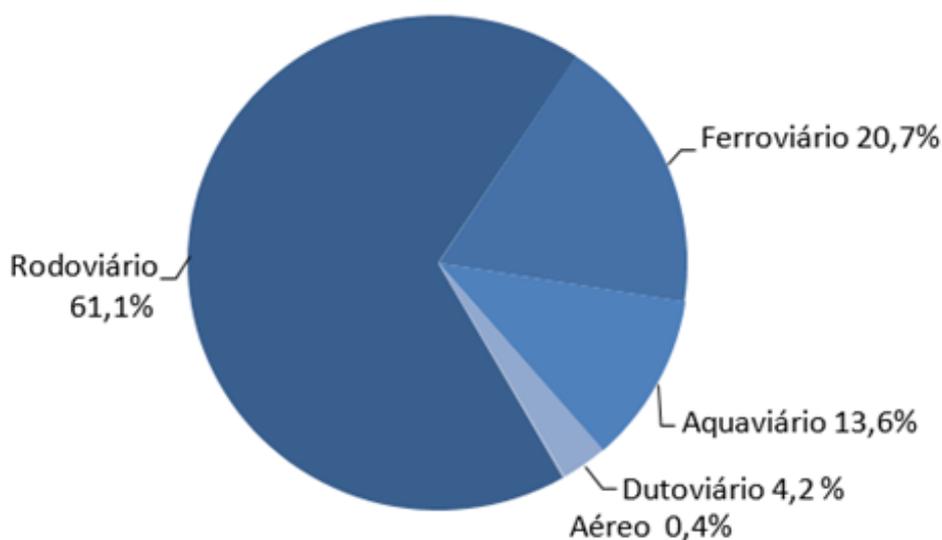


Figura 4: Matriz do transporte nacional de cargas

Fonte: CNT (2019)

O transporte rodoviário de cargas, ocorre em estradas de rodagem, com a utilização de caminhões, em que o transporte possui menor capacidade de carga, se comparado a outras modalidades de transportes. Mas por outro lado, apresenta agilidade, flexibilidade, simplicidade e velocidade, aliadas ao grande número de veículos existentes, proporcionando grande importância na logística de transporte (CNT, 2019).

Além disso, é o único modal que permite o transporte porta a porta, sendo que o modal rodoviário é responsável pela circulação de mais de 90% dos passageiros e de 60% das cargas no Brasil, além de possibilitar a integração de todo o sistema de transporte nacional (MT, 2019).

O modal ferroviário é o transporte realizado sobre trilhos, em que a carga é transportada pelas ferrovias, em diversos tipos de vagões tracionados por locomotivas, movidas a diesel e/ou eletricidade. Sua principal vantagem é a alta capacidade de carga, e suas maiores desvantagens são a baixa velocidade e a baixa flexibilidade de rotas, limitadas à malha de linhas férreas existentes no país (MT, 2019).

O modal aquaviário, compreende o transporte hidroviário, o transporte marítimo e a cabotagem, sendo um dos meios de transporte mais antigos, e também um dos mais econômicos em termos de consumo de energia, perdendo apenas para o modal dutoviário. A principal vantagem do modal marítimo é a sua elevada capacidade individual, maior que qualquer outro modal, e transporta grandes quantidades de cargas sólidas ou líquidas, sejam embaladas, unitizadas ou a granel, o que proporciona elevada economia de escala quando são cobertas grandes distâncias. Isto se deve ao fato de a indústria naval ter desenvolvido embarcações especializadas para o transporte de cada tipo de carga, otimizando sua operação na cadeia logística (MT, 2019).

O modal dutoviário é o transporte de carga por tubulações especialmente desenvolvidas e construídas para transportar produtos a granel por longas distâncias, denominadas de dutos, e estes podem ser subterrâneos, aparentes e submarinos. Os oleodutos consistem no meio mais econômico e seguro de movimentação das cargas líquidas derivadas de petróleo, por um

sistema que interliga as fontes produtoras, refinarias, terminais de armazenagem, bases distribuidoras e centros consumidores (MT, 2019).

O modal aeroviário é o transporte de pessoas e mercadorias pelo ar com a utilização de aviões. O transporte aéreo é usado preferencialmente para movimentar passageiros ou mercadorias com urgências na entrega ou de alto valor agregado. O transporte aéreo possui algumas vantagens sobre os demais modais, pois é mais rápido e seguro e são menores os custos com estocagem, embalagem e seguro da carga (MT, 2019).

De acordo com o plano de transporte e logística (CNT, 2019), o setor de transporte é transversal a todos os demais setores da atividade econômica. Por isso, o desenvolvimento sustentável do país, seja ele no âmbito econômico, social ou ambiental, depende em grande parte da existência de um sistema de transporte eficiente, integrado e com reconhecido padrão de qualidade.

Assim, o governo e as demais instituições competentes pelo gerenciamento desse setor devem realizar um acompanhamento contínuo das infraestruturas que o compõem, sendo capazes de identificar e prever as demandas de movimentação de cargas e passageiros e de agir perante o cenário identificado, adequando ou ampliando a capacidade dos ativos existentes (CNT, 2019).

Rafaa *et al.* (2013) afirmaram que o crescimento da densidade urbana e a instalação de empresas e indústrias, favorecem a acessibilidade por estradas mais do que outros modais de transporte. Assim verifica-se uma tendência ao uso de veículos destinados tanto ao uso pessoal como coletivo no transporte de pessoas, e de veículos de transporte de carga.

Segundo D'Agosto *et al.* (2015), o Brasil necessita de planejamento e investimento para sanar a problemática da matriz logística de transporte, no sentido de melhorar a qualidade na prestação de serviço em todos os modais; de recuperar, melhorar e ampliar os modais aquaviário e ferroviários; recuperar as vias, além de fiscalizar o sistema rodoviário. Estas ações permitirão reequilibrar a matriz de transportes para a solução dos 'gargalos' logísticos existentes no país. Tais investimentos auxiliariam a integração entre os modais, otimizando as operações logísticas no país.

Chopra e Meindl (2008) destacaram que cada modal tem sua importância relativa como meio de transporte, possuem características diferentes que ajudam a empresa definir qual é a melhor opção que um produto pode ser deslocado de um ponto a outro, de avaliar a quilometragem relativa ao deslocamento, ao valor do produto, a distância do sistema, o volume da carga, a receita obtida e natureza da composição do tráfego.

2.2.1 Transportes no Brasil

Devido à extensa área geográfica no Brasil (mais de 8.500.000 km²), avaliar qual o modal de transporte é mais eficiente, impacta diretamente no custo final dos produtos e serviços. A predominância do transporte rodoviário no país continua a trazer perdas de investimento em outros modais de transporte, causando declínio na qualidade da Infraestrutura dos transportes no país, aumentando a perda de competitividade internacional (GARCIA *et al.*, 2015).

Tedesco (2012) destacou a importância da atividade de transporte para qualquer economia, uma vez que a maioria das atividades econômicas depende do deslocamento de bens e de pessoas. O transporte proporciona que a força de trabalho e os insumos chegam aos seus destinos, possibilitando produzir e distribuir serviços, bens e tecnologia, contribuindo com o desenvolvimento.

Em virtude da importância do transporte de cargas na economia nacional, o Instituto de Logística e *Supply Chain* (ILOS) afirma que os custos logísticos no Brasil contribuem com forte influência nas atividades de empresas transportadoras. Esses gastos representam cerca de 10% do faturamento das empresas brasileiras e impactam negativamente a gestão empresarial, afetando a movimentação das cargas (ILOS, 2019). Para Kuo *et al.* (1999), a gestão logística é de extrema importância para que uma empresa se mantenha competitiva no mercado de atuação.

Relatório elaborado pelo Fórum Econômico Mundial em 2019, com o objetivo de avaliar a logística em 141 países em relação à eficiência da infraestrutura de transporte das nações, compreendendo a conectividade entre

as maiores cidades do país e qualidade da via, considerando extensão e condições funcionais, indicou que o Brasil passou a ocupar o 93º lugar, ficando atrás de outros países da América Latina, como Chile (16º), Argentina (47º) e Uruguai (54º). O dado é preocupante, pois trata-se da pior colocação do Brasil desde que o *ranking* foi lançado, em 2007 (WORLD BANK, 2019).

Visando à evolução do processo tradicional de planejamento de transportes no país, surgiu no ano de 2006, o Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT), desenvolvido pelo Ministério dos Transportes em cooperação com o Ministério da Defesa, representando a retomada do processo de planejamento no setor nacional de transporte, dotando-o de estrutura permanente de gestão (PNLT, 2019).

Com o PNLT, foi criado um sistema de informações georeferenciadas contendo os principais dados de interesse do setor, tanto na oferta quanto na demanda. Destacam os objetivos de relevância como a identificação, otimização e racionalização dos custos envolvidos em toda a cadeia logística adotada entre a origem e o destino dos fluxos de transportes; a adequação da atual matriz de transportes de cargas no país buscando a permanente utilização das modalidades de maior eficiência produtiva (PNLT, 2019).

O objetivo do PNLT é formalizar instrumentos de análise, sob a ótica da logística, para dar suporte ao planejamento de intervenções públicas e privadas na infraestrutura e na organização dos transportes, de modo que o setor possa contribuir efetivamente para a consecução das metas econômicas, sociais e ecológicas do país, em horizontes de médio a longo prazo, objetivando o desenvolvimento sustentado (PNLT, 2019).

O transporte de cargas no Brasil é fortemente baseado no modal rodoviário, trazendo forte dependência desse modal de transporte para o país e algumas conseqüências, como altos custos operacionais e elevadas emissões atmosféricas (WOLFF *et al.*, 2019).

Devido ao desequilíbrio na matriz de transporte de cargas, o modal rodoviário, tem assumido o transporte nas viagens de longas distâncias, sendo dependente de rodovias em condições ideais para a sua utilização (CNT, 2019).

A Confederação Nacional dos Transportes – CNT realiza anualmente uma pesquisa referente à extensão e qualidade da malha rodoviária brasileira e, em 2019 essa pesquisa chegou a sua vigésima terceira edição, destacando que em um total de 108.863 km de rodovias avaliadas em todo o país, 59% possuem algum tipo de deficiência (34,6% encontram-se em estado regular; 17,5%, ruim; e 6,9%, péssimo) seja no pavimento, na sinalização ou na geometria da via, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Condições das rodovias no Brasil

| Condição da rodovia | Extensão Total | |
|----------------------------|-----------------------|------------|
| | Km | % |
| Estado Geral | | |
| Ótimo | 12.954 | 11,9 |
| Bom | 31.679 | 29,1 |
| Regular | 37.667 | 34,6 |
| Ruim | 19.051 | 17,5 |
| Péssimo | 7.512 | 6,9 |
| Total | 108.863 | 100 |

Fonte: CNT 2019

Neste cenário, 59% das rodovias estão em condições regular, ruim ou péssimo. Observa-se também o crescente volume de tráfego, e o aumento de 80,8% na frota nacional de veículos automotores nos últimos dez anos, passando de 56.769.656 em 2009 para 102.666.444 em 2019 (CNT, 2019).

Em razão da importância das rodovias na infraestrutura nacional de transportes, a ausência de condições adequadas de segurança e qualidade, tem elevado os custos de operação dos serviços de transporte. Este fato é agravado devido a frequente manutenção dos veículos, as avarias com pneus e o aumento do consumo de combustível (CNT, 2019).

Bartholomeu (2009) verificou os benefícios ambientais resultantes das viagens pelas melhores rotas, notou-se um aumento na eficiência energética ao viajar por estradas melhores, resultando menor consumo de combustível e menores emissões de GEE. As rodovias em condições satisfatórias proporcionam maior segurança e elevam a eficiência operacional.

Segundo a CNT (2019), trafegar veículos de carga em rodovias com pavimentos inadequados levam a um desperdício de diesel em torno de 5%, pois aumentam as frenagens e reacelerações. Em 2019, estima-se que haja

um consumo desnecessário de 931,80 milhões de litros de diesel. Esse desperdício custará R\$ 3,3 bilhões adicionais aos transportadores. Também há maior emissões, representando um adicional de emissão de 2,46 milhões de toneladas de dióxido de carbono (CO₂).

Proporcionar segurança e eficiência operacional nas rodovias resultaria economia nos custos de transporte, tornando o país mais competitivo no mercado nacional e na exportação de seus produtos. Dessa forma, para que o transporte rodoviário no Brasil tenha condições ideais, são necessários amplos e contínuos investimentos, principalmente no que se refere à qualidade do pavimento da rodovia (CNT, 2019).

Considera-se pavimento a superfície que permite o fluxo de rolagem da rodovia. O pavimento deve suportar os efeitos das mudanças de clima, ter estrutura forte, resistir ao fluxo de veículos, permitir o escoamento da água na sua superfície, possuir sistemas de drenagem eficientes para dar vazão à água da chuva e ter boa resistência a derrapagens. O estado de conservação da superfície do pavimento é um dos elementos mais perceptíveis ao usuário da rodovia, pois os defeitos ou as irregularidades nessa superfície afetam o seu conforto e a segurança ao rolamento do tráfego, bem como diminuem a durabilidade dos componentes veiculares (CNT, 2019).

2.2.2 Transporte rodoviário de carga no Brasil

No Brasil, o órgão que administra a infraestrutura dos transportes no país é o Ministério dos Transportes, tendo entre as suas autarquias o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), e a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT).

Segundo o DNIT (2019), o transporte rodoviário é utilizado para o transporte de mercadorias e pessoas por veículos automotores (ônibus, caminhões, veículos de passeio, etc.). Como possui, na maioria dos casos, preço de frete superior ao hidroviário e ao ferroviário, é adequado para mercadorias de alto valor ou perecíveis, produtos acabados ou semi-acabados.

Ainda de acordo com o DNIT (2019), as principais características do transporte rodoviário de cargas no Brasil, são:

- Possui a maior representatividade entre os modais existentes;
- É o mais adequado para curtas e médias distâncias;
- Tem baixo custo inicial de implantação;
- Possui alto custo de manutenção;
- É uma fonte poluente tendo forte impacto ambiental;
- Possui maior flexibilidade com grande extensão da malha;
- Apresenta transporte com velocidade moderada;
- Possui baixa capacidade de carga com limitação de volume e peso;
- Integra todos os Estados brasileiros;
- Possui custos altos para grandes distâncias.

De acordo com o IBGE, em 2016, o setor de transportes e armazenagem movimentou no país um montante equivalente a 313 bilhões de Reais, o que representou 5,3% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional daquele ano (IBGE, 2019).

Ainda em 2016, o transporte rodoviário de cargas se dividiu nas seguintes categorias: carga comum; carga líquida; carga de produtos perecíveis; carga sob temperatura controlada; carga aquecida; carga de concreto em execução (betoneira); carga de veículos automotores (cegonheira); carga de valores (unidades blindadas); carga de produtos químicos e combustíveis, classificados como perigosos e/ou inflamáveis (ANTT, 2019).

Wanke (2012) citou que o modal de transporte rodoviário se destaca dos demais por possuir grande flexibilidade, uma vez que os veículos automotores podem operar em qualquer via disponível. Em contrapartida, a predominância do modal rodoviário gera enormes problemas de produtividade devido às dimensões continentais do Brasil. Somando ao fato de que o transporte rodoviário ser tratado pelos órgãos públicos como um mercado livre, sem exigência de autorização, permissão ou concessão dos serviços (ANTT, 2019).

Ainda, Wanke (2012) citou que a necessidade de poucos investimentos em ativos faz com que o transporte rodoviário seja muito atrativo para

autônomos, fato este evidenciado na segmentação do transporte rodoviário nacional de cargas, que tem a participação predominante de autônomos com 83,2% do total, enquanto as empresas participam com 16,8% do segmento. Embora em muitos casos o autônomo possua apenas um veículo, e o utiliza como ferramenta de trabalho, sendo sua única fonte de renda (IBGE, 2019).

Segundo a ANTT (2019), em 2018, 45,4% dos veículos cadastrados no Registro Nacional de Transporte Rodoviário de Cargas (RNTRC) pertenciam aos autônomos, contra 53,8% pertencentes às empresas e 0,8% às cooperativas, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2: Segmentação do transporte rodoviário de cargas no Brasil

| Tipo de transportador | Empresas Registradas | Participação % | Frota de caminhões | Veículo / Transportador | Participação % |
|------------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Autônomo | 886.734 | 83,2 | 1.041.899 | 1,2 | 45,4 |
| Empresa | 179.049 | 16,8 | 1.235.006 | 6,9 | 53,8 |
| Cooperativa | 422 | 0,0 | 17.955 | 42,5 | 0,8 |
| Total | 1.066.205 | 100,0 | 2.294.860 | 2,2 | 100,0 |

Fonte: ANTT (2019)

A frota nacional de caminhões no ano de 2018 tinha como idade média 12,4 anos, sendo que a idade média dos veículos em posse dos autônomos era de 17,1 anos, enquanto a idade média da frota das empresas era de 9,4 anos, tendo se como referência a idade média considerada ideal de oito anos (IBGE, 2019).

Entre as características da frota nacional de caminhões, evidencia-se que as emissões dependem das características veiculares, no que se refere à idade média (a tecnologia dos veículos interfere no volume de emissões de poluentes locais) e à eficiência (consumo x distância) na emissão de todos os poluentes (MMA, 2019).

Em razão da elevada média de idade da frota de caminhões, é notória a baixa produtividade, o aumento no consumo de combustível e elevação dos gastos com acidentes e manutenção. A principal razão apontada para a dificuldade apresentada na renovação da frota, é que os autônomos não dispõem de facilidade e/ou acesso aos financiamentos, e que a receita do setor é composta pelo frete cobrado por distância percorrida e/ou volume da carga transportada (IBGE, 2019).

Segundo dados divulgados pela associação nacional dos fabricantes de veículos automotores – ANFAVEA, embora a adoção de políticas públicas pelo governo federal, na busca de solucionar o problema da idade avançada da frota nacional de veículos transportadores, criando ações específicas visando à renovação da frota, com oferta de financiamento de veículos novos, tais como o modercarga, o BNDES caminhões e o procaminhoneiro, a venda de caminhões no país registrou forte queda nos últimos anos, em reflexo a crise política-econômica no país (ANFAVEA, 2019).

Confirmando a posição de empresários do setor de transportes, que relatam o fator que mais pode influenciar a demanda por caminhões é a melhora ou piora da confiança na economia brasileira, nota-se retração acentuada de 67,3% nas vendas totais de caminhões no país, nos anos de 2014 a 2016, sendo que no ano de 2016 as vendas totais de caminhões no país foram de apenas 50.559 unidades, enquanto no ano de 2013, o volume de vendas atingiu 154.576 unidades (ANFAVEA, 2019).

Em comparação, observa-se que o PIB brasileiro caiu pelo segundo ano seguido em 2016 e confirmou a pior recessão da história. A retração foi de 3,6% em relação ao ano anterior, sendo que em 2015, a economia já havia recuado 3,8% (IBGE, 2019).

Wanke (2012) afirmou que a oferta excedente de veículos transportadores, contribui para a redução do valor dos fretes. Nota-se que, para garantir um volume mínimo de carga, os transportadores autônomos passam a adotar práticas de concorrência predatória, como excesso de peso, de horas trabalhadas e de velocidade, além da crônica falta de manutenção adequada dos veículos. A capacidade disponível ofertada ao mercado aumenta em decorrência dessas práticas. Com maior oferta de transporte, o frete reduz-se ainda mais, retroalimentando esse círculo vicioso.

Uma alternativa que visa a reduzir os custos com os transportes é a utilização do equipamento de acordo com sua capacidade de carga, adequando a sua utilização conforme demanda.

No segmento de cargas há diferentes categoria de veículos, e são classificadas conforme sua capacidade de tração, e carga, em peso bruto total

(PBT) e peso bruto total combinado (PBTC) do veículo. De acordo com o relatório do MMA (2019), essas categorias são mostradas na Tabela 3.

Tabela 3 – Classificação de veículo por PBT e PBTC

| Categoria de veículo | PBT e PBTC |
|-----------------------------|-------------------------|
| Comerciais Leves | PBT < 3,5 t |
| Caminhões Semi leves | 3,5 t ≥ PBT < 6 t |
| Caminhões Leves | 6 t ≥ PBT < 10 t |
| Caminhões Médios | 10 t ≥ PBT < 15 t |
| Caminhões Semipesados | PBT ≥ 15 t; PBTC < 40 t |
| Caminhões Pesados | PBT ≥ 15 t; PBTC ≥ 40 t |

Fonte: MMA (2019)

Os veículos comerciais leves são indicados para uso em áreas urbanas, e pela capacidade de tráfego em áreas restritas, e vias congestionadas, possuem flexibilidade de volume e atendem o mercado, transportando majoritariamente cargas fracionadas. Os caminhões leves e semileves tem em rotas menores sua maior atuação, devido a sua capacidade de carga, podem atender clientes distintos, e são empregados com frequência em entregas finais de mercadorias e bens de consumo em geral (MMA, 2019).

Os caminhões pesados surgiram no Brasil no fim da década de 1980 e apresentaram uma expansão constante no volume de vendas e participação no mercado nacional desde então, especialmente na última década, diminuindo a participação de caminhões médios no país. Os caminhões pesados apresentam maior consumo por quilometragem rodada e são mais utilizados para entregas de longas distâncias, apresentando uma intensidade de uso mais alta, desse modo, essa categoria representa o maior peso no consumo de combustível do modal rodoviário (MMA, 2019).

Conforme relatório divulgado pelo MMA (2019), o consumo específico por categoria de veículo de carga do ciclo diesel, são apresentados na tabela 4.

Tabela 4 – Consumo de óleo diesel e autonomia por categoria de veículo

| Categoria do Veículo | Consumo médio (km/l diesel) | Consumo específico (l diesel/ 100 km) |
|-----------------------------|--|--|
| Comerciais Leves | 10,5 | 9,5 |
| Caminhões Semi leves | 9,1 | 11,0 |
| Caminhões Leves | 5,6 | 18,0 |
| Caminhões Médios | 5,6 | 18,0 |
| Caminhões Semipesados | 3,4 | 29,0 |
| Caminhões Pesados | 3,4 | 29,0 |

Fonte: MMA (2019)

Bartholomeu (2016) citou estratégias visando ao aumento na eficiência do transporte e redução no consumo de combustíveis, descrevendo as seguintes ações: (a) que permitem observar aumento da eficiência na direção (“*eco-driving*”), tais como manutenções preventivas e treinamentos de motoristas; (b) que envolvem sistemas de gestão, tais como tecnologias “*on-board*”, gestão de fluxos e movimentação (como sistemas de roteirização e otimização), gestão da capacidade de transporte, renovação da frota; e (c) que dizem respeito a novas tecnologias em veículos, tais como a melhoria na eficiência do motor.

