



**Lívia Goulart Tovar**

**O VEÍCULO CONECTADO:**

**perspectivas sobre a aplicação da internet das coisas no  
transporte de carga rodoviária**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial para  
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da PUC-  
Rio.

Orientador: Prof. Nelio Domingues Pizzolato

Rio de Janeiro  
Fevereiro de 2019



**Lívia Goulart Tovar**

**O Veículo Conectado: perspectivas  
sobre a aplicação da internet das  
coisas no transporte de carga  
rodoviária**

Dissertação apresentada como requisito parcial  
para obtenção do grau de Mestre pelo Programa  
de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e  
Ambiental da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão  
Examinadora abaixo.

**Prof. Nelio Domingues Pizzolato**

Orientador

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

**Prof. Celso Romanel**

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – PUC-Rio

**Prof. Jean Marcel de Faria Novo**

Coorientador

Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro - TCE/RJ

**Annibal Parracho Sant'Anna**

Universidade Federal Fluminense - UFF

Rio de Janeiro, 25 de fevereiro de 2019.

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

### **Lívia Goulart Tovar**

Graduou-se em Engenharia Mecânica na Universidade Federal do Rio de Janeiro em 2013. Trabalha na área de pesquisa e desenvolvimento da Sociedade Michelin América do Sul como analista de dados de uso e desempenho de produto. Dedicou a maior parte de seu percurso profissional ao desenvolvimento de metodologias, ferramentas e estudos sobre pneus e veículos e ao suporte à equipe de testes. Participou de projetos dedicados ao desenvolvimento e à compreensão do desempenho do produto a partir do processamento de dados veiculares.

### Ficha Catalográfica

Tovar, Lívia Goulart

O veículo conectado: perspectivas sobre a aplicação da internet das coisas no transporte de carga rodoviária / Lívia Goulart Tovar ; orientador: Nelio Domingues Pizzolato. – 2019.

143 f. ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, 2019.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Civil e Ambiental - Teses. 2. Engenharia Urbana e Ambiental - Teses. 3. Logística sustentável. 4. Transporte de cargas rodoviário. 5. Internet das coisas. 6. Indicadores de frota. I. Pizzolato, Nelio Domingues. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental. III. Título.

CDD: 624

## Agradecimentos

Ao professor Nelio Pizzolato, por ter aceitado orientar um trabalho iniciado, pela prontidão e parceria, pela liberdade concedida no desenvolvimento deste trabalho.

À Michelin e ao meu gestor, Celso Oliveira, por autorizar o uso dos dados necessários para o estudo de caso.

Aos meus colegas de equipe e amigos da Michelin, pelas discussões a respeito do tema, pelos momentos de descontração em especial Gabriel, Julia, Daniel e Claudia, pela ajuda na obtenção das informações adequadas para o estudo e por criarem um ambiente tão propício ao desenvolvimento de projetos.

Em especial ao Rodrigo, meu namorado, pelo amor, paciência e motivação durante o desenvolvimento da dissertação.

Aos meus pais, pelo encorajamento em todos os momentos, por sempre acreditarem em mim.

Aos amigos, pelo apoio e compreensão nos tempos que não estive presente devido à dissertação.

A todas as instituições e profissionais que colaboraram com dados e informações utilizados neste trabalho.

## Resumo

Tovar, Livia Goulart; Pizzolato, Nelio Domingues (Orientador). **O veículo conectado: perspectivas sobre a aplicação da internet das coisas no transporte de carga rodoviária.** Rio de Janeiro, 2019. 143p. Dissertação de Mestrado - Departamento Engenharia Civil e Ambiental, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Os desafios acerca do desenvolvimento sustentável impulsionam medidas governamentais e incentivos a empresas que investem em soluções nessa direção. Alinhado a isso, no que se refere ao setor do transporte rodoviário de cargas, os avanços em tecnologia permitem a gestão de frotas eficiente e a maximização dos lucros de empreendedores do setor. A Internet das Coisas é um meio pelo qual é possível se definir indicadores que auxiliam a operação eficiente das empresas e que possibilitam a análise mais precisa de pegada ambiental em diferentes níveis: desde a escala micro, que compreende o veículo e a empresa, até a escala macro, que compreende o setor de transporte de cargas do país. Esse estudo busca levantar indicadores operacionais e ambientais possíveis de serem desenvolvidos a partir de um estudo de caso em que são fornecidos dados enviados de um veículo e seus componentes conectados à internet.