Ainda, segundo Bartholomeu (2016), o cenário nacional apresenta a operação de veículos com idades avançadas e gera ônus financeiro e ambiental bastante significativo, pelo fato de empregarem tecnologias antigas, poluidoras e pouco eficientes em relação ao consumo energético, afetando a sociedade como um todo, impactando na qualidade de vida e na saúde das pessoas, uma vez que emitem elevadas quantidades de gás carbônico (CO₂).

A Figura 5 mostra os principais custos do setor de transporte rodoviário de cargas no país no ano de 2018, referente à frota nacional. Apresenta a seguinte distribuição: mão de obra com 43%, óleo diesel e lubrificantes 32,2%, manutenção mecânica e pneus 21,8%, IPVA e licenciamento, seguros 1,4%, sistemas de monitoramento / segurança, entre outros, 1,6%.

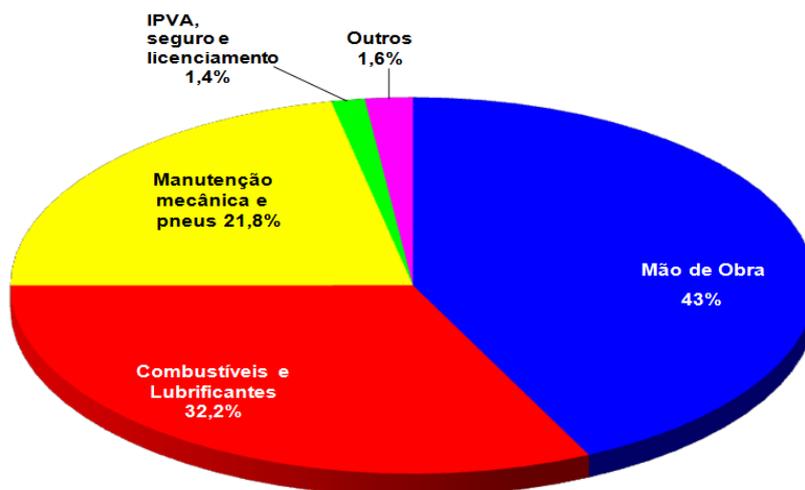


Figura 5: Principais custos do setor de transporte rodoviário de cargas no ano de 2018
Fonte: CNT (2019)

De acordo com a CNT (2019), observa-se elevada pulverização do número de empresas atuantes neste segmento, em que o grande número de empresas de transporte rodoviário de cargas amplia a concorrência no setor e reduz o poder de barganha nas negociações com os clientes.

Entre os fatores de risco observados no cenário nacional de transportes de cargas, notou-se que o setor é dependente do nível de atividade econômica, desta forma no caso específico do transporte de combustíveis líquidos, as transportadoras possuem demanda de serviços diretamente relacionado ao volume de combustível exigido no mercado consumidor (IBGE, 2019).

O setor de transportes tem elevados custos para transitar nas rodovias em condições ruins (vias não asfaltadas ou com pavimentação deficiente, sem sinalização adequada, sem acostamentos ou em estado de conservação precário). Estima-se que trafegar em vias nessas condições aumenta os custos de combustíveis em até 60%; custos operacionais em até 40%; custos de acidentes em até 50% e o tempo de viagem em até 100% (CNT, 2019).

2.2.3 Transporte rodoviário de combustíveis líquidos no Brasil

No caso específico do transporte de combustíveis no país, a Federação Nacional do Comércio de Combustíveis e Lubrificantes (FECOMBUSTÍVEIS), (2019), relata que as operações de uma empresa transportadora de combustíveis líquidos, devem seguir um gerenciamento logístico baseado no

atendimento ao cliente. Sendo que o gerenciamento logístico é o responsável pelo planejamento e coordenação das atividades necessárias para alcançar níveis desejáveis dos serviços e qualidade ao custo mais baixo possível.

Figueiredo (2006), afirma que a participação do modal rodoviário na operação de transferência entre bases representa 31% do volume de distribuição de combustíveis líquidos no país. Enquanto, a operação de entrega ao consumidor final é de 100%, em razões de características como volume pulverizado e distâncias reduzidas (raio de até 200 quilômetros), entre as bases de distribuição das refinarias e os postos que abastecem o consumidor final.

Segundo o Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Combustíveis e de Lubrificantes (SINDICOM), o gerenciamento do desempenho dos prestadores de serviços logísticos é recurso importante para as empresas que delegam a logística para terceiros, e é esta a condição comumente observada na área de combustíveis líquidos, em que parte ou totalidade da operação de distribuição é realizada por empresas transportadoras prestadoras de serviço as distribuidoras (SINDICOM, 2019).

Ainda de acordo com o Sindicom (2019), o gerenciamento logístico é um conceito orientado para o fluxo com o objetivo de integrar recursos entre fornecedores e clientes ao longo de toda a cadeia logística. Sendo desejável que se tenha um meio de avaliar os custos e o desempenho deste fluxo. O desenvolvimento de um comportamento operacional compatível com a estratégia definida é influenciado pelo acompanhamento de indicadores que monitoram as atividades que agregam valor ao negócio relacionados aos veículos transportadores e suas operações.

Para a Fecombustíveis (2019), a redução dos custos logísticos permitiria aumento nos lucros das empresas e contribuiria para colocar o país no caminho do crescimento econômico. Visando a redução dos custos logísticos, as empresas investem em soluções logísticas mais eficientes e em profissionais capazes de tomar decisões assertivas que proporcionem redução de custos operacionais, resultando em vantagens competitivas.

Estudos do PNLT ajudam a compreender com precisão o complexo cenário do transporte rodoviário de cargas e apontam soluções perenes para dar estabilidade e eficiência ao setor no longo prazo. Desde a greve dos caminhoneiros ocorrida no país em maio de 2018, há uma preocupação com o custo do óleo diesel, na formação do custo operacional do transporte de carga. Pois o combustível é o componente que mais pesa no preço do frete e, portanto, o que tem maior impacto nas cadeias produtivas, atingindo diretamente o controle inflacionário e a vida de todos os brasileiros (PNLT, 2019).

Oscilações constantes no custo do óleo diesel inviabilizam a formação de preços justos e seguros para o frete. Essa situação expõe os transportadores a incertezas e a prejuízos insuportáveis. Se perdurar, pode levar à insolvência generalizada no setor (PNLT, 2019).

De acordo com Pinheiro (2012), no caso do óleo diesel no Brasil, os quatro elos mais importantes da cadeia produtiva são: (a) os produtores de petróleo; (b) as refinarias que produzirem óleo diesel a partir do petróleo; (c) distribuidores, que compram o óleo diesel das refinarias e misturam com biodiesel; (d) revendedores (postos de combustível), que vendem o óleo diesel ao consumidor final; (e) transportador-revendedor-retalhista (TRR), que compra óleo diesel dos distribuidores e revende para grandes consumidores.

Ainda, de acordo com Pinheiro (2012), a partir do petróleo bruto, as refinarias produzem óleo diesel e outros derivados. Na refinaria (ou no importador), o preço do óleo diesel (sem a mistura do biodiesel e já com a margem de lucro, denominado preço de realização) é acrescido de contribuições de intervenção no domínio econômico (CIDE) e de impostos indiretos como o Programa de Integração Social (PIS), a Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS) e Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS).

Então a distribuidora faz a mistura do diesel com o biodiesel (B100), cujo preço também embute impostos indiretos. O preço de faturamento do distribuidor embute também o frete do óleo diesel e do biodiesel até a base de distribuição, a margem da distribuidora e o frete até o posto de combustível. O

preço na bomba é calculado pela adição da margem do revendedor ao preço de faturamento do distribuidor, elevando o valor do produto (PINHEIRO, 2012).

2.2.4 Mercado nacional de combustíveis líquidos

Segundo a ANP (2019), o comércio nacional de distribuição de combustíveis líquidos automotivos no país em 2018, envolveu um universo superior a 300 agentes econômicos que atuaram com óleo diesel, gasolina, etanol e biodiesel. Neste ano, as vendas de combustíveis líquidos totalizaram 136,06 bilhões de litros. Sendo esse mercado concentrado em três principais empresas, Petrobras, Ipiranga e Raízen, que juntas detinham participação de 64,4%, atendendo o mercado por meio de revenda própria e abastecimento de postos de bandeira branca.

Ao fim de 2018, 40.021 postos revendedores de derivados de petróleo operavam no País e o Estado de São Paulo apresentou maior concentração de postos revendedores de combustíveis, com 8.718 postos (participação de 21,8%), e volume de vendas de 36,5 bilhões de litros (26,8%) (ANP, 2019).

Nota-se, nos últimos anos, oscilações na venda de combustíveis líquidos no país. Percebe-se que após ter batido recorde de vendas no ano de 2014 apresentando um volume de 144,6 bilhões de litros, o mercado retraiu 1,9% e 4,5% nos anos de 2015 e 2016, registrando 141,8 e 135,4 bilhões de litros respectivamente. Embora nota-se ligeiro aumento nos anos seguintes 2017 e 2018, com volume de vendas totais na ordem de 136,1 bilhões de litros.

De acordo com Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás – IBP (2019), o escoamento de combustíveis líquidos, é realizado utilizando-se dos modais de transporte, tendo destaque significativo o uso do modal rodoviário, por meio de caminhões-tanque. Também relata que a infraestrutura nacional, não se modernizou o bastante para garantir o escoamento de produção, portanto o setor de distribuição de combustíveis teve que adotar métodos e tecnologias capazes de atender as necessidades do mercado.

A Fecombustíveis (2019) ressalta que no setor de distribuição de combustíveis, houve redução da lucratividade das empresas transportadoras, causado principalmente pelo aumento da concorrência, aliada a falta de planejamento estratégico na tomada de decisões sendo observado quedas

acentuadas no volume transportado nos anos de 2015 e 2016, causado pela crise econômica nacional que forçou para baixo o consumo das famílias e impactou negativamente o uso de combustível tanto nos veículos particulares, quanto aos destinados ao transporte de mercadorias.

Segundo Maligo (2005), na distribuição de combustíveis automotivos, os produtos – gasolina, óleo diesel e etanol combustível – têm baixo valor agregado e proporcionam pequena margem de lucro, o que torna fundamental para as empresas distribuidoras e transportadoras a busca da comercialização de grandes volumes e a constante preocupação com os custos.

Segundo Lieggio Júnior (2012), a cadeia logística do transporte de combustíveis líquidos engloba os agentes relacionados à produção, distribuição, varejo e consumo. Os agentes produtores são constituídos pelas refinarias, centrais petroquímicas, usinas de etanol, produtores de biodiesel e importadores, sendo que as bases distribuidoras alimentam a rede varejista, composta pelos postos revendedores e transportadores revendedores retalhistas (TRRs). Os postos revendedores são responsáveis pelo abastecimento de automobilistas, motociclistas e caminhoneiros, e os TRRs, pelas pequenas empresas consumidoras e produtores em geral.

As bases de distribuição primárias ou principais têm como característica o recebimento dos produtos diretamente das refinarias ou por meio de importação. Das refinarias, os produtos seguem para as bases primárias das distribuidoras. As bases secundárias ou de interior são caracterizadas por receberem o produto de outra base, seja principal ou secundária, e as transferências entre as instalações das bases primárias e secundárias são realizadas pelo modo rodoviário por meio de caminhões-tanque e modo ferroviário com o uso de vagões-tanque (LIEGGIO JUNIOR, 2012).

As bases podem ser categorizadas em (a) próprias: quando todos os ativos pertencem a uma determinada distribuidora; (b) pools: em que cada distribuidora participa com um percentual de investimento; (c) bases operadas por terceiros: as distribuidoras não possuem ativos, somente os produtos a serem movimentados por terceiros, no caso as transportadoras (LIEGGIO JUNIOR, 2012).

Segundo a ANP (2019), o grande desafio logístico que as distribuidoras enfrentam é o de disponibilizar os seus produtos nos pontos mais longínquos do Brasil, com qualidade e preços competitivos. Heungjo *et al.*, (2011) citaram que é imprescindível manter integração entre os níveis estratégico, tático e operacional das empresas que atuam na distribuição de combustíveis, devido à operação ser dinâmica e competitiva.

Enquanto Zerbini (2003) citou que a preocupação com o aumento da competitividade e com a criação de valor para o cliente final tem levado as distribuidoras de combustíveis a uma constante busca pelas melhores práticas logísticas. Segundo o autor, para vencer as dimensões brasileiras, as principais distribuidoras mantêm bases em diversas regiões, cujas instalações possuem toda a infraestrutura necessária para receber, armazenar, processar e distribuir os combustíveis líquidos e seus derivados.

O mercado de combustíveis é dinâmico e, devido a essa particularidade, obriga as companhias distribuidoras a realizar constantes melhorias e ajustes na gestão logística. Dentre essas ações, estão “a necessidade constante de negociação e colaboração com fornecedores, automação das unidades operacionais e principalmente a implementação do gerenciamento integrado da cadeia de suprimentos”.

De acordo com o Sindicom (2019), as bases de distribuição são fundamentais para a determinação do modal a ser utilizado, e a estruturação logística, sendo que os produtos seguem com destino às empresas distribuidoras, que por sua vez adquirem o produto a granel e providenciam sua revenda por atacado à rede varejista ou grandes centros consumidores.

A Figura 6 mostra o fluxograma da cadeia de suprimentos de combustíveis no Brasil, em que o combustível tem origem na refinaria e/ou usina, passando para as bases de distribuição, de onde são transportados (muitas vezes por caminhões tanques) para o consumidor final (posto de abastecimento de combustíveis, ou ainda máquinas e equipamentos nas empresas agrícolas).

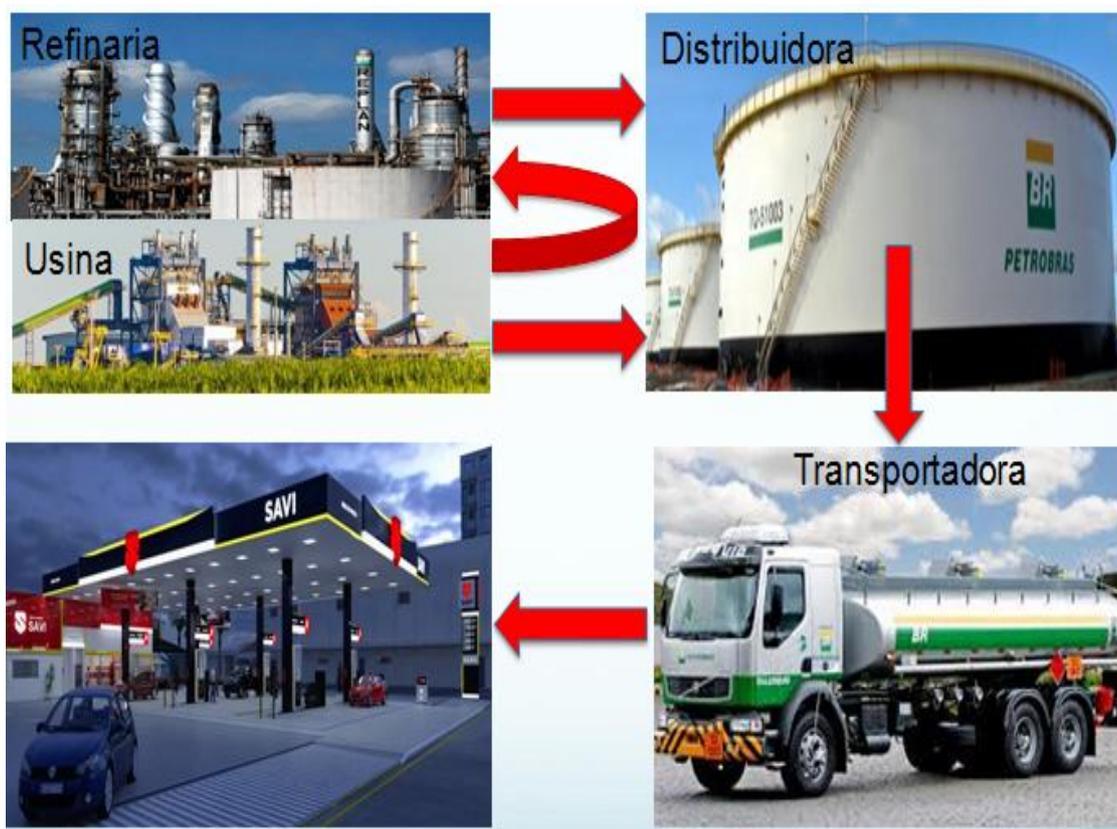


Figura 6: Fluxograma da cadeia de suprimentos de combustíveis no Brasil
 Fonte: IBP – Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (2019)

As bases primárias são as que recebem o produto diretamente da refinaria ou por importação e nacionalização direta do material, é chamada de base primária por não passar por nenhuma outra unidade antes da descarga em suas instalações. As bases secundárias são estabelecidas em locais mais distantes, porém, pela falta de estrutura logística necessária ao transporte, entrega do material, ou por ser economicamente mais viável, são utilizadas estruturas intermediárias para receber o material e assim redistribuí-lo (SINDICOM, 2019).

Esse método estabelece algum ponto, diferente daquele onde o produto será entregue, como o ponto a partir do qual o preço será computado. O preço é calculado como se o produto fosse entregue a partir daquele ponto. Esta nova localização para cálculo do preço é conhecida como ponto-base (SINDICOM, 2019). Se o local escolhido é a localização de grande concorrente, os preços podem ser similares aos do competidor em todos os clientes (BALLOU, 2006).

De modo a não apresentar falhas na operação de distribuição de combustíveis líquidos, o que acarretaria desabastecimentos, o planejamento eficiente da rede de suprimentos envolve a decisão de localização das bases de distribuição e a definição das áreas de influência atendidas por cada uma, ou seja, quais clientes cada base deve atender de forma a minimizar o custo total de suprimento ao cliente final (SOARES e ZERBINI, 2000).

Ainda de acordo com Soares e Zerbini (2000), o aumento da produtividade das bases de distribuição é outra importante ação que contribui para obtenção de eficiência logística, pois quanto menor o tempo de espera dos caminhões em uma base, maior o número de viagens que os veículos poderão efetuar para o cliente final. Assim ao utilizar de maneira mais eficiente os recursos da empresa, ocorrerá aumento da produtividade operacional possibilitando a redução de custos e melhoria dos níveis de serviço, agregando assim valor para o cliente final.

As transportadoras são o segmento em que a logística e o planejamento fazem ainda mais diferença nesta cadeia produtiva, definindo maneiras de atender os centros de distribuição de maneira rápida e eficaz, atendendo as necessidades específicas de cada cliente revendedor. Considera-se revendedor todos os postos de combustíveis, pois, são o ponto final da cadeia de distribuição, atingindo o consumidor final (SINDICOM, 2019).

O Sindicom (2019) relata que, em um país de dimensões continentais como o Brasil, somente com uma operação logística bem estruturada será capaz de atender a demanda do mercado nacional de combustíveis. O aumento deste dinamismo condiciona as empresas distribuidoras e os transportadores, a utilizar novas formas de organização, que possam ser capazes de responder rapidamente e com flexibilidade as exigências do mercado, mantendo, sobretudo a qualidade e os custos dos produtos,

A integração dos meios de transporte é necessária para a viabilização de toda cadeia logística de combustíveis, interligando as bases de distribuições aos modais de transporte, como mostra a Figura 7.

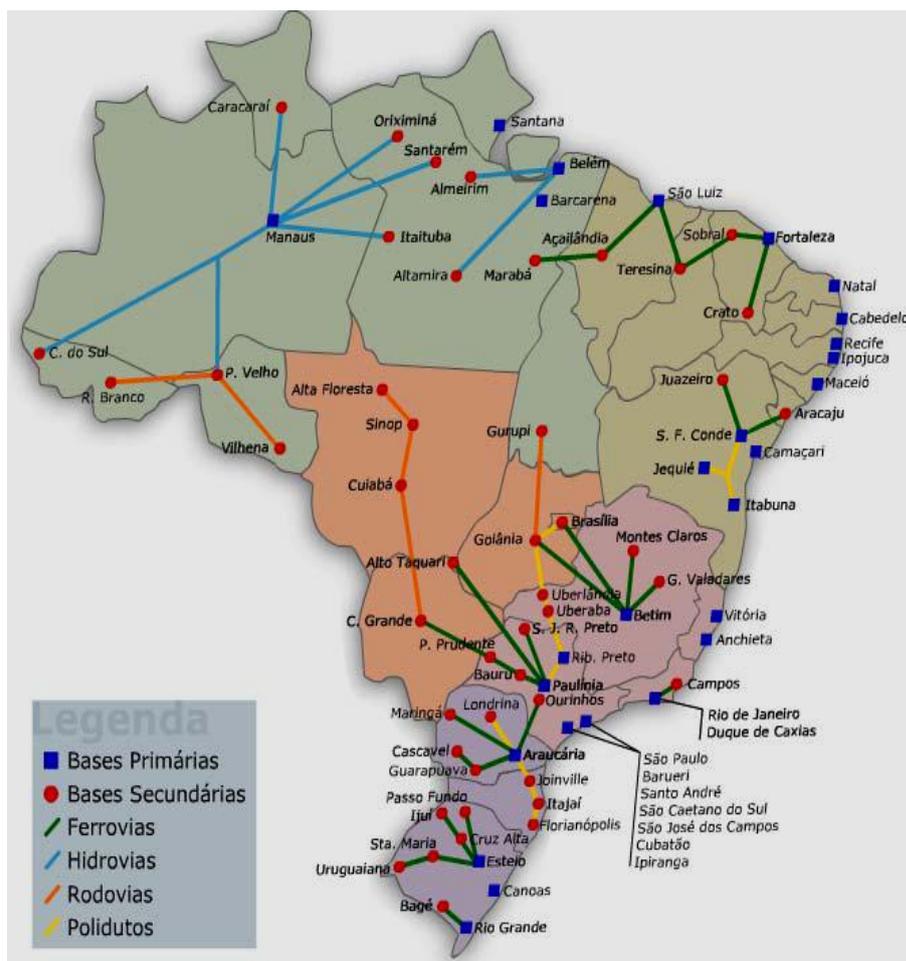


Figura 7: Cadeia logística de combustíveis no Brasil

Fonte: SINDICOM (2019)

De acordo com a ANP (2019), até 1997, o mercado nacional de combustíveis se caracterizava por uma forte regulamentação do governo federal. O governo determinava o número e a localização das bases de distribuição, definindo os modais de transporte, determinando os valores de fretes e preços de combustíveis e até mesmo os níveis de estoque. Desta forma, as empresas distribuidoras de combustíveis operavam de forma similar, e não se preocupavam em investir em tecnologias e diferentes formas de estruturação e administração logística, uma vez que não obteriam vantagem alguma com esse processo (ANP, 2019).

A partir do momento em que o mercado passou a ser desregulamentado com a promulgação da lei 9.478 / 1997, (conhecida como lei do petróleo), iniciou-se a concorrência no mercado de combustíveis por meio de abertura de

mercado e concorrência entre os fornecedores. Os impactos desta política em um mercado com considerável diversidade de combustíveis de substituição e complementares mudou drasticamente a estrutura da procura de combustíveis no Brasil (ANP, 2019).

A fim de compreender estas alterações, é importante compreender o ciclo a partir da introdução do etanol na matriz energética nacional. O etanol foi introduzido na matriz energética nacional em 1975, com a criação do Proálcool ou Programa Nacional do Álcool. Este foi um programa de produção de energia em grande escala projetado para fazer do etanol produzido a partir da cana de açúcar, substituto direto aos combustíveis fósseis (ANP, 2019).

Desde o início do Pro Álcool, combustível etanol foi maciçamente introduzido como combustível complementar e substituto no Brasil. Inicialmente, o etanol foi misturado à gasolina, no valor de 25%, além de que a indústria automobilística brasileira começou a produzir veículos com motores que funcionam unicamente em etanol, tornando-se também um combustível substituto à gasolina (ANP, 2019).

O programa foi bem sucedido até a primeira metade da década de 1980. Depois disso, um conjunto de fatores, tais como o declínio dos preços do petróleo (e, conseqüentemente, da gasolina), juntamente com aumentos de preços do açúcar no mercado internacional, levou ao fim do programa. Além disso, o engajamento do Brasil em políticas liberais que forçaram a eliminação dos subsídios fez o programa inviável. Entretanto, a produção de etanol, mesmo reduzida, se manteve para suprir a demanda existente (ANP, 2019).

Segundo Pessoa *et al.* (2019), no que diz respeito à eficiência energética, estudos científicos afirmam que o poder calorífico obtido pelo etanol seja de 70% do valor obtido pela gasolina, em consequência disto à competitividade do etanol no mercado de combustíveis no Brasil depende de seu preço ser inferior à 70% do preço da gasolina.

Em 1989, quando o programa Pro Álcool entrou em colapso, esse percentual foi maior do que 75%. E as vendas de veículos leves, (passageiros ou utilitários), movidos a etanol sofreu uma redução de 80% no volume de vendas. Posteriormente no ano de 2003, foram introduzidos no mercado

nacional os veículos bicompostíveis, capazes de operar com etanol ou gasolina.

Ainda, de acordo com Pessoa *et al.* (2019), foi observado grande aceitação pelo mercado consumidor por este tipo de veículo, fazendo com que as indústrias automobilísticas nacionais empregassem o uso desta tecnologia para toda a sua gama de produtos. Este fato implicou em uma mudança estrutural radical no mercado de combustíveis, o que levou os produtores e fornecedores de combustíveis a se adaptar a um ambiente mais competitivo, em que a escolha do tipo de combustível pelo consumidor ficou condicionada basicamente na questão custo/benefício na bomba de abastecimento no posto de combustível.

Para se manter em evidência em um mercado de grande concorrência, é necessário o aperfeiçoamento constante de atividades e da gestão dos processos. Tal aperfeiçoamento envolve, necessariamente, a melhoria dos processos de previsão de demanda e a utilização de sistemas de apoio às decisões estratégicas em logística, confrontando os dados planejados frente aos dados realizados (ILOS, 2019).

Ainda de acordo com ILOS (2019), apesar dos grandes movimentos de consolidação do mercado, ainda há oportunidades para aquisições, em particular de distribuidoras de atuação regional, e de pequena escala. Isso sem levar em conta o fato de a Petrobras ter anunciado no seu plano de desinvestimentos a venda da BR distribuidora. Na distribuição e revenda de combustíveis, a infraestrutura logística disponível e sua expansão dependem de investimentos de longo prazo.

Portanto, faz mais sentido uma empresa estabelecida expandir-se e suprir a demanda marginal do que outra, não atuante na área, construir uma nova base de distribuição. Ressalta-se que os investimentos em infraestrutura devem considerar a extensão territorial do País, além de serem maciços, sobretudo, para a entrega de um portfólio mais complexo de produtos como o etanol e o biodiesel (ILOS, 2019)

Tradicionalmente, a demanda por combustível foi modelada em função da atividade econômica e do preço. Além desses fatores tradicionais, no

entanto, a demanda de combustível automotivo também é afetada pela eficiência energética dos veículos, já que o combustível é uma demanda derivada, ou seja, é recorrente ao uso dos veículos automotores (RODRIGUES *et al.*, 2018).

De acordo com Awudu e Zhang (2012), a energia de biocombustíveis como uma forma alternativa e aditiva de energia para combustíveis fósseis, despertou atenção nos últimos anos sobretudo em relação a sustentabilidade. Desta forma é importante possuir uma cadeia de suprimentos robusta para fornecer biocombustível a um valor competitivo no mercado.

Outro desafio para se manter competitivo está na redução constante dos custos unitários de logística, viabilizada por melhoria de práticas de distribuição e escoamento, como a utilização de veículos de maior capacidade e mais eficientes. A distribuição de combustíveis exige economia de escala, maior cobertura na área de atuação, segurança no atendimento e manutenção da qualidade no produto a ser entregue ao consumidor final (SINDICOM, 2019).

Isso faz com que seja natural uma maior concentração de empresas com abrangência nacional neste segmento de mercado, uma vez que o ambiente de negócios da distribuição de combustíveis no Brasil, hoje, é positivo e a manutenção da tendência de consolidação cria um ambiente competitivo mais ordenado (SINDICOM, 2019).

Entretanto, a ANP e as Secretarias da Fazenda estaduais devem estar atentas para que não ocorra um retorno das práticas de adulteração e de sonegação que trouxeram perdas irreparáveis tanto para as empresas quanto para os consumidores nos anos 1990 (SINDICOM, 2019).

2.3 Políticas de eficiência energética e controle de GEE

Observa-se que o Brasil foi um dos poucos países em desenvolvimento a firmar acordo visando a redução nas emissões futuras de GEE, a *United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)* – Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática, durante a COP15 “15ª conferência das partes, realizada em 2009 na cidade de Copenhague, na Dinamarca” (ONU, 2019).

Com o intuito de cumprir com o acordo, foi criada, ainda em 2009, a lei nº 12.187/2009, que instituiu a política nacional sobre mudança do clima (PNMC), sendo esta responsável pela introdução e medidas de controle, visando à redução de poluentes no país. Assim, foram estipuladas medidas de controle visando à redução de poluentes pela contribuição nacionalmente determinada pretendida (CNDP), em inglês “*Intended Nationally Determined Contribution*” (INDC) para o ano de 2020, a projeção das emissões nacionais de gases do efeito estufa um volume total de 3.236 Mt CO_{2eq} (MMA, 2019).

Ainda de acordo com o MMA (2019) foi fixada meta de redução em 37% para o ano de 2020, (o que resultaria em uma emissão de 2.038 Mt CO_{2eq}), e 43% até o ano de 2025 (o que resultaria em uma emissão de 1.855 Mt CO_{2eq}).

Segundo dados fornecidos pelo sistema de estimativa de emissão de GEE (SEEG), o total de emissões no país, em 2017, atingiu a marca de 2.070 Mt CO_{2eq}, ficando próximo do volume de emissões registrados no país no ano de 1990, quando o total de emissões foi de 2.096 Mt CO_{2eq} (SEEG, 2019). A Figura 8 mostra o volume de emissões de GEE no Brasil no período compreendido entre os anos de 1990 a 2017, em (Mt CO_{2eq}).

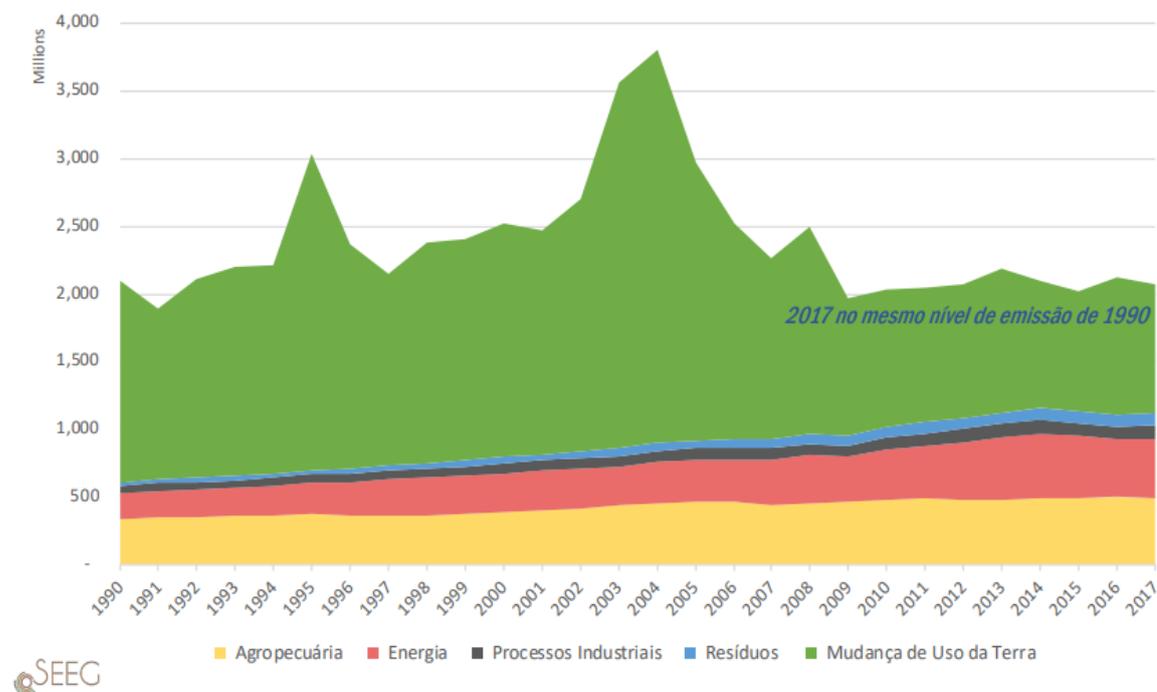


Figura 8: Emissões de GEE no Brasil entre os anos de 1990 a 2017
Fonte: SEEG (2019)

Observa-se que há uma tendência de queda nas emissões no país, sendo que, possivelmente, o Brasil cumprirá a meta de redução de GEE de 2.038 MtCO_{2eq}, estipulada para 2020 e informada a UNFCCC há dez anos (SEEG, 2019).

De acordo com Costa e Alves (2014), apesar de apresentar dados que comprovam iniciativas em diversas áreas para a mitigação de poluentes, o Brasil continua sendo um dos maiores emissores de GEE da atualidade, ocupando o sexto lugar no *ranking*, atrás apenas de China, Estados Unidos da América, União Europeia, Índia e Rússia. Entre as políticas nacionais que promovem ações e criam programas visando à eficiência energética e controle das emissões de GEE no país, destacam-se, o Plano Nacional de Energia (PNE) (MMA, 2019).

2.3.1 Plano Nacional de Energia

O Plano Nacional de Energia (PNE) foi desenvolvido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE). O plano é estabelecido por relatórios que compõem estudos de longo prazo referente ao planejamento integrado de energia, com intuito de relatar a demanda de energia no país apresentando evoluções e projeções em cenário econômico até o ano de 2050 (EPE, 2019).

Segundo Silveira *et al.*, (2016), o Brasil apresenta uma realidade e cenários propícios para investimentos considerando que o setor de energia é uma prioridade estratégica, tem um marco regulatório para atender às necessidades econômicas e sociais do país, que estão em constante aprimoramento. A inovação energética deve estar pautada em fontes sustentáveis, uma vez que garantem os recursos para as gerações futuras (NAKATA e VISWANATHAN, 2012).

A inovação em fontes de energia e a sustentabilidade estão relacionadas propiciando benefícios econômicos, sociais e ambientais. Os investimentos privados no setor de energia requerem um ambiente político, institucional e de negócio favorável, com marco regulatório e regras confiáveis para que os riscos sejam mitigados e gerem estímulo à participação da iniciativa privada no setor (COSTA e ALVES, 2014).

Assim, estudos realizados pelo MMA (2019), para diversos setores econômicos, incluindo o setor de transporte, indicam que entre os pontos de avaliação, estão os aspectos de incerteza a longo prazo, tais como: perfil do consumidor no mercado de energia; mobilidade urbana; escoamento de mercadorias; desenvolvimento tecnológico e combustíveis alternativos.

Projetando cenários futuros para o setor de transportes, observa-se planos e programas vigentes no país em atendimento as particularidades do modal rodoviário como o programa Rota 2030; Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE); Programa Nacional da Racionalização do uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET); Programa Despoluir; Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE); Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) (MMA,2019).

2.3.2 Rota 2030

O Programa Rota 2030 mobilidade e logística é parte da estratégia elaborada pelo governo federal, coordenada pelo Ministério da Indústria e Comércio Exterior e Serviços (MDIC), para desenvolvimento do setor automotivo no país. O programa foi elaborado em um contexto no qual a indústria automotiva mundial sinaliza profundas transformações nos veículos, na forma de usá-los e na forma de produzi-los (MDIC, 2019).

Além disso, o investimento em desenvolvimento tecnológico e inovação é chave para a sobrevivência das companhias no mercado mundial além de conferir vantagem competitiva às empresas aqui estabelecidas. Assim, o programa visa solucionar dificuldades enfrentadas pela indústria automotiva nacional, tais como:

- A baixa competitividade da indústria automotiva nacional, que resulta em uma integração passiva às cadeias globais de valor;
- A defasagem tecnológica, especialmente em eficiência energética e desempenho estrutural e tecnologias assistivas à direção, do produto nacional frente às novas tecnologias em fase de implementação nos grandes mercados dos países desenvolvidos;

- O risco de transferência das atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) para outros polos, com a consequente perda de postos de trabalho de alta qualificação;
- O risco de perda de investimentos, com a não aprovação de novos projetos pelas matrizes das empresas instaladas no país;
- A existência de capacidade ociosa na indústria, que precisa ser direcionada para o mercado global;
- O risco de perda do conhecimento no desenvolvimento de tecnologias que utilizam biocombustíveis, com impactos naquela cadeia produtiva.

Ainda de acordo com MDIC (2019), o programa Rota 2030 estabelece requisitos obrigatórios para a comercialização de veículos novos produzidos no País. Entre esses referidos requisitos estão relacionadas metas corporativas de rotulagem e eficiência energética veicular. Sendo assim descritas:

- Rotulagem veicular: adesão a programas de rotulagem veicular de eficiência energética e de segurança com 100% dos modelos de veículos comercializados no país;
- Eficiência Energética: metas de aumento da eficiência energética que implicarão na redução do consumo de combustível médio dos veículos novos em pelo menos 11% até o ano de 2022.

2.3.3 Programa Brasileiro de Etiquetagem

O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) é coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). Seu intuito é fornecer informações sobre o desempenho dos produtos, considerando atributos como a eficiência energética, o ruído e outros critérios que podem influenciar a escolha dos consumidores que, assim, poderão tomar decisões de compra mais conscientes. Ele também estimula a competitividade da indústria, que, para adquirir mercado consumidor deverá fabricar produtos cada vez mais eficientes (INMETRO, 2019).

De forma geral, o PBE funciona da seguinte forma: os produtos são ensaiados em laboratórios e recebem etiquetas com faixas coloridas que os diferenciam. No caso da eficiência energética, a classificação vai da mais

eficiente (A) a menos eficiente (de C até G, dependendo do produto), em que se entende que os mais eficientes utilizam melhor a energia, têm menor impacto ambiental e custam menos para funcionar, pesando menos no bolso, dessa forma no momento da compra, os consumidores podem escolher os produtos mais econômicos e, conseqüentemente, favorecer a fabricação dos mais eficientes (INMETRO, 2019).

O conteúdo das etiquetas ajuda a equilibrar a relação de consumo, diminuindo a assimetria de informação existente entre quem compra e quem vende. Afinal, os consumidores geralmente não têm conhecimento especializado sobre os produtos que adquirem e muitas vezes têm dificuldade de identificar aqueles que são os mais econômicos, os mais silenciosos ou que, por exemplo, gastam menos água. Os fornecedores, por sua vez, precisam que seus produtos sejam diferenciados no mercado, justificando, assim, o investimento que fazem na melhoria da qualidade dos produtos que oferecem (INMETRO, 2019)

No caso específico dos programas de etiquetagem com foco na classificação de eficiência energética, sua importância está ligada às metas brasileiras de economia de energia no setor de transportes, em que se observa o Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV).

O PBEV como citado por Atabani et al., (2011), foi criado em 2008 para prestar informações úteis que possam auxiliar os consumidores na decisão de compra e, ao mesmo tempo, estimular a fabricação e a importação de veículos mais eficientes e econômicos.

A adesão voluntária dos fabricantes e importadores de automóveis é renovável a cada ano e, para participar, o fornecedor deve informar os valores de consumo energético de, no mínimo, 50% de todos os seus modelos de automóveis zero km, previstos para comercialização no período (ATABANI et al., 2011).

No PBEV, a principal ferramenta de informação dos consumidores é a etiqueta nacional de conservação de energia. Os veículos recebem a classificação quanto à eficiência energética na categoria e mostra outras informações, como a autonomia em km por litro de combustível na cidade e na

estrada, e a emissão de CO₂, que é um dos gases responsáveis pelo efeito estufa (INMETRO, 2019).

Ainda sobre a etiqueta, ressalta-se que os veículos estão agrupados em oito categorias, quatro das quais baseiam-se no uso final: esportes, *off-road*, comerciais leves e veículo de cargas veículo (baseado em carro de passageiro); e quatro são baseados no tamanho do veículo: subcompacto, compacto, tamanho médio e grande (ATABANI *et al.*, 2011). Essa iniciativa incluiu o Brasil na lista dos países que desenvolvem programas de eficiência energética e de uso racional de combustível em veículos, como EUA, Japão, Austrália, China, Canadá e membros da União Europeia (INMETRO, 2019).

Sob este programa, os veículos são classificados em cinco classes consumo de energia (A a E), em que a classe “A” é a mais eficiente (ATABANI *et al.*, 2011 e INMETRO, 2019), como mostra a Figura 9.

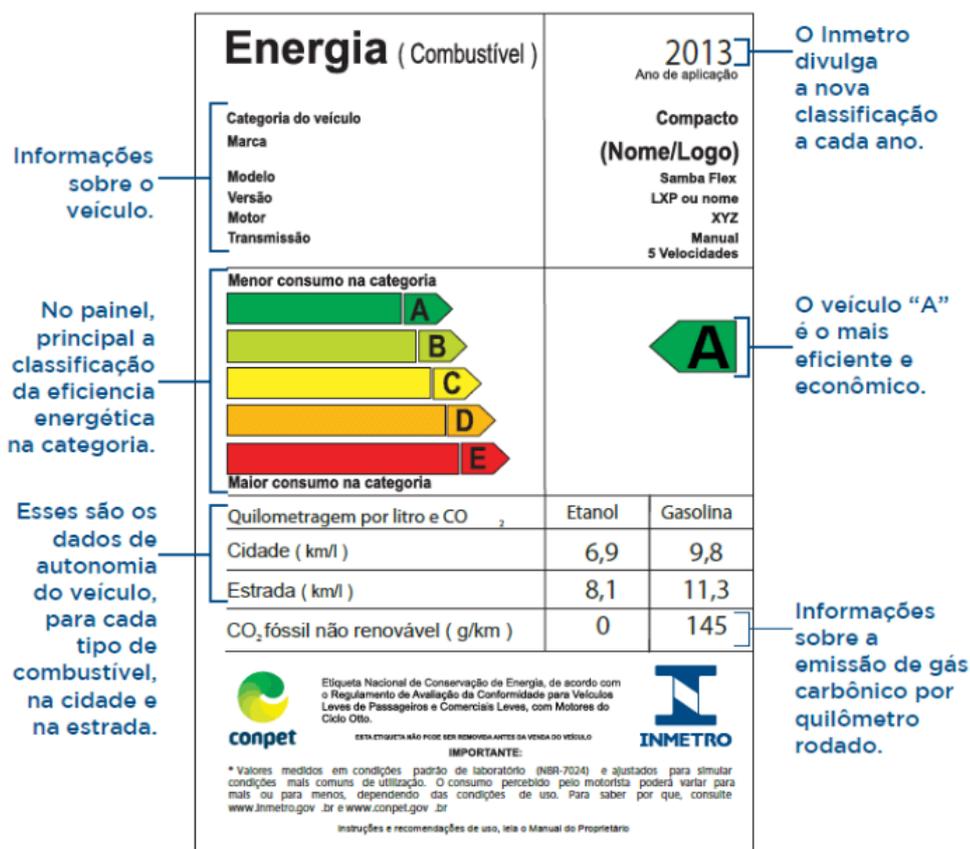


Figura 9: Etiqueta Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular – PBEV

Fonte: INMETRO (2019)

Atabani *et al.*, (2011), cita como possibilidade de melhorar a economia de combustível no setor de transporte, a condução econômica e a redução das distâncias e/ou viagens por veículo.

De acordo com INMETRO (2019), o PBE veicular é um programa coordenado pelo INMETRO em parceria com o Programa Nacional da Racionalização do uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET).

2.3.4 Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET)

O Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET) é um programa do governo federal, criado em 1991, por decreto presidencial, para promover o desenvolvimento de uma cultura antidesperdício no uso dos recursos naturais não renováveis no Brasil, garantindo um país melhor para as gerações futuras (CONPET, 2019).

O programa é vinculado ao Ministério de Minas e Energia (MME) e é executado com apoio técnico e administrativo da Petrobras, visando estimular a eficiência no uso da energia em diversos setores, além de desenvolver ações de educação ambiental, buscando mobilizar a sociedade brasileira, contribuindo para o desenvolvimento econômico e o bem-estar social (CONPET, 2019).

Ainda de acordo com o CONPET (2019), no setor de transportes atendendo os veículos pesados, o programa em parceria com técnicos da PETROBRAS realizam a medição do nível de opacidade da fumaça emitida pelo escapamento dos veículos a diesel. Conforme o grau de opacidade medido é fornecido um diagnóstico ao transportador indicando se o veículo encontra-se bem regulado ou necessita de alguma manutenção para redução do consumo e da emissão.

Estudos feitos pelo CONPET mostram que uma economia mínima de 5% no uso de combustível é obtida quando pequenos ajustes são realizados para manter o veículo dentro dos padrões de opacidade. Assim, os ônibus e caminhões que passam nas avaliações e são aprovados no programa,

recebem um selo verde (Figura 10), atestando que o equipamento atende aos requisitos de eficiência energética veicular (CONPET, 2019).



Figura 10: Selo Verde CONPET

Fonte: CONPET - (2019)

2.3.5 Programa Despoluir

O Programa Despoluir foi criado, em 2007, como uma iniciativa conjunta da CNT e o Serviço Social do Transporte (SEST) e do Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte (SENAT), tendo como premissa a melhoria do desempenho do transporte rodoviário brasileiro, dada a importância que essa atividade possui no país (DESPOLUIR, 2019).