## Palavras-chaves

Logística sustentável; transporte de cargas rodoviário; Internet das Coisas; indicadores de frota.

## Extended abstract

Tovar, Livia Goulart; Pizzolato, Nelio Domingues (Advisor). **The connected vehicle: perspectives about the application of the internet of things to road freight transport**. Rio de Janeiro, 2019. 143p. Dissertação de Mestrado - Departamento Engenharia Civil e Ambiental, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

## Introduction

The challenges upon sustainable development drive government actions and incentives to companies that invest in solutions in this direction. In line with this, with regard to the road freight transport sector, advances in technology allow the efficient fleet management and the maximization of entrepreneurs' profit. The Internet of Things is a modern mean by which it is possible to define indicators that help the efficient operation of companies and that allow the more accurate analysis of the environmental footprint at different levels: from the micro scale, which comprises the vehicle and the company, to the macro scale, which comprises the country's freight sector.

The environment conservation is one of the pillars of sustainability's concept. A development is considered sustainable when it takes into account social, ecological and economic factors (IUCN, 1980). The warranty of economic interest and reduction of environmental impacts caused by the freight transport sector is relevant to the evolution of the logistics in this direction. The concept of logistics is the activity that manages materials and products evolving, beyond other activities, purchasing, transport, distribution, movement, storage and packing. The part of logistics that consider the aspects and impacts caused by its activities is called *Green Logistics* or *Ecologistics* (Donato, 2008).

The freight transport is one of the most fast-growing sectors in terms of energy consumption and emissions in Brazil (World Bank, 2011a). According to estimations this sector can be emitting 60% more CO<sub>2</sub> in 2020 than it had in 2009, of which 36% from trucking, 13% from buses, 40% from passenger cars and 3% from motorcycles (MMA, 2011). There's an interest towards the carbon emission's growing rates from freight transport. Reducing unnecessary travels without impacting the economic growth is one of the fundamental ways to reduce the intensity of emissions (World Bank, 2011b).

In order to promote an efficient transport, the vehicle plays an important role among aspects that influence this sector's impact. In the vehicle it is possible to find the responsible mechanisms to a considerable part of the emissions. The conventional diesel engines, typical in USA trucks, have an average thermic efficiency of 33%. The other 67% of the fuel energy that is not converted to useful energy correspond to losses due to engine's friction or dissipated heat (Curry et al., 2012). The tires can also influence engine losses through rolling resistance performance (Barrand e Bokar, 2008). Studies about tire's Life Cycle Assessment show that more than 92% of the environmental impact caused by tires happens during its period of use. In normal conditions, the fuel consumption related to tires are 20% for passenger cars and 30% for trucks (Michelin, 2013).

Also, vehicle's tracking technologies and telemetry contribute to an efficient transport. A track system is applied to control the movement of vehicles to increase safety and fleet use efficiency. Vehicle's data collection as speed, accelerations, engines status through telemetry is being valorized in freight market (Bordin, 2009).

Fleet performance indicators contribute to fleet management and cost reductions. They have been developed within organizations aiming the main aspects that impacts its operations (Santos et al., 2010). The adoption of new technologies to optimize fleet operations and cost reduction converges to the sustainable development paradigm with regards to economic and environmental aspects.

The Internet of Things is defined as a connection network between physical objects and represents a new wave of gains for efficiency of traffic control and fleet management (Macaulay et al., 2015). This study aims to understand how the Internet of Things applied to fleet management can contribute to a sustainable development by revealing possible operational and environmental indicators to be developed from a case study in which data is sent from a vehicle and its components connected to the internet.

This is an exploratory research that aims to reveal possible operational and environmental indicators to be developed from a case study in which data is sent from a vehicle and its connected components via internet, rising perspectives of the Internet of Things (IoT) to the sustainable logistics regarding the road freight transportation.

## Related work

### *Internet of Things*

Internet is the infrastructure of connection between a huge number of computers, while the World Wide Web, or Web, is the inventory of human's knowledge. Although they have different concepts, they've been becoming synonyms along the years (Carissimi, 2016). The Internet of Things (IoT) is a new paradigm that is rapidly gaining ground in the scenario of modern wireless telecommunications (Atzori et al., 2010). A way to understand the IoT is to imagine several objects of everyday life generating and consuming information from Web (Macedo, 2016). IoT will increase the ubiquity of the Internet by integrating every object for interaction via embedded systems, which leads to a highly distributed network of devices communicating with human beings as well as other devices (Xia et al., 2012).

A *smart object*, which is the building block of the Internet of Things, is another name for an embedded system that is connected to the Internet. By putting more intelligence into the ID tag, the tagged thing becomes a *smart object*. The novelty of the Internet of Things (IoT) is not in any new disruptive technology, but in the pervasive deployment of *smart objects* (Kopetz, 2011). A microcontroller, connected to an object, can control and monitor the status of this simple object is considered to be a smart object. To enable the IoT, it needs to offer services to other entities, and so it needs connectivity (Ferreira, 2014).

In the Internet of Things paradigm many of the objects that surround us will be on the network. The Radio Frequency IDentification (RFID) and sensors network technologies will rise to meet this new challenge, in which information and communication systems are invisibly embedded in the environment around us. This results in a generation of a great amount of data to be stored, processed and to be presented in a friendly, efficient and easily interpreted form (Gubbi et al., 2013).

Five IoT technologies are widely used for the deployment of IoT-based products and services (Lee e Lee, 2015):

1. Radio Frequency Identification (RFID);

The RFID technology, an extension of the ubiquitous optical bar codes that are found on many every-day products, requires the attachment



of a smart low-cost electronic ID-tag to a product such that the identity of a product can be decoded from a distance (Kopetz, 2011).

2. Wireless Sensor Networks (WSN);

The recent progress in the field of the Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS), low power microelectronics and low power communication has made it possible to develop small integrated *smart objects*, called *sensor nodes*, that contains a sensor, a microcontroller and wireless communication controller. A sensor node is able to acquire signals and measure properties of its environment. It is powered by a small battery or energy harvested from its environment, and has limited computational power, small battery and constrained communication capabilities. To monitor and observe a phenomenon a number of sensor nodes are deployed, systematically or randomly, in a *sensor field* to form a self-organizing network – a wireless sensor network (Kopetz, 2011).

3. Middleware;

The middleware is the software layer or a set of sublayers interposed between technological and the application levels (Atzori et al., 2010). It offers a computational model to be deployed by programmers, allowing two sensor nodes to communicate using the same platform (Macedo, 2016).

4. Cloud computing;

The scalability is another challenge for the IoT. The middleware platform must consider to support a great number of devices and data. The need for storage and processing is still unknown, and that is why the cloud computing is an option, so computational resources can be allocated and released on demand (Macedo, 2016). The cloud computing is a model to access on demand a shared pool of configurable resources (e.g. computers, networks, servers, storage, applications, services and software) (Gubbi et al., 2013). Five characteristics are essential for cloud computing: (a) auto-service on demand; (b) wide access to the network; (c) grouping and allocation of resources; (d) rapid elasticity and (e) provided service measurement (Ferreira, 2014). The cloud computing offers an ideal back-end solution to deal with the enormous flow of data and post processing for a huge number of IoT devices and humans in real time (Lee e Lee, 2015).

5. IoT application software.

The IoT facilitates the development of innumerable applications driven to the industry and specific users. While devices and the network provide the physical connectivity, the IoT applications enable device to device and human to device interactions in a reliable and robust manner. The IoT applications must ensure that the data and the messages have been transmitted and executed properly and in a timely manner (Lee e Lee, 2015).

### *Road Freight Transport Management*

The maintenance management, the tire's management and performance indicators, subjects explored by Dario (2012a), are in a context defined by the concept of transport, logistics and Supply Chain Management (SCM). The freight transport by the road system is part of logistics, which manages the transport and storage activities at the beginning, in the middle and in the end of the supply chain. A freight transport company, referred as Logistics Service Supplier, has three main operational costs: vehicle maintenance; tires; and fuel consumption. The relevance of each of these costs is directly related to the driver behavior and operational characteristics. Thus, the more the vehicle is driven in a proper way, the fewer will be the operational costs. In addition, the absence of maintenance management practices and tire's management can lead to high costs due to: a) excessive consumption of parts and tires; b) excess labor in the workshop; c) longer period vehicle stopped; d) reduction of tires' and vehicles' lifetime; e) loss of customers and then both represent a great valuable investment.

The fleet is the group of vehicles under the same sector control (Santos et al., 2012). A good fleet management needs to deploy specific methods, techniques and tools and a fine information technology management (TI), and a good tracking system to guarantee the uptime (Dario, 2012a). The technology applied to the transport is based on the monitoring in real time, the interaction between services and vehicles and services management (Vivaldini e Pires, 2010).