O Programa Despoluir se consolidou como grande parceiro do setor de transporte de cargas e passageiros, sobretudo por meio do engajamento dos empresários do setor, dos transportadores, dos caminhoneiros autônomos e da sociedade na conservação do meio ambiente (DESPOLUIR, 2019).

O Programa Despoluir consiste na implementação de projetos, cujas ações visam benefícios diretos para o meio ambiente e a qualidade de vida da população, visando à conscientização dos agentes envolvidos, a redução de custos, o aumento da eficiência operacional de empresas e caminhoneiros autônomos para que atuem no desenvolvimento sustentável. Sob essa perspectiva, o Despoluir prioriza o bem-estar e a saúde dos trabalhadores do setor de transporte, buscando a melhoria da qualidade do ar (CNT, 2019).

2.3.6 Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores

A Resolução nº 18 do CONAMA, datada de 06 de maio de 1986, criou o Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE). Entre os pontos abordados inicialmente pelo Proconve, considerou que os veículos automotores eram fontes relevantes de emissão de poluentes e que contribuíam para a contínua deterioração da qualidade do ar, especialmente nos centros urbanos (MMA, 2019).

Entre os pontos de melhoria abordados, citavam a utilização de tecnologias adequadas, e o atendimento as necessidades de controle da poluição, bem como de economia de combustível. Utilizou-se a norma europeia de combate as emissões de poluentes dos veículos automotores, denominada Euro como referência (MMA, 2019).

Se inicialmente o PROCONVE foi elaborado somente para veículos leves, com a expansão do programa, foram incluídos os demais tipos de veículos automotores, incluindo portanto os veículos de transporte de carga, tendo como objetivos: reduzir a emissão de poluentes atmosféricos dos veículos; promover o desenvolvimento tecnológico nacional; promover a melhoria de combustíveis; criar programas de inspeção de veículos; promover a conscientização popular quanto à poluição veicular; estabelecer condições de avaliação dos resultados alcançados (MMA, 2019).

Desde o início do estabelecimento do programa para veículos pesados, houve redução significativa nas reduções de GEE. Os destaques tecnológicos decorrentes do PROCONVE se deram pela implementação nos veículos de catalisador, injeção eletrônica de combustível e melhorias nos combustíveis automotivos, resultando em grandes benefícios para o ar das regiões metropolitanas, detentoras de grandes frotas de ônibus e caminhões (MMA, 2019).

Os resultados obtidos pelo PROCONVE resultaram em quedas acentuadas de gases poluentes atmosféricos, o que certamente credenciou o programa como um dos mais bem sucedidos em termos de políticas nacionais de meio ambiente. As Figuras 11, 12, 13 e 14 correspondem a emissões veiculares no Brasil no período compreendido de 1992 a 2012, em que se nota

a redução de 76,20% nas emissões de monóxido de carbono, redução de 75,80% nas emissões de hidrocarbonetos não metano, redução de 39,1% na emissão de material particulado, e acréscimo na emissão de óxidos de nitrogênio em 5,8% (MMA, 2019).

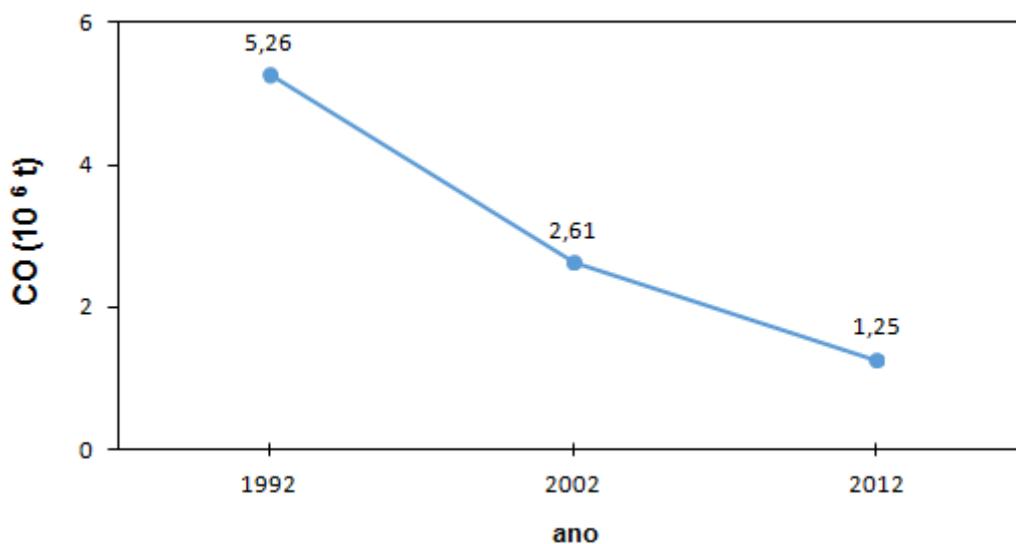


Figura 11: Emissões veiculares de monóxido de carbono no Brasil de 1992-2012
Fonte: MMA (2019)

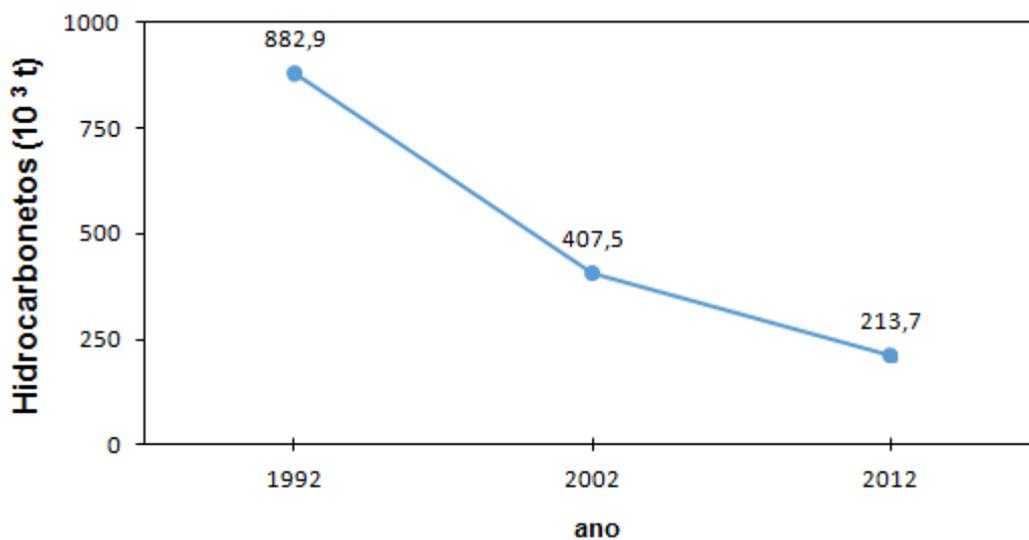


Figura 12: Emissões veiculares de hidrocarbonetos não metano no Brasil de 1992-2012
Fonte: MMA (2019)

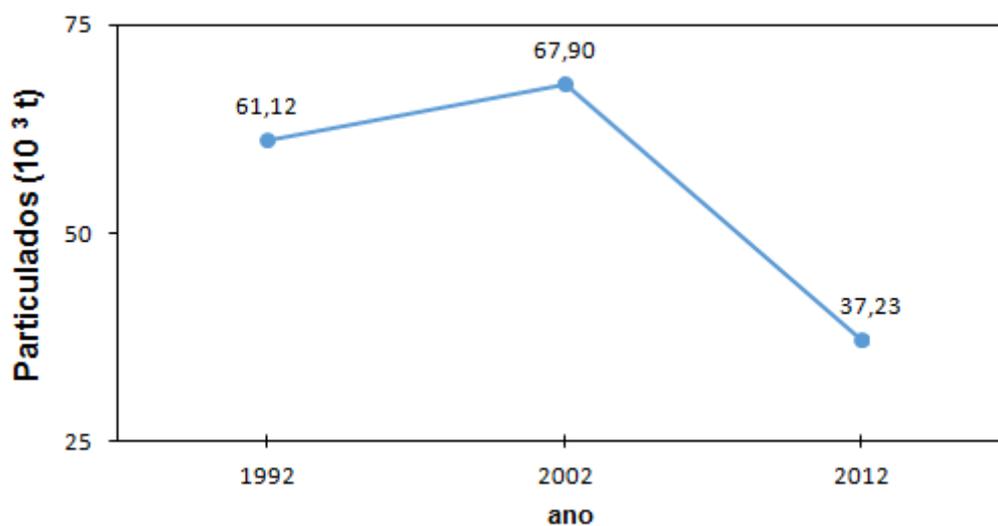


Figura 13: Emissões Veiculares de Material Particulado no Brasil de 1992-2012
Fonte: MMA (2019)

Nota-se, no levantamento, que as emissões veiculares de NO_x , embora tenham sofrido redução após 2002, apresentaram variável positiva no Brasil no período compreendido de 1992 a 2012 (MMA, 2019).

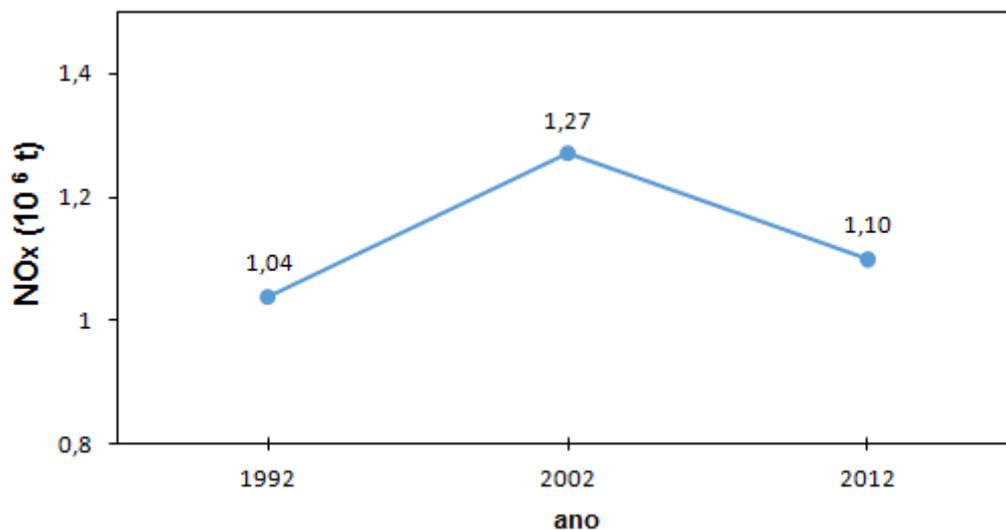


Figura 14: Emissões Veiculares de Óxidos de Nitrogênio no Brasil de 1992-2012
Fonte: MMA (2019)

A Tabela 5 mostra a estratégia de implantação, pelo PROCONVE, para veículos pesados (Fases “P”), bem como a característica e inovação presente em cada fase do programa.

Tabela 5 – Fases de Implantação PROCONVE para veículos pesados

| Fase | Período | Característica / Inovação |
|-------------|------------------|--|
| P1 e P2 | 1990 - 1993 | Em 1990 estavam sendo produzidos motores com níveis de emissão menores que aqueles que seriam requeridos em 1993 (ano em que teve início o controle de emissão para veículos deste tipo com a introdução das fases P1 e P2). Nesse período, os limites para emissão gasosa (fase P1) e material particulado (fase P2), não foram exigidos legalmente. |
| P3 | 1994 - 1997 | O desenvolvimento de novos modelos de motores visaram a redução do consumo de combustível, aumento da potência e redução das emissões de óxido de nitrogênio por meio da adoção de intercooler e motores turbo. Nesta fase se deu uma redução das emissões de monóxido de carbono (43%) e hidrocarbonetos (50%). |
| P4 | 1998 - 2002 | Reduziu ainda mais os limites criados pela fase P3. |
| P5 | 2003 - 2008 | Teve como objetivo a redução de emissões de material particulado, óxido de nitrogênio e hidrocarbonetos. |
| P6 | 2009 - 2011 | A fase P6, estabelecida pela resolução CONAMA nº 315/2002, teve como objetivo a redução de material particulado, óxido de nitrogênio e hidrocarbonetos. |
| P7 | A partir de 2012 | A fase P7 estabeleceu a obrigatoriedade de incorporação de sistemas de autodiagnose. Outra melhoria advinda dessa fase é relacionada a qualidade dos combustíveis, cujo teor de enxofre foi estabelecido em no máximo 10 ppm. Em termos de novas tecnologias para redução das emissões, destaca-se a recirculação de gases do escapamento, associado ao filtro de partículas e o catalisador de redução seletiva, que em conjunto ao ARLA 32, (um insumo a base de uréia), é capaz de reduzir o óxido de nitrogênio. |

Fonte: MMA (2019)

O acréscimo das emissões de óxidos de nitrogênio (NO_x), segundo Fattah *et al.* (2014), se deve à adição de biodiesel ao diesel fóssil. Atualmente,

(desde 2012) está em vigor à fase Proconve P-7, que estabeleceu redução no limite para emissão de NO_x, e criou a obrigatoriedade de incorporação de dispositivos ou sistemas para autodiagnose (*OBD – On board diagnostics*) nos veículos. Outra melhoria advinda dessa fase é relacionada à qualidade dos combustíveis, cujo teor de enxofre foi estabelecido em no máximo 10 ppm, e introdução de novas tecnologias para redução das emissões, advindas da melhoria de eficiência energética dos motores com a recirculação dos gases de escape (*EGR – Exhaust Gas Recirculation*) associado ao filtro de partículas diesel (*DFP – Diesel Particulate Filter*) e o catalisador de redução seletiva (*SCR – Selective Catalytic Reduction*), que associado ao ARLA 32, (um insumo a base de ureia) é capaz de reduzir o NO_x (MMA, 2019).

Passados mais de 33 anos de sua criação, o PROCONVE se mantém atuante, comprovando seu êxito. No decorrer deste período, o programa foi atualizando os limites de emissão de poluentes, com valores mais restritivos em cada nova fase. (MMA, 2019).

2.3.7 RenovaBio

Segundo o Conselho Nacional de Política Energética – CNPE (2019), o RenovaBio é um programa criado pela Política Nacional de Biocombustíveis, instituída pela Lei nº 13.576/2017, com os seguintes objetivos:

- Fornecer uma importante contribuição para o cumprimento dos compromissos determinados pelo Brasil no âmbito do Acordo de Paris;
- Promover a adequada expansão dos biocombustíveis na matriz energética, com ênfase na regularidade do abastecimento de combustíveis;
- Assegurar previsibilidade para o mercado de combustíveis, induzindo ganhos de eficiência energética e de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa na produção, comercialização e uso de biocombustíveis.

Ainda de acordo com o CNPE (2019), o principal instrumento do RenovaBio é o estabelecimento de metas nacionais anuais de descarbonização para o setor de combustíveis, de forma a incentivar o aumento da produção e da participação de biocombustíveis na matriz energética de transportes do país.

Ao definir as metas de descarbonização da política nacional dos biocombustíveis (RenovaBio), o país sinaliza que vai buscar um caminho cada vez mais sustentável em sua matriz de combustíveis, ao proporcionar menor emissão de GEE por unidade de energia.

Dessa forma, o Brasil estimula a produção de combustíveis mais eficientes do ponto de vista energético e ambiental, proporcionando ao consumidor maior poder de escolha e fomentando a diversificação da matriz energética. Com a definição das metas de descarbonização, o RenovaBio procederá à regulamentação dos mecanismos de certificação da produção de biocombustíveis e do crédito de descarbonização (CBIO), sendo estes créditos comercializados no mercado financeiro. Cada CBIO equivalerá a uma tonelada de carbono reduzida através de processos produtivos de biocombustíveis certificados em um processo de avaliação do ciclo de vida (MME, 2019).

Em 2018, foram definidos para um período de dez anos, índices de intensidade de carbono (IC) projetada, índice percentual de redução da IC pretendida, e as metas do volume de créditos de descarbonização estipulando os intervalos mínimos e máximos de tolerância. Essas medidas projetam uma redução de 10% nas emissões de carbono na matriz de combustíveis do país, passando dos atuais 74,25 gCO₂/Mj para 66,75 gCO₂/Mj, o que corresponde à retirada de 600 milhões de toneladas de carbono da atmosfera até 2028 (MME, 2019).

A proposta de redução de 10,1% nas emissões nos próximos dez anos tem como premissas o aumento da produção e do consumo de biocombustíveis no País. Em relação à demanda da frota de veículos leves (Ciclo Otto), estima-se um crescimento de 24,3% no período. Para veículos do Ciclo Diesel, a previsão é de que haja crescimento da demanda em 2,7% ao ano no próximo decênio. Conforme pode ser observado na Tabela 6.

Tabela 6: Metas nacionais anuais de descarbonização para o setor de combustíveis

| Ano | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Intensidade de Carbono (IC) Projetada (gCO ₂ /MJ) | 73,51 | 72,83 | 72,55 | 72,34 | 71,81 | 70,62 | 69,49 | 68,39 | 67,49 | 66,75 |
| Redução da IC Pretendida | 1,0% | 1,9% | 2,3% | 2,5% | 3,3% | 4,9% | 6,4% | 7,9% | 9,1% | 10,1% |
| Meta CBIO (em MM) | 16,8 | 28,7 | 41,0 | 49,8 | 59,6 | 66,9 | 73,3 | 79,5 | 85,1 | 90,1 |
| Intervalos de tolerância | 21,3 12,3 | 33,2 24,2 | 45,5 36,5 | 54,3 45,3 | 64,1 55,0 | 71,4 62,4 | 77,8 68,8 | 84,0 75,0 | 89,6 80,6 | 94,6 85,6 |

Fonte: Conselho Nacional de Política Energética – CNPE (2019)

Entre as medidas previstas para o atingimento das metas, o CNPE, (2019) estabeleceu entre outros pontos, o aumento gradativo do percentual obrigatório de biodiesel ao óleo diesel.

O biodiesel é um combustível renovável obtido a partir de um processo químico denominado transesterificação. Por meio desse processo, os triglicerídeos presentes nos óleos e gordura animal reagem com um álcool primário, metanol ou etanol, gerando dois produtos: o éster e a glicerina. O primeiro somente pode ser comercializado como biodiesel, após passar por processos de purificação para adequação à especificação da qualidade, sendo destinado principalmente à aplicação em motores do ciclo diesel dotados de ignição por compressão (ANP, 2019).

O biodiesel é vendido regularmente misturado ao óleo diesel nos postos de abastecimento espalhados pelo Brasil. Sua comercialização ocorre pela realização de leilões públicos promovidos pela ANP (MME, 2019).

Em dezembro de 2004, o governo federal lançou o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), com o objetivo inicial de introduzir o biodiesel na matriz energética brasileira. Com enfoque na inclusão social e no desenvolvimento regional. A sua mistura ao diesel fóssil teve início em 2004, em caráter experimental e, entre 2005 e 2007, no teor de 2%, a comercialização passou a ser voluntária. A obrigatoriedade veio no artigo 2º

da Lei nº 11.097/2005, que introduziu o biodiesel na matriz energética brasileira (ANP, 2019).

Em janeiro de 2008, entrou em vigor a mistura legalmente obrigatória de 2% (B2), em todo o território nacional. Com o amadurecimento do mercado brasileiro, esse percentual foi sucessivamente ampliado pelo CNPE até o atual percentual de 11,0%, que passou a vigorar a partir de primeiro de setembro de 2019. Esta regra foi estabelecida pelo CNPE, que aumentou de 10% para 11% o percentual obrigatório de mistura.

A contínua elevação do percentual de adição de biodiesel (Tabela 7) demonstra o sucesso do PNPB e da experiência brasileira na produção e uso de biocombustíveis (ANP, 2019).

Junior (2013) citou que, com o acréscimo de biodiesel ao diesel fóssil, há um aumento no valor final do produto, mas em contrapartida o consumo de combustível diminuiu. Os resultados do experimento realizado pelo autor, evidenciaram que 10% de biodiesel na mistura, elevou o valor do diesel ao consumidor em 3,5% enquanto o consumo diminuiu 3,0%.

Tabela 7: Evolução do percentual de biodiesel no Brasil

| Período | Percentual |
|----------------|-------------------|
| 2003 - 2007 | Facultativo |
| jan/08 | 2% |
| jul/08 | 3% |
| jul/09 | 4% |
| jan/10 | 5% |
| ago/14 | 6% |
| nov/14 | 7% |
| mar/18 | 10% |
| set/19 | 11% |

Fonte: ANP (2019)

2.4 Gestão de frotas

Trabalho desenvolvido por Monnerat *et al.* (2019) descreve que a gestão de frota é um conceito amplo que incorpora decisões sobre dimensionamento e configuração de frota, alocação de equipamentos, roteirização de veículos, considerando veículos de modelos e características iguais ou diferentes. Os autores citaram ainda que falhas na programação e roteamento e de veículos

são comuns, porém devem ser evitados, cabendo à empresa avaliar qual melhor equipamento a ser utilizado na viagem, com o objetivo de minimizar o custo total.

Valente *et al.* (2016) consideram como frota um agrupamento de veículos sob o comando de um setor. O termo "frota" pode ser utilizado para designar a totalidade dos veículos de uma empresa, a frota pode ser própria ou terceirizada. Assim, quando empresas de transportes que empregam o gerenciamento de frotas, é comum observar a utilização de técnicas, métodos, ferramentas e softwares que possibilitem o aumento da produtividade e eficiência das suas operações, promovendo também a redução de riscos ao patrimônio, devido ao capital investido na aquisição e manutenção de veículos.

O termo "gestão de frotas" representa a atividade de reger, administrar ou gerenciar os veículos pertencentes a uma mesma empresa. Devido à ampla abrangência e envolvimento de diferentes modalidades de serviços é importante fazer o dimensionamento bem como especificação de equipamentos, visando otimizar recursos. Tendo em vista que, no Brasil, o setor de transportes opera em um mercado competitivo, também é importante o uso de sistemas de medição de desempenho logístico (VALENTE *et al.*, 2016).

Wong (2015) descreveu a importância dos sistemas de medição de desempenho logístico, no que se refere a custos e questões de sustentabilidade. Nos últimos anos, observa-se maior preocupação das empresas com relação ao impacto ambiental de suas atividades, em que o gerenciamento da cadeia de suprimentos se mostra como uma opção viável para reduzir o impacto ambiental das operações e simultaneamente melhorar seu desempenho operacional (VANALLE *et al.*, 2017).

A logística tradicional e as medições de desempenho da cadeia de suprimentos concentram-se principalmente na avaliação de custo, tempo e precisão, enquanto a análise do desempenho logístico examina sua influência no desempenho organizacional, voltado a excelência em práticas e capacidades de logística, tendo a premissa de desempenho organizacional de alta qualidade, o desempenho logístico é impactado positivamente pela estratégia de gerenciamento no sentido de melhorar o desempenho por meio

sistêmico de medições em toda a cadeia de suprimentos (VANALLE *et al.*, 2017).