Performance measurement is to quantify the efficiency and effectiveness of an organization's actions. Effectiveness refers to meet the customer's requirements, and efficiency is the measurement of how economically the firm's resources are used providing a given level of customer satisfaction (Neely e Gregory, 2005). The use of indicators allows the achievement of the information needed concerning the real state of strategic areas that affect the organization's performance, and it can be

applied as well to freight transport companies (Serna et al., 2017). An indicator is a kind of measurement that can be used to communicate a group of complex data in a simple way, including tendencies over time; the evaluation of performance is the process of measuring and surveying services in the exercise of its activities, which allows the development or improvement of the required competences to reach its functions and results; finally, performance indicators are indexes developed in every organization aiming to enregister the main points that impact its operation (Santos et al., 2012).

The concept of productivity is the relation between the amount of outputs delivered by a given system over the time and the amount of resources spent to create or produce these outputs. Among the main inputs that can be measured stand out the capital, the manpower, the raw material and the energy consumed. The use of indicators at the road freight transport requires a preliminary study that is related to three factors: volume, weight and distance (Silva, 1999).

Silva (1999) selected a group of indicators to evaluate companies of the freight transport sector: intensity of use, schedule performance, maintenance performance, economic performance and terminal productivity.

### *Sustainable Logistics*

To guarantee that humanity meets its needs without compromising the capacity of the future generations to achieve their needs, makes the sustainability one of the greatest challenges to this and future generations and it reaches social, economic and environmental aspects (WCED, 1987). This challenge requires the compromising of public services, non-governmental organizations and all individuals, and so companies are being pressured to evaluate its impact to the environment and measure its carbon footprint (Kleindorfer et al., 2005).

Fleet management is an important effort that leads to two different ways for the sustainable transportation: (1) economic effect on investments, maintenance and operational costs and (2) the company's resulting carbon footprint. Most of the literature about sustainable operation are focused on closed-loop supply chain, reverse logistics and remanufacturing (Ansariipoor et al., 2014). The focus on the supply chains is one step towards the broader adoption and development of the sustainability, since it considers the product since the initial processing until delivery to the customer. However, beyond the supply chain management,

sustainability must integrate: (1) product design, (2) manufacturing by-products, (3) by-products produced during product use, (4) product life extension, (5) product end-of-life, and (6) recovery processes at end-of-life (Linton et al., 2007).

The sustainable development requires methods and tools to measure and compare the impact of human activity to offer products and services. This impact includes those derived from the consumption of resources, as well as other interventions, as land use, associated with product supply at the resource extraction, material production, manufacturing, during its use and consumption or its end-of-life. The Life Cycle Assessment (LCA) is a methodological structure to estimate and evaluate emission and consumption of resources, as well as environmental changes in each state (or phase) of the life cycle of a product. It has been theme of many studies to calculate the potential environmental impact indicators related to products in order to support the identification of opportunities to prevent pollution and to reduce resource consumption (Rebitzer et al., 2004). This method, defined by ISO14040 is composed by 4 components: (1) definition of the goals and perimeter; (2) inventory analysis; (3) impact analysis and (4) interpretation (Ferreira, 2004).

The first steps to develop strategies to reduce the carbon in the freight transport is the analysis of the greenhouse gases emissions and CO<sub>2</sub> emissions in the freight operation by transport mode (Mckinnon e Piecyk, 2009). Using the LCA in a passenger car, Hendrickson et al. (2006) estimate the energy use through the equations (1) and (2).

$$E_{op} = (VMT \times E_{cmb}) / MHFE \quad (1)$$

$$E_{CO2} = VMT \times MHFE \times C_{content} \times 44/12 \quad (2)$$

In which  $E_{op}$  is the operational energy of the vehicle, VMT is the vehicle's life time in mileage traveled,  $E_{cmb}$  is the fuel energy, and MHFE is the fuel efficiency.  $E_{CO2}$  is the CO<sub>2</sub> emission of a vehicle during its life time in g,  $C_{content}$  is the amount of carbon in grams per gallon of fuel and 44/12 is the conversion factor from grams of carbon to grams of CO<sub>2</sub>. They conclude that the operation of the vehicle is responsible for 75% of all energetic use. Using a similar methodology, Brown et al. (2018) and the MMA (2014) estimated the road freight transport

emissions, using emission factors measured and statistics from the transport department.

## Model

It is possible to use IoT technologies applied to products like a vehicle and its accessories and establish relation with economic and environmental aspects of logistics, in the road freight segment.

The cost reduction, one economic lever of sustainability, is viable through the IoT technologies by the monitoring of the vehicle's physical parameters, which allows to calculate the real time performance indicators and optimize resources management. The more these technologies are used, the more costs are reduced. This relation is represented by:

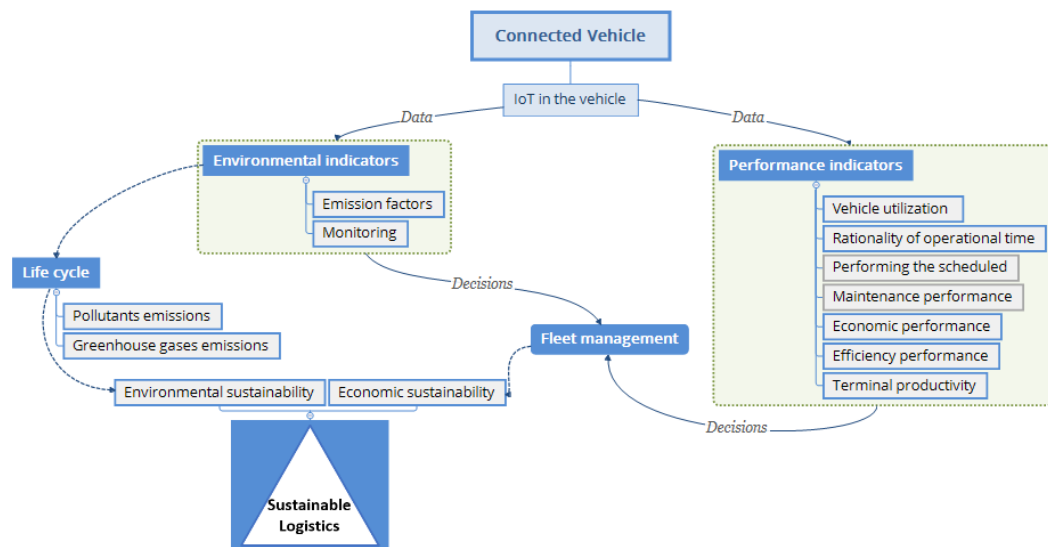
$$\uparrow \text{technologies use (IoT)} = \downarrow \text{cost of freight}$$

Analogously, the monitoring in real time of the fuel consumption associated to emission factors of gases, such as carbon and pollutants, identifies the environmental impact of a vehicle due to fuel burning. The evaluation of environmental indicators allows actions towards the reduction of greenhouse gases and pollutants emission. This relation is represented by:

$$\uparrow \text{technologies use (IoT)} = \downarrow \text{emissions}$$

The model of this research (Figure 1) establishes the following statements:

- The connected vehicle via IoT is the source of data to the calculation of fleets' performance and environmental indicators;
- The use of performance indicators contributes to the decision regarding the fleet management, which promotes economic gains to the company, settling the relation with the freight transport economic sustainability;
- The use of environmental indicators during the use phase of the vehicle's life cycle, allows the acknowledgement of its environmental footprint, which contributes to the reduction of greenhouse gases and pollutant emissions, settling the relation with the freight transport environmental sustainability.



**Figure 1 – Research model**

Source: Author (2019).

## Implementation

### *Case study – The connected vehicle*

In this study case, the data coming from the connected vehicle are obtained via telemetry and M2M. They are analyzed, treated and can be available on Web as a fleet management tool. They are also a product from a sensing system and connection of vehicle and tires to an accessible server online.