Segundo Bowersox e Closs (2015), o monitoramento das medidas pode ser realizado mediante acompanhamento do desempenho histórico do sistema logístico, de modo a ter um banco de dados para que tanto a administração, como os clientes, se mantenham informados.

2.5 Tecnologia da informação e comunicação

A tecnologia da informação e comunicação é uma ferramenta de apoio, voltada para o gerenciamento de informações sistêmicas que buscam viabilizar soluções completas e integradas para a gestão da cadeia logística. O uso de novas tecnologias pelas empresas tais como *RFID (Radio Frequency Identification)*, ou sistema de *ERP (Enterprise Resource Planning)*, *MRP (Material Requirements Plan)*, ou ainda *EDI (Electronic Data Interchange)* em sua operação, são empregadas como facilitadores na circulação da informação rápida para apoiar as operações e o gerenciamento da cadeia de suprimentos (BOWERSOX e CLOSS, 2015).

Ainda de acordo com Bowersox e Closs (2015), o uso de TIC se mostra uma opção viável do ponto de vista estratégico e econômico, no que se refere à eficiência energética no transporte. Vujanovic *et al.* (2010) relataram que a eficiência energética no transporte de cargas é uma preocupação dos gestores que buscam se manter competitivos no mercado, além de proporcionar melhoria ao meio ambiente, visando o desenvolvimento sustentável.

Nesta linha de pensamento, D'Agosto e Leal Júnior (2012) destacaram que para ser mais eficiente, deve-se utilizar menos energia para realizar uma atividade. No caso de uma empresa de transporte de cargas, a eficiência energética é medida avaliando a distância percorrida em função do combustível consumido. Dessa forma, para se alcançar maior eficiência energética no setor de transportes, deve-se focar em duas ações: aumentar a quantidade transportada de cargas ou passageiros e/ou aumentar distâncias transportadas, mantendo a mesma quantidade de energia consumida.

Segundo os autores, a obtenção da redução do consumo de combustíveis pela frota da empresa, pode ser conseguida com:

- Eficiência dos veículos e implementação de tecnologias embarcadas,
- Eficiência da condução, por meio da formação dos motoristas e com a ajuda de sistemas de computadores de bordo,
 - Eficiência da escolha da rota por meio da otimização da escolha da rota com base em informações sobre o plano de viagem e condições de tráfego,
 - Eficiência logística por meio da otimização de pesos e volumes, de acordo com a capacidade dos equipamentos.

Assim, nos últimos anos uma ferramenta que ganhou destaque nas empresas transportadoras em busca do aumento de eficiência operacional e redução de custos foi à telemetria automotiva (ANDRIA *et al.*, 2016).

2.5.1 Telemetria automotiva

A palavra telemetria é de origem grega, sendo oriunda do termo *tele*, que significa longe ou remoto, e *metron*, que refere-se a medida. Dessa forma, em tradução literal, telemetria pode ser definida como uma técnica de obtenção de dados a distância (MAGNETI MARELLI, 2019).

De acordo com Fontanella *et al.*, (2019), o sistema de telemetria consiste na medição de dados de um ponto de coleta, denominado analisador. Depois estas informações coletadas são enviadas para uma central de armazenamento de dados denominado acumulador, e permanecem para posterior análise. A transferência de dados coletados são utilizados para o monitoramento, medição e controle. Esta é uma tecnologia empregada em diversas áreas, incluindo a área automotiva e o setor de transportes.

Os sistemas de telemetria via rede de telefonia móvel existem há tempos e seu funcionamento consiste na movimentação de um dispositivo alocado em aparelhos de telefonia móvel, que registram a troca de localização simultânea, informando a central de comunicação com a qual mantém conexão constantemente. Estas mudanças de localização alteram seu endereçamento de coordenadas globais de posicionamento, tornando este sistema de comunicação bastante confiável (JALBA *et al.*, 2010).

Ainda de acordo com Jalba *et al.* (2010), o sistema global de comunicações móveis, conhecido como *Global System for Mobile*

Communications (GSM), compreende toda a infraestrutura para ofertar os serviços de transmissão de dados, em quase todo o globo, inclusive nos locais de difícil acesso. Para isso, utiliza-se de operadoras de telefonia celular que mantêm a concessão por meio de serviços gerais de pacote por rádio, *General Packet Radio Service (GPRS)*, sendo esta uma tecnologia de transmissão de dados disponível em redes *GSM*. Esta tecnologia pode ser utilizada no país, pois a maior parte do território brasileiro possui infraestrutura de rede de telefonia celular *GSM/GPRS* (MAGNETI MARELLI, 2019).

Teixeira *et al.* (2014) afirmam que “o controle das funções de veículos para diagnosticar, em tempo real, falhas operacionais, pode representar uma atividade importante, especialmente em veículos usados para transporte de cargas. Este controle permite diagnosticar ou prevenir problemas graves de forma antecipada”. Nesse sentido, a telemetria auxilia os usuários saberem com exatidão, o desempenho de sua frota, proporcionando melhoria da produtividade.

Segundo Bueno (2007), a telemetria tem sido útil para empresas que utilizam o modal rodoviário, devido a sua eficiência, baixo custo de compra, fácil manuseio, alta precisão, e possibilidade de definir parâmetros para uma boa gestão de sua frota, o que pode promover a melhora do desempenho organizacional. Nesse sentido, o autor afirma que a telemetria pôde auxiliar na redução de custos e na otimização do transporte, uma vez que possibilita a agregação de valor aos serviços prestados.

No segmento automotivo, segundo estudo de Andria *et al.* (2016), as aplicações de telemetria consistem em análise de estilo de direção, gerenciamento de frota e detecção de falhas mecânicas, em que os dados de medição, são coletados a partir dos sensores *On-Board Diagnostics (OBD)* e de uma unidade de medida inercial, *Inertial Measurement Unit (IMU)*, sendo registrados no dispositivo *onboard* para *backup* remoto, ou transferidos em tempo real “*on line*” via satélite para uma central de monitoramento.

A análise precisa dos dados coletados possibilita identificar parâmetros capazes de monitorar o comportamento do motorista, sendo que a compreensão do comportamento característico dos condutores pode contribuir

significativamente para a segurança rodoviária, além de proporcionar aumento da eficiência energética, gerando além da economia de combustível, a redução na emissão de gases poluentes (ANDRIA *et al.*, 2016).

Segundo Lafeyers (2016), na telemetria, os dispositivos conectados e os sistemas integrados mais inteligentes baseados em dados, ajudam as empresas na tomada de decisões que permitem melhorar a eficiência e consolidar resultados. Para operações com frotas de veículos, os programas de telemetria podem produzir uma grande quantidade de indicadores, propiciando melhorias no processo de coleta, organização, análise, compartilhamento e monitoramento de informações que oferecem suporte a gestão de negócios.

De acordo com a empresa Magneti Marelli (2019), no Brasil, a telemetria automotiva é utilizada em empresas transportadoras rodoviárias, que almejam melhor controle operacional em sua frota. O sistema é composto por um computador de bordo e vários sensores no veículo, que transmitem essas informações para um satélite que redirecionam essas informações em tempo real para o gestor de frotas.

O *software* do sistema de gestão pode ser customizado de acordo com as necessidades da empresa permitindo ao gestor de frotas, extrair informações, tais como identificação do motorista, quantidade de combustível consumida, distância percorrida, locais visitados, rotas utilizadas, duração das viagens, velocidade, freada brusca, aceleração brusca, porta aberta, direção na chuva, entre outros indicadores, contribuindo para reduções de custo de combustível, pneus e manutenção (MAGNETI MARELLI, 2019).

Para Jalba *et al.* (2010), o sistema de telemetria evolui gradualmente em direção a uma completa solução de gerenciamento de frotas, sendo um requisito essencial para utilização eficaz e eficiente por meio da validação de dados obtidos em tempo real e que compõem relatórios avançados. Sendo uma importante ferramenta no gerenciamento da cadeia de suprimentos podendo ser utilizada por transportadoras e prestadores de serviços de logística.

Na área de frete e distribuição física, a ferramenta fornece funcionalidades para o gerenciamento de ordens de transporte, consolidação

de carga, rota, viagens e planejamento de remessas e cálculo de prazos de entrega, formando o gerenciamento de pedidos (com todas as operações relacionadas ao frete) e construção de carga, bem como o planejamento de rotas. Dessa forma o sistema pode ser modulado para atender às necessidades das empresas de transporte, levando em conta as necessidades especiais das transportadoras (JALBA *et. al*, 2010).

Segundo Shanmugam (2019), os veículos modernos são dotados de sistemas de tecnologia, que geralmente envolvem a conexão à internet por redes de telefonia móvel ou *Wi-Fi*. Esses sistemas, assim como demais funcionalidades do veículo são normalmente tratadas por unidades de controle associadas a central de comando do veículo e utilizam de dispositivos ligados a *CAN (Contoller Area Network)* - área controladora em rede veicular pelo sinal elétrico, possibilitando a utilização de sensores e processadores telemáticos.

3. METÓDO DE PESQUISA

O método utilizado consiste de um estudo de caso, sendo coletados dados de período de três anos anteriores e três anos posteriores à implantação da telemetria como ferramenta de gestão de frotas na empresa objeto desta pesquisa.

De acordo com Gil (2010), as pesquisas são realizadas quando há um problema e se tem informações para solucioná-lo e, por isso, é desenvolvida mediante os conhecimentos disponíveis e a utilização de métodos e técnicas de investigação científica. Isso implica no esclarecimento das pressuposições teóricas que fundamentam a pesquisa e das contribuições proporcionadas por estudos já realizados, utilizando-se portanto de revisão da literatura.

A metodologia empregada no estudo de caso possui variadas aplicações, destacando sua utilidade nas pesquisas exploratórias em que se enquadra o presente trabalho. A pesquisa exploratória visa a proporcionar maior familiaridade com o problema abordado, de forma a demonstrá-lo de maneira mais explícita (VENTURA, 2007).

De acordo com Miguel *et al.* (2012), a pesquisa exploratória se faz necessária quando a teoria não se encontra bem formulada na literatura ou ainda se encontra em fase emergente. Para tanto, o pesquisador deve possuir familiaridade com o objeto de estudo.

Quanto a sua natureza, a pesquisa classifica-se como aplicada, de forma que objetiva gerar conhecimentos que possibilitem a resolução de problemas específicos (PRODANOV e FREITAS, 2013).

Para quantificar a eficiência energética da frota de veículos que compõem o banco de dados, relacionou-se o consumo de litros de óleo diesel em razão da distância percorrida, determinando assim a eficiência energética do equipamento medida por quilometragem por litro de combustível (km/l).

Avaliou-se o quantitativo de emissões resultantes da queima do combustível (óleo diesel) pela frota da empresa, por meio do uso de fatores de emissão disponibilizados pelo Ministério do Meio Ambiente, mostrado na Figura 15.

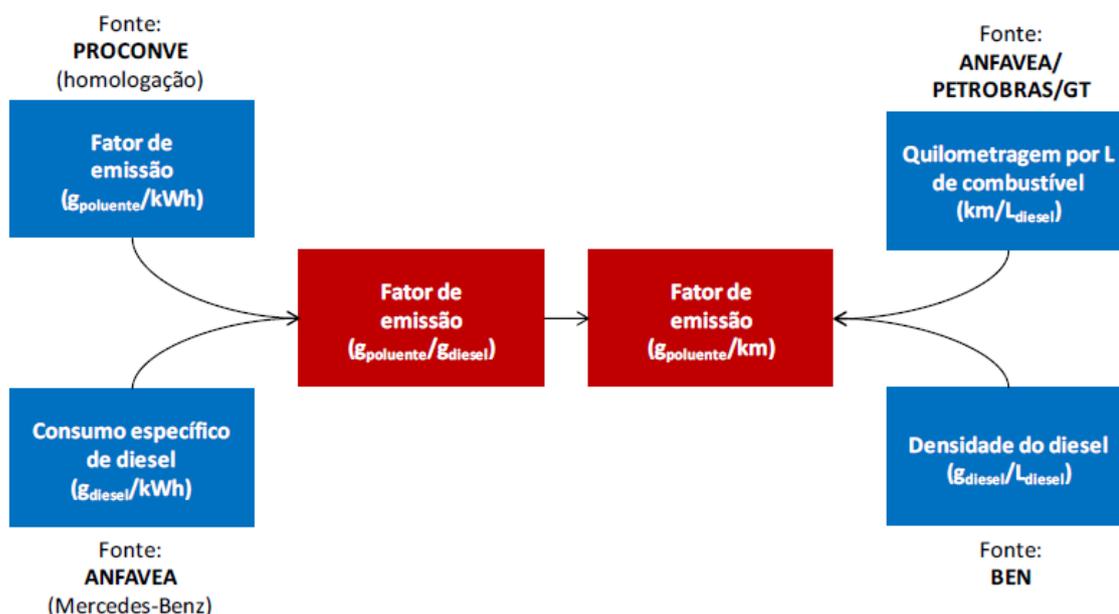


Figura 15: Fatores de emissão para veículos do ciclo diesel

Fonte: MMA (2019)

No presente estudo de caso, destacam-se as seguintes considerações:

- No início do período de análise, a frota da empresa era composta por 100% de veículos com até um ano de uso, enquadrados na categoria pesados, com peso bruto total combinado (PBTC) superior a 15 t, que utilizavam mecânica embarcada dotada de tecnologia padrão Proconve P-5;
- Para a conversão de valores, utilizou-se como referência o Balanço Energético Nacional, que estabeleceu a densidade de 0,848 kg/l de óleo diesel.
- Considerou-se o fator de emissão de CO_2 no óleo diesel equivalente a de 2,67 kg/l, que representa 3,15 kg de CO_2 por kg de diesel, ou seja, 3,15 g de CO_2 por g de óleo diesel.

Ainda, foram quantificadas as emissões de monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos não metano (NMHC), óxidos de nitrogênio (NOx) e material particulado (MP), em gramas de poluente por kg de diesel, conforme Tabela 8.

Tabela 8: Fatores de emissão por fase do PROCONVE

| Fase do PROCONVE | CO | NMHC | NOx | MP |
|------------------|------|------|-------|-------|
| P1 e P2 | 8,27 | 3,02 | 47,56 | 2,933 |
| P3 | 7,43 | 2,48 | 30,05 | 1,459 |
| P4 | 4,05 | 1,38 | 29,33 | 0,571 |
| P5 | 3,77 | 0,73 | 21,23 | 0,355 |
| P7 | 3,95 | 0,76 | 8,57 | 0,086 |

Fonte: MMA (2019)

A quantidade de emissões de material particulado varia de acordo com a quantidade de enxofre (S) na composição do combustível consumido. Foi adotado como combustível padrão o óleo diesel S-500, que contém 500 ppm de S em sua composição. Este foi o combustível utilizado pela frota da empresa no período especificado da análise no período anterior à telemetria 2011 a 2013 e posterior à telemetria 2015 a 2017.

3.1 EGD Transportes de Combustíveis Líquidos

A transportadora objeto deste estudo pertence a um grupo empresarial atuante no transporte e distribuição de combustíveis líquidos. O grupo logístico é composto por unidades de negócio (filiais) situadas nas regiões Sudeste, nos Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, e na Região Centro-Oeste, nos Estados de Goiás, Mato Grosso do Sul e Distrito Federal.

Uma das unidades de negócio da companhia é localizada na cidade de Paulínia/SP, e foi esta filial utilizada como referência para a elaboração do presente trabalho de pesquisa. Adotou-se a filial de Paulínia/SP por esta unidade ser a maior filial da empresa em volume transportado e rentabilidade.

A empresa transportadora solicitou confidencialidade quanto à exposição de seu nome, portanto essa informação será preservada. Assim, a empresa receberá o nome fictício de EGD Transportes de Combustíveis Líquidos, em alusão a (etanol, gasolina, diesel).

A empresa analisada tem como principal atividade o transporte de combustíveis líquidos provenientes da REPLAN – Refinaria Planalto (que assim como a filial da EGD também é situada na cidade de Paulínia, no Estado de

São Paulo) para todas as cidades que compõem ou circundam a Região Metropolitana de Campinas – RMC, operação de entrega a postos de combustível.

Ainda, opera na coleta de etanol em usinas para abastecimento de refinaria ou destinada para exportação (operação denominada coleta de etanol), e realiza o transporte de combustíveis de aviação entre a refinaria Planalto e aeroportos localizados nas regiões Sudeste e Centro-Oeste (operação esta denominada de aeroportos - JET).

A empresa EGD Transportes de Combustíveis Líquidos é considerada de médio porte e atende uma distribuidora que figura entre as três principais no segmento de distribuição de combustíveis no país.

3.2 Frota de veículos e equipamentos

Ao final do ano de 2010, a EGD Transportes de Combustíveis Líquidos, possuía 63 equipamentos em operação, sendo que 22 equipamentos eram ano e modelo 2010, e 41 equipamentos eram ano 2010, modelo 2011. Ou seja, a empresa possuía em sua frota equipamentos que atendiam na época a norma de eficiência energética e controle de emissão de poluentes equivalente à fase P-5 do Programa de Controle Veicular Nacional (Proconve P-5).

No início do período de análises, a empresa possuía em operação 8 caminhões-tanque: (com capacidade de 15 a 35 mil l); 30 bitrem: (com capacidade de 45 mil l), e 25 Super Bitrem: (com capacidade de 62 mil l).

Essa frota se manteve em operação de 2011 a 2017 e foi esse o universo de veículos utilizado na amostragem de análises para avaliar a eficiência energética dos veículos transportadores no período anterior e posterior à implantação da telemetria como ferramenta de gestão de frotas na empresa.

A Tabela 9 mostra as características veiculares da frota da empresa EGD Transportes de Combustíveis Líquidos em janeiro de 2011.

Tabela 9: Características veiculares da frota em janeiro de 2011

| Cavalo Mecânico | Potência (CV) | Semi Reboque | Ano | Modelo | Qtd. | Família | Volume (l) |
|------------------------|----------------------|---------------------|------------|---------------|-------------|----------------|-------------------|
| MB 2425 | 250 | Tanque | 2010 | 2010 | 1 | | 15000 |
| MB 2425 | 250 | Tanque | 2010 | 2010 | 3 | | 20000 |
| MB 1933 | 330 | Tanque | 2010 | 2010 | 2 | 1 | 30000 |
| SCANIA G380 | 380 | Tanque | 2010 | 2010 | 2 | | 35000 |
| SCANIA G420 | 420 | Bitrem | 2010 | 2011 | 7 | | 45000 |
| SCANIA G420 | 420 | Bitrem | 2010 | 2011 | 4 | 2 | 45000 |
| SCANIA G440 | 440 | Bitrem | 2010 | 2011 | 4 | | 45000 |
| VOLVO FH 520 | 520 | Super Bitrem | 2010 | 2010 | 14 | | 62000 |
| SCANIA R440 | 440 | Super Bitrem | 2010 | 2011 | 11 | 3 | 62000 |
| SCANIA G420 | 420 | Bitrem | 2010 | 2011 | 15 | | 45000 |

Fonte: EGD Transportes de Combustíveis Líquidos

3.3 Diferenciação da frota de veículos e equipamentos

Os equipamentos rodoviários são formados por duas partes, um cavalo mecânico e um semi reboque, sendo a primeira o veículo de tração e a segunda de carga. O semi reboque é um complemento que tem eixos e rodas apenas na parte de trás. Os denominados “caminhões tanque” podem ser do modelo *truck* ou carreta, com comprimento de até 18,20 m e possuem capacidade de até 35.000 l, distribuídos em um único compartimento de carga, subdivididos em divisórias (que podem variar de três a sete), de 5000 l cada.

O bitrem é um veículo formado por um cavalo mecânico e dois semi reboques, com o primeiro tendo um prolongamento com engate para que possa acoplar nele o segundo compartimento de carga. São os modelos mais utilizados pelas distribuidoras de combustíveis líquidos. Possuem 19,80 m de comprimento e capacidade de transporte de até 45.000 l, sendo que o primeiro compartimento é composto de quatro divisórias e o segundo compartimento sendo composto por cinco compartimentos de 5000 l cada.

Os veículos de maior capacidade de carga, denominados super bitrens, assim como os bitrens, são veículos compostos por dois compartimentos de carga, porém sua capacidade de transporte é de até 62.000 l. Estes veículos possuem 26,20 m de comprimento.

Para cada tipo de composição de carga, pode ser empregado um modelo de cavalo mecânico. No país, os modelos comercializados possuem potência de 230 a 560 cavalos (CV), e essa variação de potência está diretamente ligada à finalidade de utilização do equipamento, pois, influencia diretamente quanto ao volume transportado, bem como o percurso utilizado nas viagens.

Os caminhões tanque são utilizados em viagens de menor percurso, acondicionam menor volume de carga, são menores e mais ágeis. São os equipamentos ideais para utilização em grandes centros urbanos, e locais de difícil acesso. São utilizados pela EGD Transportes de Combustíveis Líquidos na operação de entrega aos postos de combustíveis.

Os equipamentos do tipo bitrem são utilizados na distribuição de combustíveis líquidos pela empresa EGD. Sua aplicação é distinta, podendo ser utilizado nas operações de entrega aos postos de abastecimento, bem como na coleta e distribuição de etanol das usinas e no abastecimento de aeroportos com combustíveis de aviação.

Para o transporte de grandes volumes, é necessário a utilização de equipamentos denominados super bitrens, que são compostos de nove eixos e, devido a suas características especiais (comprimento e capacidade de carga elevados), devem atender a resolução nº 211/2006 do Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN, que estabelece que o uso deste tipo de veículo deva ser restrito do amanhecer ao pôr do sol (período compreendido entre 06h00 e 18h00), e sua velocidade máxima de 80 km/h.

O trajeto a ser percorrido deve ser pré-definido e informado a órgãos de trânsito, para que estes emitam uma autorização especial de trânsito (AET). Verifica-se a utilização destes equipamentos em operações de transferência de produtos entre a refinaria de Paulínia e os aeroportos das regiões Sudeste e Centro-Oeste.

3.4 A implantação da telemetria

A empresa EGD Transportes de Combustíveis Líquidos, visando a ampliar seu mercado de atuação e melhorar seu nível de serviço, no início de 2014, elaborou, por intermédio de sua diretoria, a análise de *SWOT*

“Strengths”, “Weaknesses”, “Opportunities” e “Threats”, traduzindo para o português, “Forças”, “Fraquezas”, “Oportunidades” e “Ameaças” (FOFA), levando em consideração a implantação da telemetria, obtendo os apontamentos, na época mostrados no Quadro 1.