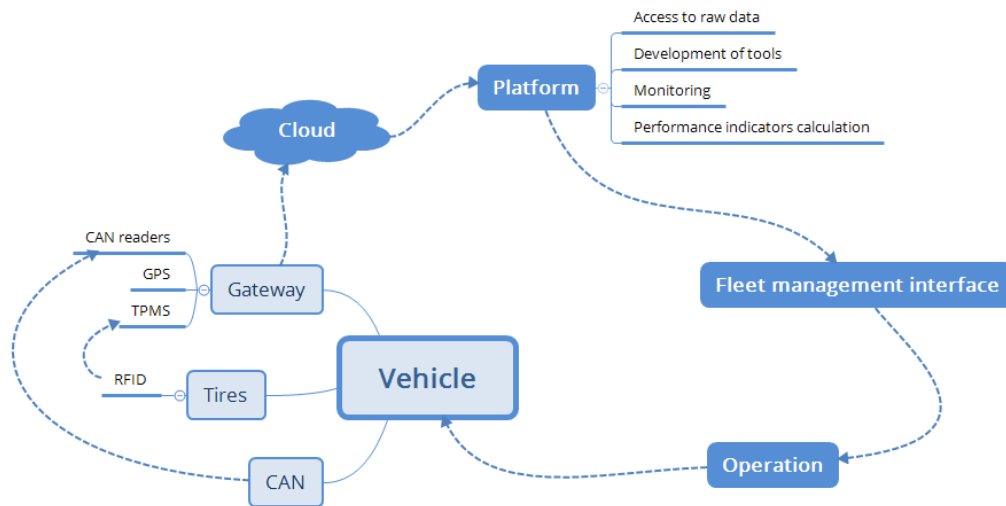
The vehicle's configuration (Figure 2) is known in the market as “super bitrem” or “bitrenzão”, formed by a tractor and two semitrailers, nine axles, whose load limit is 74 tons and length limited between 25 and 30 meters, according to DNIT (2012).



**Figure 2 – Super bitrem image**

Source: Biasi Tanques (2017).

The descriptive scheme of a vehicular connection (Figure 3) shows how the IoT can be applied. The relation between each element is represented by the lines: the full lines represent the direct connections due to electronic or mechanic installation.



**Figure 3 – The descriptive scheme of a vehicular connection**

Source: Author (2019).

The vehicle, central element of this schema, is the object of which attributes are the focus to the indicator's definition. The independent elements such as "tires", "gateway" and "CAN" are connected by the elements "RFID", "TPMS" sensors and "CAN readers" respectively. Besides these elements, the "GPS" contribute to the data acquisition scheme.

- The Tyre Pressure Monitoring System (TPMS) is an electronic device that catches tire's physical conditions of the tires, which are also identified by RFID tags, such as pressure, internal temperature, stress and strain condition and other parameters, reporting them to the driver in case of insecure changing of measurements (Kubba e Jiang, 2014).
- The vehicle's GPS location can be obtained by an external antenna that gives its position by coordinates, providing information such as distance traveled, velocity and acceleration of the vehicle, time traveled, garage and loading locations.
- The Controller Area Network (CAN) is the internal communication system of a vehicle, a message-based automotive protocol that allows

microcontrollers to communicate without the need of a host computer (INNODISK CORPORATION, 2017).

- The Gateway is an external system responsible to receive information from IoT devices and integrate them in a larger structure (Carissimi, 2016).

The post-treated data constitute a data base filled with physical parameters by which it is possible to determinate the main performance and environmental indicators. The Table 1 defines the physical parameters that are directly or indirectly measured and estimated through the connected vehicle system.

**Table 1 – Classification of parameters provided by the vehicle**

Parameters	Directly measured	Indirectly measured or estimated
GPS location	Antenna	-
Tire pressure	Sensors	-
Fuel consumption	Sensors connected to the CAN system	-
Vehicle velocity and acceleration	-	Derived from location data
Load	-	Load estimation based on engine functioning data, speed, vehicle's characteristics.

Source: Author (2019).

The Table 2 presents the format of the available data evaluated in this case study, which are the vehicle ID, when the engine was on, odometer, fuel consumption, total load and when the engine was off.

Parameters related to the functioning of the engine, distance traveled and fuel consumption are collected through the CAN of the vehicle. The load data are also obtained via CAN, but they are estimated by a relation between the total mass of the vehicle, the engine torque, vehicle's velocity, acceleration and geometric aspects such as frontal area. According to the source of the case study data, the mass estimation has 7% of error and it can be calculated in a moving vehicle only. Therefore, in this sample the load during the whole operational period of the vehicle was not provided. This is relevant for the definition of the performance indicators.



Consequently, the gaps of loading data were filled by the average of the mass for the vehicle loaded or unloaded conditions.