Quadro 1: Matriz de Swot – EGD Transportes (janeiro de 2014)

| Forças | Oportunidades |
|--|------------------------------------|
| Equipamentos com tecnologia Proconve - P5 | Verificação em tempo real |
| Equipamentos com capacidades variadas | Novos clientes |
| Localização (proximidade com a base de carregamento) | Maior controle na gestão de frota |
| Fraquezas | Ameaças |
| Consumo elevado de combustível | Falta de mão-de-obra especializada |
| Alto custo de manutenção dos equipamentos | Novos entrantes |

Fonte: EGD Transportes de Combustíveis Líquidos

Após vários estudos, a empresa identificou como sendo primordial a implantação da telemetria. O processo da implantação da telemetria visou a atender os anseios da direção da empresa, que, neste período, buscava crescimento de mercado, sendo que o principal cliente da empresa, já exigia o uso da telemetria, por essa ser uma ferramenta que proporcionaria análise em tempo real da localização de sua carga.

Devido a todas as oportunidades de negócio apresentadas, a implantação da telemetria era questão de sobrevivência no mercado. Assim, a empresa passou pelo processo de implantação da telemetria, entre os meses de janeiro à dezembro de 2014.

A programação da instalação dos sensores de telemetria nos veículos seguiu o cronograma acordado com a distribuidora, iniciando com os veículos de longa distância, destinados à operação de aeroportos.

Observou-se que, em vários veículos, a instalação dos sensores foi realizada em finais de semana, ou mesmo nas ocorrências de manutenções preventivas, não comprometendo o atendimento aos clientes.

O custo total de implantação desse sistema foi de R\$ 355.000,00, sendo R\$ 5.000,00 de sensores em cada veículo e R\$ 40.000,00 destinados ao Centro de Operações Logísticas (COL) da empresa.

Os sensores instalados nos veículos emitem sinais que se comunicam com satélites e estes direcionam as informações em tempo real para o COL, que acompanha as informações e promove tratativas quando se fazem necessárias. A Figura 16 mostra o sistema de funcionamento da telemetria.

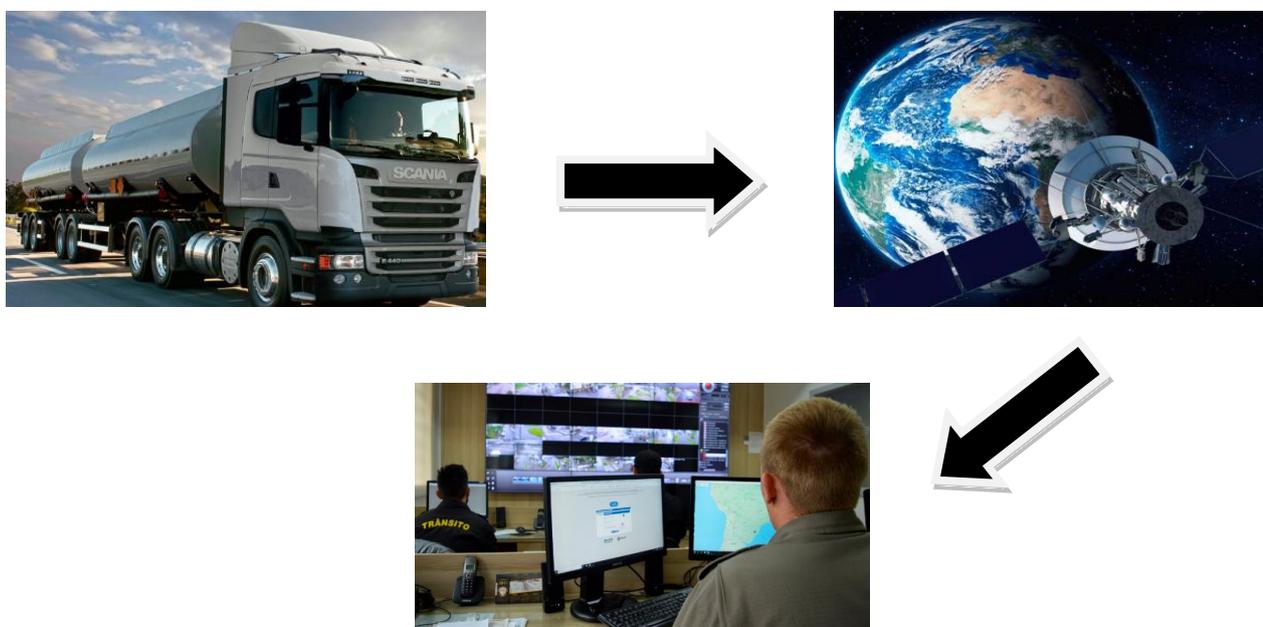


Figura 16: Sistema de funcionamento da telemetria

Fonte: EGD Transportes de Combustíveis Líquidos

Dentre as informações que podem ser coletadas pelos sensores telemáticos, destacam-se: a localização do veículo, a velocidade desenvolvida, o tempo de viagem, as condições de operação do equipamento, como frenagens bruscas, acelerações repentinas, temperatura do motor e do compartimento de carga, além das rotações por minuto do motor (RPM), informação fundamental para a análise da eficiência energética, que proporciona economia de combustível e a redução da emissão de gases poluentes.

4. RESULTADOS

Este capítulo foi dividido em duas partes, uma referente ao período anterior ao início da implantação da telemetria, contemplando os anos de 2011, 2012 e 2013, e outra em período posterior à consolidação da telemetria, contemplando os anos de 2015, 2016 e 2017.

4.1 Período anterior ao início da implantação da telemetria

Até o final de 2013, os indicadores de desempenho utilizados pela empresa contemplavam apenas parâmetros relacionados à atividade dos motoristas na condução dos veículos.

Os indicadores de produtividade eram medidos apenas pelas folha-ponto ou ainda pelos diários de bordo e, para realizar o monitoramento dos motoristas na condução dos veículos, a empresa contava com uma equipe de “patrulha externa” composta por veículos leves e motoristas instrutores.

Esta patrulha buscava identificar condutas positivas ou negativas dos motoristas e registravam em um formulário, que poderia ser acompanhado de foto ou filmagem. Para o controle de velocidade, tempo de utilização de equipamento, distância percorrida, a empresa realizava a leitura do disco do tacógrafo instalado nos caminhões por meio de amostragem, sendo esta amostragem irrisória, se comparada ao universo da operação, pois avaliava quantidade inferior a 2% do total de viagens.

Não havia um controle rigoroso dos abastecimentos da frota, apenas era solicitado ao motorista a entrega do *ticket* de abastecimento para compor a média da quilometragem percorrida pelo volume de combustível consumido. Os abastecimentos eram externos e poderiam ocorrer em uma rede de postos conveniados à empresa.

Neste período, as médias de rendimento quilométrico eram consideradas reduzidas e, por não haver controle eficiente na gestão da frota, eram observados casos que o custo operacional do equipamento era maior que a rentabilidade trazida por ele.

Para sanar estes problemas, a solução encontrada pela empresa foi a instalação em sua propriedade em dezembro de 2013, de um tanque de abastecimento com capacidade de 30 mil l, sendo o combustível utilizado pela

frota, na época, o óleo diesel S-500. Dessa forma, todos os veículos que compunham a frota, passaram a ser abastecidos na empresa.

Esta mudança resultou em maior controle sobre os abastecimentos dos veículos, e proporcionou a redução do custo do óleo diesel, uma vez que o combustível passou a ser adquirido direto da distribuidora a um valor mais baixo.

Os dados referente ao consumo de combustível pelos equipamentos nos anos de 2011, 2012 e 2013 foram alocados na planilha de antes da telemetria, e os anos de 2015, 2016 e 2017 foram alocados na planilha após a telemetria.

O período de implantação da telemetria na empresa (ano 2014) foi desconsiderado, pois ocorreram vários testes nos equipamentos. Sendo que em inúmeras oportunidades os equipamentos realizaram operações não habituais, como trafegar utilizando o motor em rotações superiores com intuito de verificar o apontamento de registros no sistema telemétrico até se estabelecer o padrão desejado, o que ocasionaria distorções nas análises.

4.2 Período posterior à consolidação da implementação da telemetria

Após a consolidação da implementação da telemetria, a empresa EGD, buscando a redução de custos operacionais, traçou metas relacionadas ao consumo de óleo diesel na empresa. Assim, os equipamentos foram distribuídos por famílias de operação e agrupados por tipo de veículos e potência em CV.

Os valores considerados como alvo em relação à meta a ser alcançada na forma veículo/operação foram estabelecidos pelo gestor da empresa. Desta forma, foi possível avaliar a eficiência por tipo de equipamento, medindo o consumo realizado pelo equipamento e confrontando-o ao alvo estabelecido.

Para atendimento a postos revendedores, foram destinados os veículos da família 1, que apresentam menor capacidade em volume transportado. Esses equipamentos são da marca Mercedes Benz, modelo 2425 nos equipamentos de 15 e 20 mil l, no modelo 1933 nos equipamentos de 30 mil l, e também da marca Scania no modelo 380 CV para os equipamentos de 35 mil l e 420 CV para equipamentos de 45 mil l de capacidade. Seu raio de atuação

se concentra basicamente ao atendimento de clientes localizados nas cidades que compõem ou circundam a região metropolitana de Campinas – RMC.

A Família 2 agrupa os veículos destinados regularmente à coleta de etanol em usinas do Estado de São Paulo com destino a base de distribuição de Paulínia, sendo que esses veículos também são utilizados na transferência de combustíveis entre usinas, e na operação de exportação de etanol, quando essas são solicitadas. Os veículos da família 2 possuem capacidade em volume transportado de 45 mil l. Estes veículos são do tipo bitrem de marca Scania, e possuem na motorização potências de 420 e 440 CV. Observou-se que os modelos 440 CV proporcionaram maior economia de combustível.

Para atendimento à operação aeroportuária, foram destinados os veículos da Família 3, com capacidade em volume transportado de 45 mil l (modelo bitrem) e 62 mil l (modelo super bitrem). São utilizados cavalos mecânicos de 420 CV de marca Scania, nos bitrens, e cavalos mecânicos Scania de 440 CV e Volvo de 520 CV nos veículos de modelo super bitrem, que atendem aeroportos das regiões Sudeste e Centro-Oeste.

Inicialmente, os veículos que tiveram instalados os sensores de telemetria, foram os veículos do modelo super bitrem da operação aeroportuária. Por se tratar de uma operação que dispõe de cavalos mecânicos de montadoras distintas, foi diagnóstico que tanto os veículos VOLVO modelo FH520, como os Scania modelo R440 consumiram respectivamente 11,4% e 5,4% a mais que o especificado como alvo (que na época era 1,85 km/l óleo diesel). Acrescenta-se, que os veículos VOLVO FH520 consumiam 6,7% mais combustível que os veículos SCANIA modelo R440.

A Tabela 10 mostra a relação dos alvos a serem alcançados por cada família de equipamentos, com base no ano de 2014. O valor indicado como realizado foi o valor detectado na última medição realizada naquele período, e foi relacionado aos alvos a serem alcançados, definidos pelo gestor da empresa, tendo assim como resultado da equação, a diferença entre a média de consumo medida em km/l de óleo diesel, entre o realizado e alvo pretendido.

Tabela 10: Rendimento km/l realizado x alvo por equipamentos – 2014

| Equipamento | Família | Realizado | Alvo | % |
|--------------------|----------------|------------------|-------------|----------|
| MB 2425 | | 3,43 | 3,70 | 7,9 |
| MB 1933 | 1 | 2,90 | 3,20 | 10,3 |
| SCANIA G380 | | 2,39 | 2,60 | 8,8 |
| SCANIA G420 | | 2,06 | 2,25 | 9,2 |
| SCANIA G420 | 2 | 2,02 | 2,25 | 11,4 |
| SCANIA G440 | | 2,14 | 2,30 | 7,5 |
| VOLVO FH 520 | | 1,64 | 1,85 | 11,4 |
| SCANIA R440 | 3 | 1,75 | 1,85 | 5,4 |
| SCANIA G420 | | 2,04 | 2,25 | 10,3 |

Fonte: EGD Transportes de Combustíveis Líquidos

O primeiro passo foi consultar os especialistas das montadoras (Mercedes, Scania e Volvo) com o intuito de colher informações de como melhorar o rendimento do equipamento. Uma questão era unânime entre os especialistas: os equipamentos poderiam render mais, fazer uma média de km/l maior.

Visando a aumentar o rendimento, a empresa contratou um motorista instrutor para avaliar a condução de cada motorista da empresa. Após a avaliação de todos os motoristas, de posse dos resultados das análises e com o auxílio da telemetria foi possível montar o plano de ação para atacar as causas do alto consumo de combustível.

No primeiro momento, o conjunto motorista/veículo que registrava o menor rendimento, ou seja, apresentavam consumos elevados, passou a ser avaliado com mais frequência, duas vezes por semana, enquanto os demais veículos eram avaliados a cada quinze dias.

A partir de então, as médias alcançadas ou ficaram mais próximas do alvo base especificado na Tabela 10, ou até o ultrapassaram. Na medida em que os alvos eram ultrapassados, eram definidos novos alvos para o consumo de combustível, e assim sucedeu até atingir os valores considerados ideais, que foram utilizados até o momento da coleta de dados.

Em virtude da introdução da telemetria, a empresa transportadora buscou melhorias em outras áreas focando o desenvolvimento sustentável,

investiu-se em programas ambientais para reduzir a quantidade de emissões de gases poluentes provenientes da queima de combustível nos veículos transportadores.

Notou-se engajamento em todos os níveis da empresa, estratégico, tático e operacional, o que contribuiu para que a empresa fosse auditada e certificada no Sistema de Avaliação de Segurança, Saúde, Meio Ambiente e Qualidade – SASSMAQ no ano de 2017, ou seja, três anos após a implementação da telemetria.

Com esse resultado, a transportadora conseguiu formalizar contratos de maior duração com a distribuidora, que, a partir de abril de 2018, passaram de um para três anos, dando início a novas operações, como a coleta de combustível importado e coleta de biodiesel em unidades produtoras, além de aumentar o nível de atividade das operações já realizadas.

Isso resultou ainda em abril de 2018, na expansão da frota, que passou de 63 para 102 equipamentos no respectivo ano, impactando na expansão do quadro de colaboradores, em que o número de motoristas passou de 112 para 150 no período, número que permaneceu estável até meados do segundo semestre de 2019.

4.3 Indicadores de eficiência e produtividade por equipamento/família

Comparando os cenários anterior e posterior à telemetria, verificou-se que, antes da implantação da telemetria, os veículos retornavam à empresa e aguardavam parados no pátio a emissão de nova ordem de coleta e entrega, perdendo assim vários pedidos por falta de comunicação.

No período posterior à implantação da telemetria, o acompanhamento “*on-line*” dos equipamentos permitiu melhor controle sobre a gestão da frota, oferecendo ao Centro de Operações Logísticas (COL), rapidez nas tomadas de decisões, proporcionando maior taxa de utilização do equipamento, aumentando o número de pedidos atendidos e, conseqüentemente, o volume de viagens.

Assim, a telemetria proporcionou redução de ociosidade nos veículos transportadores, uma vez que, havendo programação o gestor de frotas passou a informar ao motorista, via mensagem direcionada ao computador de bordo do

veículo, que havia novo pedido e, assim, direcionava o equipamento para a refinaria/usina para realizar a atividade. Entre os indicadores de desempenho elaborados com a introdução da telemetria na empresa, destacam-se: (a) produtividade (medida em km rodado); (b) eficiência (medida em consumo de óleo diesel pela distância percorrida em km/l). A Tabela 11 mostra os resultados dos indicadores avaliados, com relação operação de entrega a postos de abastecimento (Família 1), em que se observa o aumento da produtividade em todos os equipamentos, bem como aumento da eficiência energética dos veículos, resultando em menor consumo de combustível. Houve um incremento de 9,53% na produtividade e 19,41% na eficiência.

Tabela 11: Detalhamento Família 1: operação de entregas – postos

| FAMÍLIA 1: OPERAÇÃO DE ENTREGAS - POSTOS | | | | | | | | | | |
|---|-------------|-----|------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|---------------|--------------|
| CARACTERÍSTICAS VEÍCULARES | | | | ANTERIOR | | POSTERIOR | | TELEMETRIA | | |
| | | | | 2011-2013 | | 2015-2017 | | VARIAÇÃO (%) | | |
| VEÍCULO | EQUIPAMENTO | QTD | ANO | MODELO | PRODUTIVIDADE | EFICIÊNCIA | PRODUTIVIDADE | EFICIÊNCIA | PRODUTIVIDADE | EFICIÊNCIA |
| MB 2425 | TK 15 | 1 | 2010 | 2010 | 113.612 | 3,35 | 130.085 | 3,83 | 14,50 | 14,31 |
| MB 2425 | TK 20 | 3 | 2010 | 2010 | 446.504 | 3,46 | 490.793 | 3,91 | 9,92 | 13,21 |
| MB 1933 | CTA 30 | 2 | 2010 | 2010 | 260.478 | 1,43 | 282.783 | 1,73 | 8,56 | 20,68 |
| Scania G380 | CTA 35 | 2 | 2010 | 2010 | 334.663 | 2,39 | 373.286 | 2,87 | 11,54 | 19,82 |
| Scania G420 | BT 45 | 7 | 2010 | 2011 | 1.402.809 | 2,06 | 1.529.705 | 2,48 | 9,05 | 20,61 |
| | | | | | 2.558.066 | 2,38 | 2.806.652 | 2,84 | 9,72 | 19,53 |

Fonte: EGD Transportes de Combustíveis Líquidos

A Tabela 12 mostra os resultados dos indicadores avaliados, com relação à operação de coleta de etanol (Família 2), em que se observa o aumento da produtividade em todos os equipamentos, bem como aumento da eficiência energética dos veículos, resultando em menor consumo de combustível. Houve um incremento de 10,24% na produtividade e 22,39% na eficiência.

Tabela 12: Detalhamento família 2: operação de usinas – coleta de etanol

| FAMÍLIA 2: OPERAÇÃO DE USINAS - COLETA DE ETANOL | | | | | | | | | | |
|---|-------------|-----|------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|---------------|--------------|
| CARACTERÍSTICAS VEÍCULARES | | | | ANTERIOR | | POSTERIOR | | TELEMETRIA | | |
| | | | | 2011-2013 | | 2015-2017 | | VARIAÇÃO (%) | | |
| VEÍCULO | EQUIPAMENTO | QTD | ANO | MODELO | PRODUTIVIDADE | EFICIÊNCIA | PRODUTIVIDADE | EFICIÊNCIA | PRODUTIVIDADE | EFICIÊNCIA |
| Scania G420 | BT 45 | 4 | 2010 | 2011 | 2.286.129 | 2,02 | 2.514.691 | 2,46 | 10,00 | 18,07 |
| Scania G440 | BT 45 | 4 | 2010 | 2011 | 2.274.949 | 2,13 | 2.513.233 | 2,63 | 10,47 | 23,04 |
| ETANOL TOTAL | | | | | 4.561.078 | 2,07 | 5.027.924 | 2,54 | 10,24 | 22,39 |

Fonte: EGD Transportes de Combustíveis Líquidos

A tabela 13 mostra os resultados dos indicadores avaliados, com relação operação de aeroportos (Família 3), em que se observa o aumento da produtividade em todos os equipamentos, bem como aumento da eficiência energética dos veículos, resultando em menor consumo de combustível. Houve um incremento de 10,88% na produtividade e 18,59% na eficiência.

Tabela 13: Detalhamento Família 3: operação de aeroportos – JET

| FAMÍLIA 3 - OPERAÇÃO DE AEROPORTOS - JET | | | | | | | | | | |
|---|-------------|-----|------|--------|-------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------|------------------------------------|--------------|
| CARACTERÍSTICAS VEÍCULARES | | | | | ANTERIOR 2011-2013 | | POSTERIOR 2015-2017 | | TELEMETRIA VARIAÇÃO (%) | |
| VEÍCULO | EQUIPAMENTO | QTD | ANO | MODELO | PRODUTIVIDADE | EFICIÊNCIA | PRODUTIVIDADE | EFICIÊNCIA | PRODUTIVIDADE | EFICIÊNCIA |
| VOLVO 520 | SBT 62 | 14 | 2010 | 2010 | 3.784.305 | 1,64 | 4.272.053 | 1,94 | 12,89 | 18,61 |
| Scania R440 | SBT 62 | 11 | 2010 | 2011 | 3.084.952 | 1,75 | 3.447.928 | 2,08 | 11,77 | 18,97 |
| Scania G420 | BT 45 | 15 | 2010 | 2011 | 4.381.481 | 2,02 | 4.754.501 | 2,40 | 8,51 | 18,78 |
| JET TOTAL | | | | | 11.250.738 | 1,80 | 12.474.482 | 2,13 | 10,88 | 18,59 |

Fonte: EGD Transportes de Combustíveis Líquidos

De um modo geral, a Tabela 14 mostra o indicador de produtividade e eficiência da operação. Notou-se evolução na distância percorrida pela frota da empresa, sendo observado que a distância percorrida no período de três anos anteriores à telemetria (2011-2013) era de 18.597.735 km, e que, no período de três anos posteriores a telemetria (2015-2017), passou a ser de 20.553.798 km, representando um acréscimo na produtividade de 10,52%.

Com relação à eficiência geral, abrangendo todos os equipamentos da empresa, a média saltou de 2,10 km/l no período de três anos anteriores à telemetria (2011-2013), atingindo 2,52 km/l no período de três anos posteriores à telemetria (2015-2017), resultando em acréscimo de 20,16%.

Tabela 14: Indicador de produtividade e eficiência na operação

| EGD TRANSPORTES DE COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS | | | | | | |
|---|-------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------|------------------------------------|--------------|
| PERÍODO OPERAÇÃO | ANTERIOR 2011-2013 | | POSTERIOR 2015-2017 | | TELEMETRIA VARIAÇÃO (%) | |
| | PRODUTIVIDADE | EFICIÊNCIA | PRODUTIVIDADE | EFICIÊNCIA | PRODUTIVIDADE | EFICIÊNCIA |
| ENTREGA POSTOS | 2.558.066 | 2,38 | 2.806.652 | 2,84 | 9,72 | 19,53 |
| USINAS ETANOL | 4.561.078 | 2,07 | 5.027.924 | 2,54 | 10,24 | 22,39 |
| AEROPORTOS JET | 11.250.738 | 1,80 | 12.474.482 | 2,13 | 10,88 | 18,59 |
| TOTAL GERAL | 18.369.882 | 2,08 | 20.309.058 | 2,50 | 10,56 | 20,21 |

Fonte: EGD Transportes de Combustíveis Líquidos

A Figura 17 mostra uma evolução constante na distância percorrida pela frota da empresa, sendo observado que a somatória da distância anual realizada por todos os equipamentos em km, no período anterior à telemetria, passou de 6.078.907 km em 2011, para 6.188.339 km em 2012 e 6.330.489 km em 2013. Já o período posterior à telemetria, a distância passou de 6.656.274 km em 2015, para 6.892.288 km em 2016, chegando a 7.005.236 km em 2017.

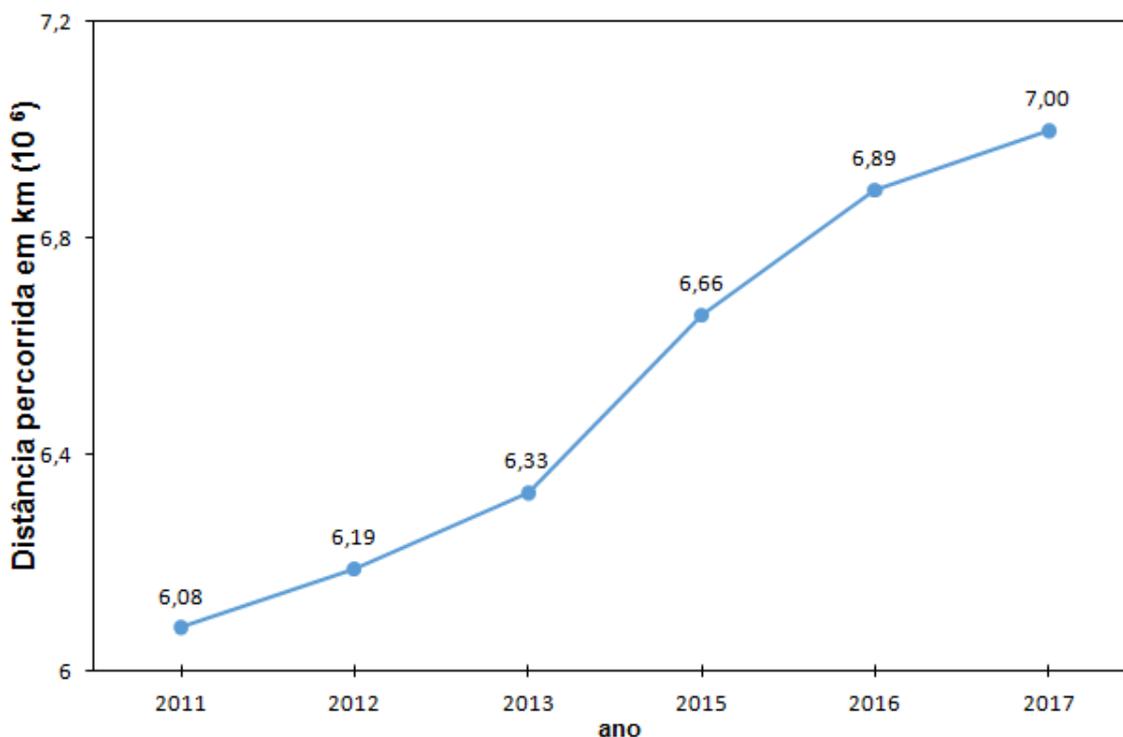


Figura 17: Produtividade: distância anual percorrida pela frota em milhões de km

Em se tratando de transporte de combustíveis líquidos, considera-se que o veículo parte da origem (refinaria/usina) carregado e retorna ao destino (empresa/distribuidora) vazio. Desta forma, adota-se como padrão de referência o consumo médio do equipamento no deslocamento total, considerando que, no início da viagem o equipamento está carregado, e no final da viagem está vazio. Dessa forma é obtido o rendimento quilométrico médio em relação à distância percorrida.

No período anterior a telemetria, a média de consumo permaneceu praticamente estável, oscilando de 2,08 km/l, em 2011, para 2,09 km/l, em 2012, e 2,11 km/l, em 2013, sendo considerado neste período o consumo médio de 2,10 km/l. Após a implantação da telemetria, houve um ganho

significativo passando para 2,46 km/l, em 2015, 2,53 km/l, em 2016 e chegando a 2,57 km/l, em 2017. Sendo considerado neste período o consumo médio de 2,52 km/l.

A Figura 18 mostra uma evolução constante na eficiência energética relacionando o consumo de litros de óleo diesel à distância percorrida, sendo observado, portanto, a média de consumo apresentada por todos os equipamentos que compõem a frota da empresa.

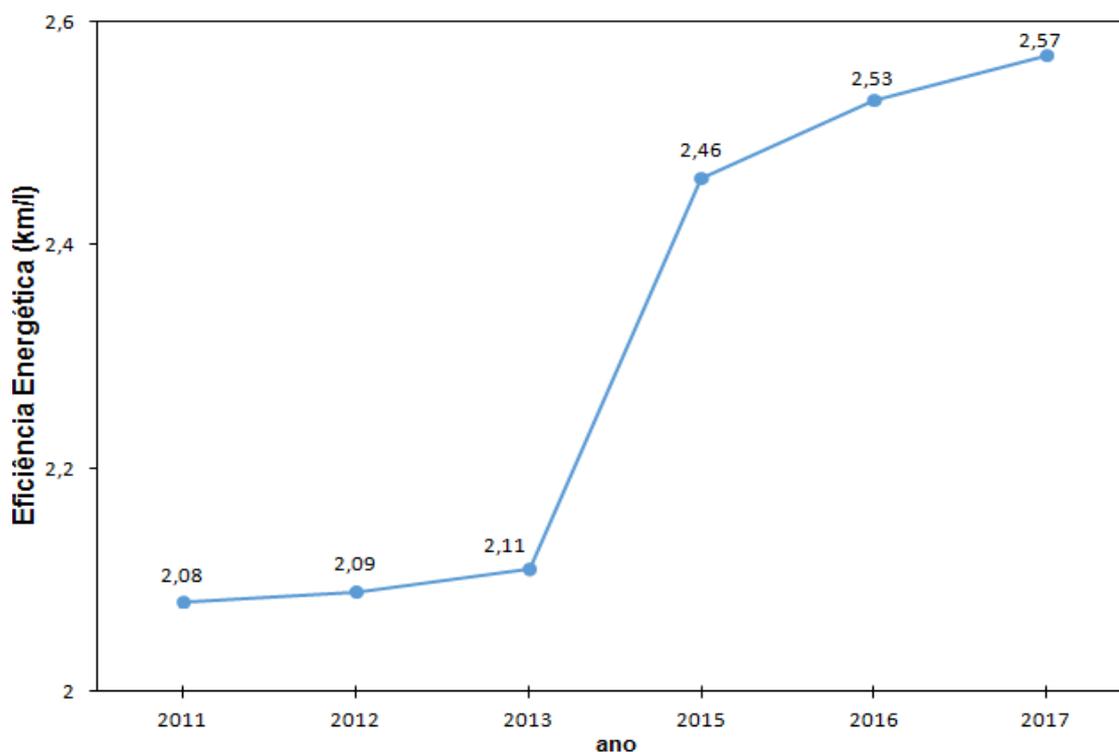


Figura 18: Eficiência: consumo geral de combustível – média anual (km/l)

A economia de combustível no período posterior a implantação da telemetria foi da ordem de 20,16%, passando de 2,10 km/l para 2,52 km/l, tendo a frota da empresa, nos anos de 2015 a 2017, percorrido um total de 20.553.798 km. Nota-se, que para essa distância percorrida se o consumo médio fosse mantido em 2,10 km/l, seria necessário um volume de 9.787.523 l de diesel, enquanto com a melhora da eficiência energética, e o consumo médio passando para 2,52 km/l, o volume de óleo diesel foi reduzido para 8.156.269 l, representando uma economia de 1.631.254 l de diesel neste período.

Sabendo que à eficiência energética está relacionada diretamente ao consumo de combustível, e que a emissão de gases poluentes é resultante da queima de combustíveis, conclui-se que a redução do consumo de combustível resulta em menor volume de emissão de gases poluentes.

Para quantificar o volume dos gases poluentes utilizou-se como referência, os dados descritos na Tabela 15, considerando o volume de g de poluente por kg de óleo diesel consumido, sendo: (CO 3,77; NMHC 0,73; NO_x 21,23; MP 0,355 e CO₂ 2.671). Foi utilizado o histórico no período de 2011 a 2013 e de 2015 a 2017 relacionado a produtividade, eficiência e consumo de óleo diesel medido em l e kg (sendo a densidade do óleo diesel 0,848 kg/l), Tabela 16.

Tabela 15: Poluentes PROCONVE P-5 (Emissões em g/kg diesel)

| CO | NMHC | NO _x | MP | CO ₂ |
|------|------|-----------------|-------|-----------------|
| 3,77 | 0,73 | 21,23 | 0,355 | 2.671 |

Tabela 16: Histórico de produtividade, eficiência e consumo anual de óleo diesel de 2011 a 2013 e de 2015 a 2017

| Produtividade, eficiência e consumo anual óleo diesel | | | | |
|--|--------------------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------|
| Ano | produtividade (Km rodado) | eficiência (km/l) | consumo (l) | diesel (kg) |
| 2011 | 6.078.907 | 2,08 | 3.167.148 | 2.685.742 |
| 2012 | 6.188.339 | 2,09 | 3.190.567 | 2.705.601 |
| 2013 | 6.330.489 | 2,11 | 3.247.662 | 2.754.017 |
| 2015 | 6.656.274 | 2,46 | 2.935.251 | 2.489.093 |
| 2016 | 6.892.288 | 2,53 | 2.967.711 | 2.516.619 |
| 2017 | 7.005.236 | 2,57 | 2.981.741 | 2.528.516 |

Os resultados obtidos indicam quedas acentuadas na emissão de gases poluentes na frota da empresa. A Figura 19 mostra a redução na emissão de CO pela frota da empresa, sendo observado que, no período anterior à telemetria passou de 10,13 t, em 2011, para 10,20 t, em 2012 e 10,38 t, em 2013. No período posterior à telemetria, a emissão de CO recuou para 9,38 t, em 2015, passando para 9,49 t, em 2016 e chegando a 9,53 t, em 2017.

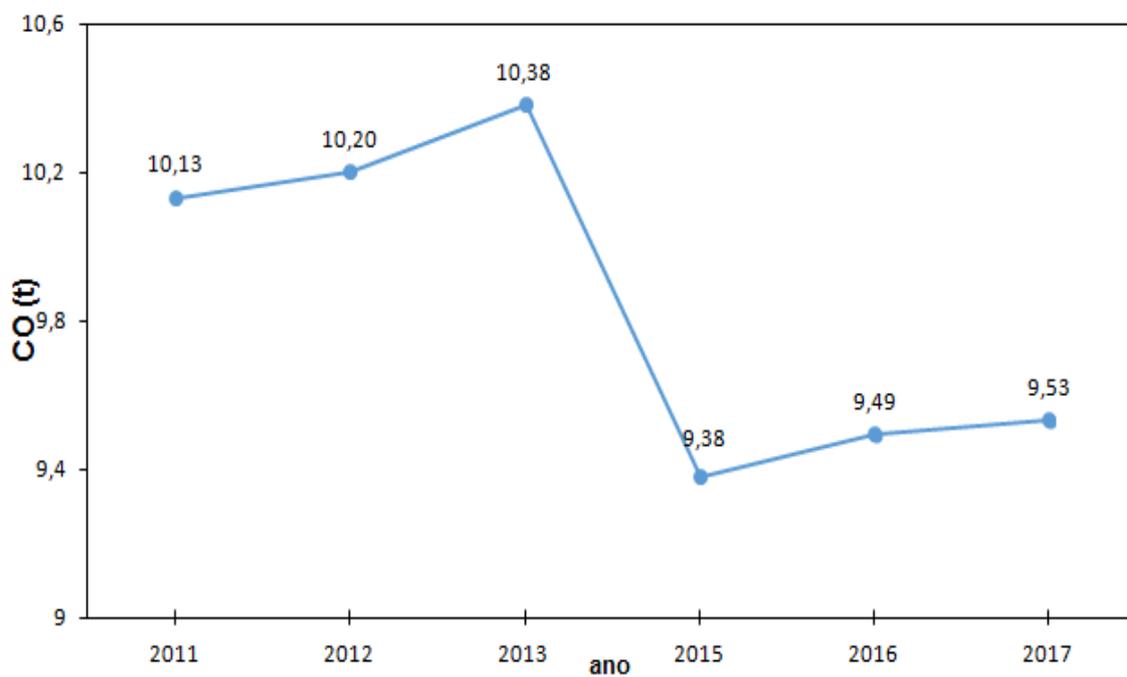


Figura 19: Emissão de monóxido de carbono (CO) frota EGD

A Figura 20 mostra a redução na emissão de NMHC pela frota da empresa, sendo observado que, no período anterior à telemetria, passou de 1,96 t, em 2011, para 1,98 t, em 2012 e 2,01 t, em 2013. No período posterior à telemetria, a emissão de NMHC recuou para 1,82 t, em 2015, passando para 1,84 t, em 2016 e chegando a 1,85 t, em 2017.

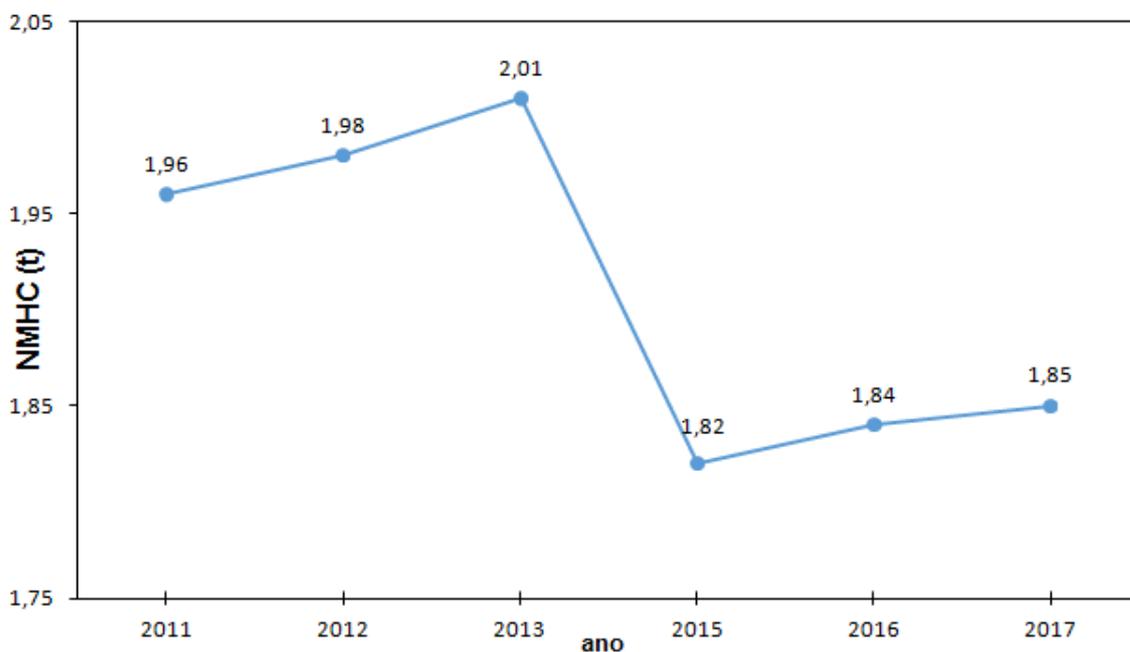


Figura 20: Emissão de hidrocarbonetos não metano (NMHC) frota EGD

A Figura 21 mostra a redução na emissão de NO_x pela frota da empresa, sendo observado que, no período anterior à telemetria passou de 57,03 t, em 2011, para 57,45 t, em 2012 e 58,48 t, em 2013. No período posterior à telemetria, a emissão de NO_x recuou para 52,85 t, em 2015, passando para 53,44 t, em 2016 e chegando a 53,69 t, em 2017.

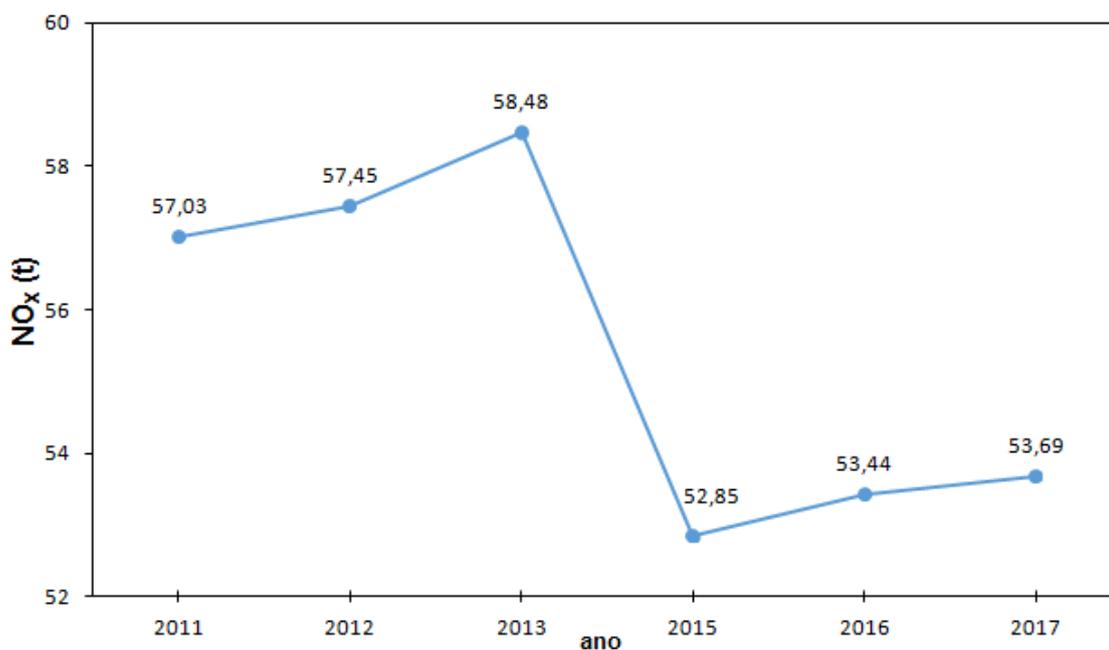


Figura 21: Emissão: Óxidos de Nitrogênio (NO_x) frota EGD

A Figura 22 mostra a redução na emissão de MP pela frota da empresa, sendo observado que, no período anterior à telemetria passou de 0,95 t, em 2011, para 0,96 t, em 2012 e 0,98 t em 2013. No período posterior à telemetria, a emissão de MP recuou para 0,88 t, em 2015, passando para 0,89 t, em 2016 e chegando a 0,90 t, em 2017.

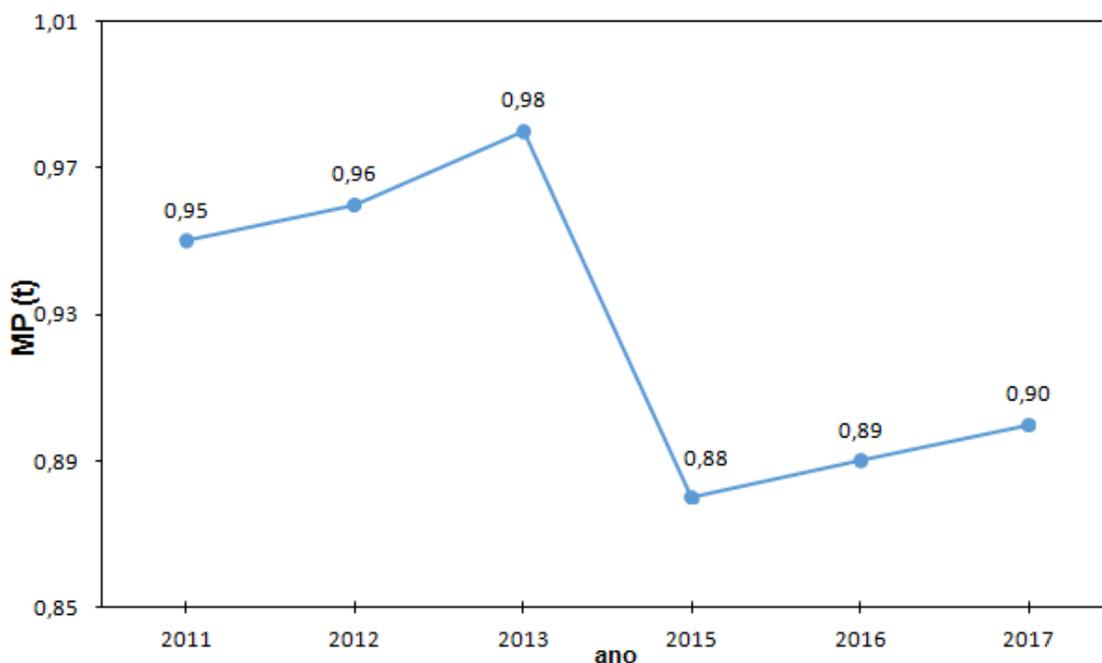


Figura 22: Emissão: Material Particulado (MP) frota EGD

A Figura 23 mostra a redução na emissão de CO₂ pela frota da empresa, sendo observado que, no período anterior à telemetria passou de 8,46 mil t, em 2011, para 8,52 mil t, em 2012 e 8,68 mil t, em 2013. No período posterior à telemetria, a emissão de CO₂ recuou para 7,84 mil t, em 2015, passando para 7,93 mil t, em 2016 e chegando a 7,96 mil t, em 2017.

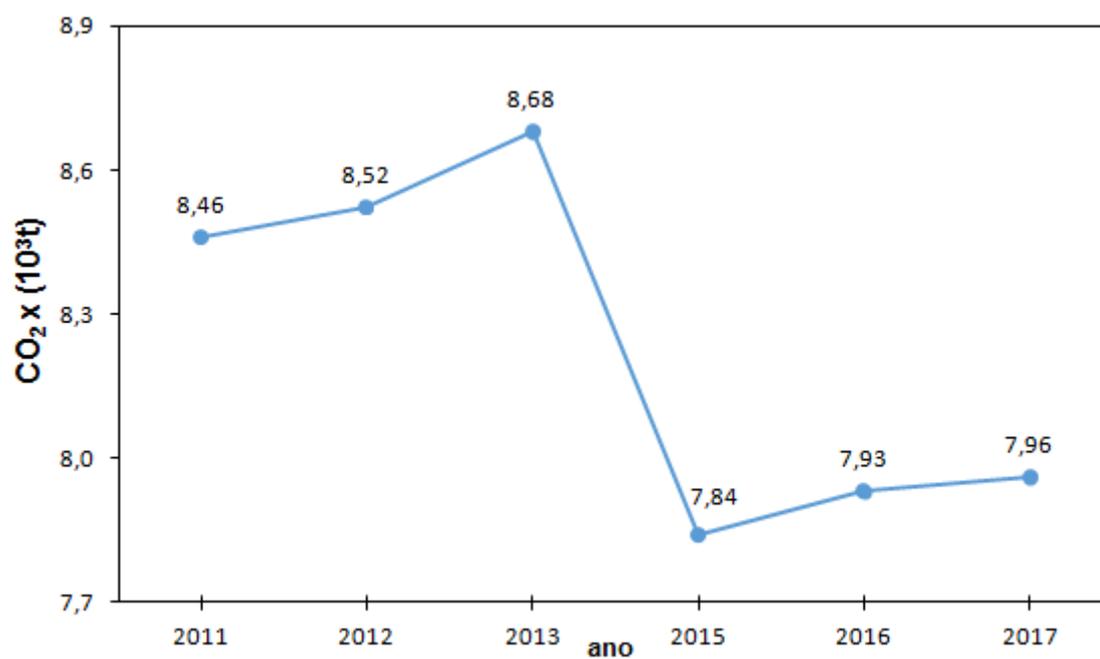


Figura 23: Emissão: Dióxido de Carbono (CO₂) frota EGD

5. CONCLUSÃO

A adoção da telemetria possibilitou à empresa EGD elevar seu índice de produtividade anual medido em km rodado pela frota, passando de 6.078.907 km, em 2011, chegando à 7.005.236 km, em 2017.

A melhora obtida na empresa com a implantação da telemetria contribuiu para a certificação do Sistema de Avaliação de Segurança, Saúde, Meio Ambiente e Qualidade – SASSMAQ no ano de 2017. Com esse resultado, a transportadora conseguiu formalizar contratos de maior duração com a distribuidora, que, a partir de abril de 2018, passaram de um para três anos, dando início a novas operações, como a coleta de combustível importado e coleta de biodiesel em unidades produtoras, além de aumentar o nível de atividade das operações já realizadas.

Isso resultou, ainda em abril de 2018, na expansão da frota, que passou de 63 para 102 equipamentos no respectivo ano, impactando na expansão do quadro de colaboradores, em que o número de motoristas passou de 112 para 150 no período, número que permaneceu estável até o segundo semestre de 2019.

A implantação da telemetria garantiu ao gestor de frotas aumento de eficiência de seus equipamentos, pois permitiu acompanhamento em tempo real do equipamento, possibilitando a execução das atividades que, anteriormente à telemetria, não seriam atendidas por falta de informação. Verificou-se, no período pós implantação da telemetria, que o rendimento quilométrico médio em relação ao consumo do óleo diesel por equipamento registrou ganho de 20,16%, passando de 2,10 km/l, no período de 2011 a 2013, para 2,52 km/l, nos anos de 2015 a 2017.

Levando em consideração a média do custo do óleo diesel adquirido pela empresa em janeiro de 2015 era de R\$ 2,64, o custo médio por km rodado (R\$ 2,64 l / 2,10 km/l) passou de R\$ 1,26 (R\$ 2,64 l / 2,52 km/l) para R\$ 1,05 representando uma economia de R\$ 0,21 por km rodado.

O custo de implantação da telemetria foi de R\$ 355.000,00 e a economia obtida por km rodado foi da ordem de R\$ 0,21. Destaca-se que, em percurso equivalente a 1.690.476 quilômetros, o valor investido foi recuperado. Ou seja,

o investimento foi pago em quatro meses de operação, uma vez que a distância média percorrida pela empresa, em 2015, foi de 554.690 km e o benefício do uso da ferramenta tornou-se contínuo.

A adoção da telemetria possibilitou ainda ao COL – Centro de Operações Logísticas da empresa o acompanhamento *on-line* dos equipamentos, contribuindo para a elevar os níveis de produtividade e eficiência da operação. Mesmo o país registrando quedas em 2015 e 2016 de respectivamente 1,9% e 4,5%, no volume de vendas de combustíveis líquidos, a empresa conseguiu elevar seu nível de atividade, obtendo aumento de 10,52% nos níveis de produtividade no período amostrado.

A melhora da eficiência energética no triênio 2015, 2016 e 2017 em relação ao triênio 2011, 2012 e 2013, resultou em economia de 1.631.254 l de óleo diesel, o que representou redução na emissões de poluentes, na seguinte proporção: (CO) 5,22 t; (NMHC) 1,01 t; (NO_x) 2,94 t; (MP) 0,49 t e (CO₂) 4,35 mil t.

A análise dos resultados observados no presente estudo de caso realizado em uma transportadora de combustíveis líquidos, permite afirmar que a telemetria, como ferramenta de gestão de frotas, proporciona melhoria operacional com a capacitação de motoristas, redução de impactos ambientais devido ao menor índice de emissão de gases poluentes, por meio de ganhos de eficiência energética, provenientes de maior autonomia, em razão da distância percorrida por litro de diesel consumido.

5.1 Trabalhos futuros

Este trabalho limita-se ao estudo de caso analisado, podendo ser replicável a outras empresas do mesmo segmento. Porém é aconselhável a análise de variáveis como volume de escoamento, número de veículos, modelos, potência, ano de fabricação e capacidade dos equipamentos, distância média percorrida por equipamento e família de equipamentos, trajetos utilizados, tipo de combustível (óleo diesel S-10 ou S-500), percentual de biodiesel na mistura com diesel mineral, entre outras variáveis.

6. REFERÊNCIAS

ANDRIA, G.; ATTIVISSIMO, F.; Di Nisio, A.; LANZOLLA, A. M.; PELLEGRINO, A. Development of an automotive data acquisition platform for analysis of driving behavior. *Internacional Measurement Confederation*, 93, 278–287, 2016.

ANFAVEA. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. Disponível em <<http://www.anfavea.com.br>>. Acesso em 16/05/2019

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em 16/05/2019

ANTT. Agência Nacional de Transportes Terrestres. Disponível em <<http://www.antt.gov.br>>. Acesso em 17/05/2019

ATABANI, A.E., BADRUDDIN, I.A.; MEKHILEF, S.; SILITONGA, A.S.; A review on global fuel economy standards, labels and technologies in the transportation sector. *International Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 4586–4610, 2011.

ATABANI, A.E.; MOFIJUR, M.; MASJUKI, H.H.; BADRUDDIN, I.A.; KALAM, M. A.; CHONG, W.T.; Effect of croton megalocarpus, calophyllum inophyllum, moringa oleifera, palm and coconut biodiesel–diesel blending on their physico-chemical properties. *International Journal of Industrial Crops and Products*, 60, 130–137, 2014.

AWUDU, I.; ZHANG. Jun. Uncertainties and sustainability concepts in biofuel supply chain management: A review. *International Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 1359–1368, 2012.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial**: 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006

BARTHOLOMEU, D. B.; CAIXETA FILHO, J. V.; Quantification of the environmental impacts of road conditions in Brazil. *International Journal of Ecological Economics*, 68 (6), 1778-1786, 2009.

BARTHOLOMEU, D. B.; PERA, T. G.; CAIXETA FILHO, J. V.; Sustainable logistics: evaluation of strategies to reduce CO2 emissions in road freight transport. *Journal of Transport Literature*, 10, 15-19, 2016.

BEN. Balanço Energético Nacional. Disponível em <<http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2018>>. Acesso em 16/08/2019

BOUCHARD, S.; LANDRY, M.; GAGNON, Y. Methodology for the large scale assessment of the technical power potential of forest biomass: Application to the province of New Brunswick. *Biomass and bioenergy*, 54, 1-17, 2013.

BOWERSOX, D.; CLOSS, D. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimentos**. São Paulo: Atlas, 2015.

BUENO, R.F. **Monitoramento por GPS, e deslocamento em estruturas com carga dinâmica**. 2007. 212 f. Tese (Doutorado em Engenharia) Faculdade de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

CINTAS, O., BERNDES, G., COWIE, A. L., EGNELL, G., HOLMSTRÖM, H., ÅNGREN, G. I. The Climate Effect of Increased Forest Bioenergy use in Sweden: evaluation at different spatial and temporal scales. *WIREs Energy Environ*, 5, 351–369, 2016.

CGEE. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Disponível em <<https://www.cgее.org.br>>. Acesso em 27/08/2019

CHRISTOPHER, M. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**. São Paulo: Pioneira-Thomson Learning, 2001.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos, estratégia, planejamento e operação**. São Paulo: Pearson, 2008.

CNPE. Conselho Nacional de Política Energética. Disponível em <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em 28/08/2019

CNT. Confederação Nacional do Transporte. Disponível em <<http://www.cnt.org.br/Paginas/plano-cnt-transporte-logistica>>. Acesso em 11/05/2019

CONPET. Programa Nacional da Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo e do Gás Natural. Disponível em <<http://www.conpet.gov.br>>. Acesso em 11/05/2019

COSTA, V.C.S.P.A.; ALVES, J.E.D. A Regulação das Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil no Contexto da Governança Global do Clima. *XIX Encontro Nacional de Estudos Populacionais*, ABEP, 2014.

D'AGOSTO, M. A.; LEAL JÚNIOR, I. C. Ações de ecoeficiência para a melhoria do desempenho no transporte rodoviário de produtos perigosos. *Revista Transportes*, 20, (3), 5–17, 2012.

D'AGOSTO, M.A.; SILVA, M. A. V.; OLIVEIRA, C. M.; FRANÇA, L. S.; MARQUES, L. G. C.; SOARES, A. L.; MURTA, M. A. V. F.; Evaluating the potential of the use of biodiesel for power generation in Brazil. *International Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 43, 807–817, 2015.

DESPOLUIR. Programa Ambiental do Transporte. Disponível em: <<http://www.despoluir.org.br>>. Acesso em: 31/07/2019

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br>>. Acesso em 21/07/2019.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética – Balanço Energético Nacional 2019: Ano base 2018. Disponível em <<https://ben.epe.gov.br/BENSeriesCompleatas.aspx>>. Acesso em 02/07/2019

FECOMBUSTÍVEIS. Federação Nacional do Comércio de Combustíveis e de Lubrificantes. Disponível em <<http://www.fecombustiveis.org.br>>. Acesso em 15/08/2019

FATTAH, I. M. R.; HASSAN, M. H.; KALAM, M. A.; ATABANI, A. E.; ABEDIN, M. J.; Synthetic phenolic antioxidants to biodiesel: path toward NO_x reduction of an unmodified indirect injection diesel engine. *Journal of Cleaner Production*, 79, 82–96, 2014.

FIGUEIREDO, R. Gargalos logísticos na distribuição de combustíveis brasileira. *CEL/Coppe: Planejamento Integrado do Sistema Logístico de Distribuição de Combustíveis*, 2006

FONTANELLA, A.; DEFILIPPI, R.; TORTI, E.; DANESE, G.; LEPORATI, F.; High speed wireless optical system for motorsport data loggers. *Electronics (Switzerland)*, 8 (8), 2013.

GARCIA, S, VICENS-SALORT, E, NÄÄS, I. A. Investimentos em transporte intermodal no brasil poderia beneficiar o crescimento do PIB. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, 9, 90–98, 2015.

GRAHAM, R. L.; TURNER, M. G.; DALE, V. H. How increasing CO₂ and climate change affect forests. *BioScience*, 40, (8), 575–587, 1990.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOMES, R. R. M. **Uso de dinâmica de sistemas para simulação de remoções de gases do efeito estufa em floresta de eucalipto**. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) – UFMG, Belo Horizonte, 2014.

HEUNGJO AN.; WILHELM. WILBERT, SEARCY. S. W. Biofuel and petroleum-based fuel supply chain research: A literature review. *International Journal of Biomass and Bioenergy*, 35, 3763–3774, 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home>>. Acesso em 09/08/2019

IBP. Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis. Disponível em <<http://www.ibp.org.br>>. Acesso em 11/08/2019

IEA. Agência Internacional de Energia. Disponível em <<https://www.iea.org>>. Acesso em 11/08/2019

ILOS. Instituto de Logística e Supply Chain. Disponível em <<http://www.ilos.com.br>>. Acesso em 21/09/2019

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br>>. Acesso em 04/09/2019

IPPC. Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas. Disponível em <<https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2017-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories>>. Acesso em 11/08/2019

JALBA, L.; CHICIUDEAN, A.; DRUMEA, A.; VUICI, M. Trackview – fleet tracking solution using global positioning system. *IFAC Proceedings Volumes*, 43 (8) 238–243, 2010.

JUNIOR, DANIEL SILVA. Impacts of biodiesel on the Brazilian fuel market. *International Journal of Energy Economics*, 36, 666–675, 2013.

KING, D.; ROTSOS, C.; AGUADO, A.; VELASCO, L.; GEORGALAS, N. Network-based Telemetry to Facilitate the Programmable Management Plane for Optical Transport Infrastructure. *18 Th. International Conference on Transparent Optical Networks*. Trento, Italy, 2016.

KUO, C.; DUNN, K. D. & RANDHAWA, S. U. A case study assessment of performance measurement in distribution centers. *International Journal of Industrial management & Data Systems*, 99 (2), 54–63, 1999.

LAFEVERS, S. Small data, big impact: extract actionable insights from lift truck telemetry to improve efficiency for material handling applications. *International Journal of Plant Engineering*, 70, 50–56, 2016.

LAMBERT, D. M.; COOPER, M. C. Issues in Supply Chain Management. *Industrial Marketing Management*, 29, 65–83, 2000.

LAU, L. C.; LEE, K. T.; MOHAMED, A. R. Global warming mitigation and renewable energy policy development from the Kyoto Protocol to the Copenhagen Accord – A comment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, 5280–5284, 2012.

LIEGGIO, Junior M; *et al.*, Transportation of dangerous goods by road: the Brazilian case for selection of carriers based on a risk management methodology. *International Journal of Transportation Planning And Technology*, 35, 677–696, 2012.

LIU, J. C.; TEMME, A. A.; CORNWELL, W. K.; VAN LOGTESTIJN, R. S. P.; AERTS, R. Does plant size affect growth responses to water availability at

glacial, modern and future CO₂ concentrations? *Ecological Research*, 31, 213–227, 2016.

MAGNETI MARELLI. Disponível em <[http:// www.magnetimarelli.com](http://www.magnetimarelli.com)>. Acesso em 19/08/2019

MALIGO, C. Modelo para Simulação da Operação de Carregamento de Caminhões Tanque em uma Base de Distribuição de Combustíveis Automotivos. Rio de Janeiro, Dissertação de mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUCRJ, 2005.

MANRIQUE, S.; FRANCO, J.; NÚÑEZ, V.; SEGHEZZO, L. Potential of native forests for the mitigation of greenhouse gases in Salta, Argentina. *Biomass and Bioenergy*, 35, 2184–2193, 2011.

MCT. Ministério da Ciência e Tecnologia. Protocolo de Quioto. Disponível em <<https://www.mct.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/protocolo-de-quioto.html>>. Acesso em 29/12/2018

MCTIC. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Disponível em <<http://www.mctic.gov.br>>. Acesso em 22/08/2019

MDIC. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. Disponível em <<http://www.mdic.gov.br>>. Acesso em 22/08/2019

MT. Ministério dos Transportes. Disponível em <<https://www.transportes.gov.br>>. Acesso em 15/09/2019

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em <<https://www.mma.gov.br>>. Acesso em 22/08/2019

MIGUEL, P. A. C.; Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. *Produção*, 17, (1), 216–229, 2007.

MIGUEL, P. A. C.; FLEURY, A. C. C.; MELLO, C. H. P.; NAKANO, D. N.; TURRIONI, J. B.; HO, L. L.; MARTINS, R. A.; PUREZA, V. M. M.; MORABITO, R. N.; LIMA, E. P. DE; TURRIONI, J. B.; HO, L. L.; MORABITO, R. N.; MARTINS, R. A.; SOUSA, R.; COSTA, S. E. G. DA; PUREZA, V. M. M. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações.** Rio de Janeiro: Elsevier (ABEPRO), 2012.

MONNERAT, F.; DIAS, J.; ALVES, J.M.. Fleet management: A vehicle and driver assignment model. *European Journal of Operational Research*, 278, 64–75, 2019.

MOREIRA, J. M. M. A. P; SIMIONI, F. J; OLIVEIRA, E. B. Importância e desempenho das florestas plantadas no contexto do agronegócio brasileiro. *Floresta*, 47, 85–94, 2017.

NAKATA, C., VISWANATHN, M. From impactul research to sustainable innovations for subsistence marketplaces. *Journal of Business Research*, 65 (12), 1655-1657, 2012.

NORONHA, D. P.; FERREIRA, S. M. S. P. Revisões da Literatura. In: CAMPELLO, B.S., CENDÓN, B. V. e KREMER, J. M. **Fontes de Informação para Pesquisadores e Profissionais**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000.

NOVAES, A. G. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

OECD. Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico. Disponível em <<https://www.oecd.org/dac/44449684.pdf>>. Acesso em 11/12/2018

ONU. Organização das Nações Unidas. Disponível em <<https://www.un.org>>. Acesso em 19/08/2019

PALIWAL, U.; SHARMA, M.; BURKHART, J. F. Monthly and spatially resolved black carbon emission inventory of India: uncertainty analysis. *Atmospheric, Chemistry and Physics*, 16, 12457-12476, 2016.

PESSOA, J. P.; REZENDE, L.; ASSUNÇÃO, J. Flex cars and competition in fuel retrieval markets. *Industrial Organization*, 63, 145–184, 2019.

PETROBRAS. Petróleo Brasileiro S/A. Disponível em <<http://www.petrobras.gov.br>>. Acesso em 02/01/2019

PINHEIRO, L.R.D. A ecoinovação em empresas de transporte rodoviário de cargas: um estudo sobre sua medição. Tese de Doutorado, Universidade Municipal de São Caetano do Sul, 2018.

PINHEIRO, M. C. Assimetrias na transmissão dos preços dos combustíveis: o caso do óleo diesel no Brasil, *Revista Brasileira de Economia*, 66 (4), 2012.

PNLT. Plano Nacional de Logística e Transporte. Disponível em <<https://www.transportes.gov.br>>. Acesso em 02/01/2019

PROCONVE. Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/proconve>>. Acesso em 11/07/2019

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. DE. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: FEEVALE, 2013.

RAFAA, M.; KHALED, B. A.; MEHDI, A. Road transport-related energy consumption: Analysis of driving factors in Tunisia. *International Journal of Energy Police*, 62, 247–253, 2013.

RODRIGUES, N.; LOSEKANN, L.; FILHO, G. S. Demand of automotive fuels in Brazil: Underlying energy demand trend and asymmetric price response. *International Journal of Energy Economics*, 74, 644–655, 2018.

ROYNE, F.; PEÑALOZA, D.; SANDIN, G.; BERLIN, J.; SVANSTRÖM, M. climate impact assessment in life cycle assessments of forest products: implications of method choice for results and decision-making. *Journal of Cleaner Production*, 116, 90-99, 2016.

ROTA 2030. Disponível em <<http://www.mdic.gov.br/index.php/ultimas-noticias/3726-governo-sanciona-lei-que-institui-o-programa-rota-2030>>. Acesso em 22/08/2019

SALIBA, S. E. Estimativa da emissão de gases de efeito estufa e sequestro de carbono em um sistema de produção agrícola. Dissertação (Mestrado Profissional em Sustentabilidade na Gestão Ambiental) – UFSCar, São Carlos, 2015.

SANTOS, G. F. Fuel demand in Brazil in a dynamic panel data approach. *International Journal of Energy Economics*, 36, 229–240, 2013.

SASEENDRAN, S. A.; SINGH, K. K.; RATHORE, L. S.; SINGH, S. V.; SINHA, S. K. Effects of climate change on rice production in the tropical humid climate of Kerala, India. *Climatic Change*, 44, (4), 495–514, 2000.

SEEG. Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Disponível em <<http://seeg.eco.br>>. Acesso em 14/08/2019

SHANMUGAM, K. Securing Inter-Processor Communication in Automotive ECUs, *16 th Symposium on Internacional Automotive Technology*, 2019.

SHARMA, N.; NAIRWAL, S.; JAIN, S.; JAIN, S. Emerging Biorefinery Technologies for Indian Forest Industry to Reduce GHG Emissions. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 121, 105–109, 2015.

SINDICOM. Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Combustíveis e de Lubrificantes. Disponível em <<http://www.sindicom.com.br>>. Acesso em 11/08/2019

SILVEIRA, A. D.; CARVALHO, A.; KUNZLER, M. T.; CAVALCANTE, M. B.; CUNHA, S. K. Análise do Sistema Nacional de Inovação no setor de energia na perspectiva das políticas públicas brasileiras, *EBAPE-FGV*, 14, 506–526, 2016.

SOARES, R.; ZERBINI, J.E. SAD na Logística de Distribuição de Derivados. *Rio oil & gas expo and conference*, Rio de Janeiro, 2000.

STEINFELD, H.; GERBER, P.; CASTEL, V.; ROSALES, M.; HAAN, C DE. Livestock's long shadow: The Livestock, *Environment and Development Initiative*, (LEAD). Rome: FAO, 2006. <http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.HTM>.

TEDESCO, G. M. I. Transporte rodoviário de cargas: Contribuição conceitual e metodológica à análise e classificação de mercados. Tese (doutorado em transportes) – Departamento de engenharia civil e ambiental, faculdade de tecnologia, Universidade de Brasília, 2012.

TEIXEIRA, F.; OLIVEIRA, M. C.; HELLENO. A. L. Telemetria Automotiva via Internet Móvel. *Revista Unisal*, 16 (28-29) 1–10, 2014.

TIGRE, P. B. **Oportunidades, Impactos Econômicos e Organizacionais das Tecnologias da Informação**. 2.edição. *Gestão Da Inovação: Uma Abordagem Estratégica, Organizacional e de Gestão de Conhecimento*, 2014.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção**. Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, 2012.

VALENTE, A. M.; NOVAES, A. G.; PASSAGLIA, E.; VIEIRA, H. **Gerenciamento de Transportes e Frotas**. 3.Edição. Cengage Learning. 2016

VANALLE, R. M; GANGA, G. M. D.; FILHO, M. G., LUCATO, W. C.; Green Supply Chain Management: An Investigation Of Pressures, Practices, And Performance Within The Brazilian Automotive Supply Chain. *Journal of Cleaner Production*, 151, 250–259, 2017.

VENTURA, M. M. O estudo de caso como modalidade de pesquisa. *Revista SOCERJ*, 20, 383–386, 2007.

VUJANOVIC, D. B.; MIJAILOVIC, R.M.; MOMCILOVIC, V.M.; PAPIC, V.D. Energy efficiency as a criterion in the vehicle fleet management process. *International Journal of Thermal Science*, 14, (4) 865–878, 2010.

WANKE, P. F. Determinants of scale efficiency in the Brazilian third-party logistics industry from 2001 to 2009. *Brazilian Administration Review*. 9, (1) 66–87, 2012.

WOLFF, M.; ABREU, C.; CALDAS, M. A. Evaluation of road transport: a literature review. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 16, 96–103, 2019.

WORLD BANK. Connecting to complete – Trade Logistics in the global economy. Washigton, 2019

WONG, WAI PENG.; et al., Logistics firms performance: efficiency and effectiveness perspectives. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 64, 686–701, 2015.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZERBINI, J. E. Benefícios para o gerenciamento integrado da cadeia de suprimentos na distribuição de combustível. Florianópolis, Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

ZHOU, H.; BENTON JR. W.C., Supply chain practice and information sharing. *International Journal of Operations Management*, 25, 1348–1365, 2007.