**Table 2 – Sample of data collected via IoT**

Vehicle	Engine ON (hh:mm:ss)	Engine ON (hh:mm:ss) s)	Odometer (km)	Fuel consumption (liters)	Total load (kg)	Engine OFF (hh:mm:ss)
0159VID	23/07/2018 22:11:37 (UTC-3)	00:05:15	149.068	0,50	21.739,35	23/07/2018 22:16:52 (UTC-3)
0159VID	23/07/2018 21:57:01 (UTC-3)	00:03:51	149.068	0,50	21.739,35	23/07/2018 22:00:52 (UTC-3)
0159VID	23/07/2018 21:55:44 (UTC-3)	00:00:09	149.068	0,00	21.739,35	23/07/2018 21:55:53 (UTC-3)
0159VID	23/07/2018 21:26:18 (UTC-3)	00:00:29	149.068	0,00	21.739,35	23/07/2018 21:26:47 (UTC-3)
...	...	...	...	...	...	...
0159VID	03/05/2018 12:14:03	00:01:29	119.766	0,00	52.906,93	03/05/2018 12:15:32
0159VID	03/05/2018 12:05:05	00:07:48	119.711	0,50	52.906,93	03/05/2018 12:12:53
0159VID	03/05/2018 09:23:43	00:03:31	119.710	0,50	52.906,93	03/05/2018 09:27:14
0159VID	03/05/2018 08:21:18	01:00:24	119.710	20,00	52.906,93	03/05/2018 09:21:42
0159VID	03/05/2018 05:46:34	02:06:51	119.682	57,00	52.906,93	03/05/2018 07:53:25
0159VID	02/05/2018 19:32:33	00:46:02	119.561	19,00	52.906,93	02/05/2018 20:18:35
0159VID	02/05/2018 16:34:51	02:22:18	119.526	63,50	52.906,93	02/05/2018 18:57:09
0159VID	02/05/2018 12:05:58	04:04:45	119.406	128,00	52.906,93	02/05/2018 16:10:43
0159VID	02/05/2018 09:04:00	02:10:38	119.197	57,50	52.906,93	02/05/2018 11:14:38
0159VID	02/05/2018 08:37:55	00:12:07	119.069	8,00	52.906,93	02/05/2018 08:50:02
0159VID	02/05/2018 04:33:48	03:42:29	119.061	117,00	52.906,93	02/05/2018 08:16:17

Source: Michelin (2018a).

### *Road Freight Transport Operational Indicators*

The operational indicators, also referred in this study as performance indicators, was selected from Silva (1999) and are shown at the Table 3. Since data

from the study case are restricted to some physical parameters, these indicators were chosen among others, explored in the state of art, where data could be applied.

**Table 3 – Selected performance indicators for the study case**

Indicators	Equation
Vehicle utilization index (transport cargo / load capacity) - UI [%]	$\frac{TCT \times 100}{CC}$
Avg tons per kilometer – m/S [t/km]	$\frac{TTM}{TKm}$
Transported tons in distance traveled by vehicle per hour – m.S/t [ton.km/h]	$\frac{load \times distance}{vehicle \times period} \left[ \frac{t.km}{h} \right]$
Use of operating period per vehicle – S/t [km/h]	$\frac{vehicle \times kilometer (1)}{operational \ hours (2)}$
Fuel consumption index – Vconso/S [l/km]	$\frac{TL \times 100}{TKM}$
Avg distance traveled per volume of transported mass – S/Vcarga [km/l]	N/A
Avg distance traveled per unloaded volume – S/(1-Vcarga) [km/l]	N/A
Transport distance (from the terminal to the final destination) S – [km]	N/A

Source: Author inspired by Silva (1999).

### *Environmental Indicators*

The environmental indicators are basically represented by the amount of substances released in the air, product of the fuel consumption in the phase of the vehicle life cycle, measured in tons or kilograms, in a given period of time. The collected data from the case study, associated with emission factors explored by Brown et al. (2018) and the MMA (2014) provides means to calculate them. The emission factors used in this study are:

- Methane (CH<sub>4</sub>): For trucks and buses, the of CH<sub>4</sub> emission factor is 0,06 g/km according to CETESB (2014);
- Particulate matter (MP): The MP emission factors due to tires and break wear and the road degradation are, for heavy trucks are 0,59 g/km and 0,038 g/km respectively (MMA, 2014);

- Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>): The CO<sub>2</sub> emission factor from 2001 until 2012, considering the use of the diesel as fuel, is 2,603 kg/L (MMA, 2014);
- Nitrous oxide (N<sub>2</sub>O): The emission factor for the N<sub>2</sub>O is 0,03 g/km (MMA, 2014);
- Pollutants (CO, NO<sub>x</sub>, NMHC e MP<sub>comb</sub>): The specific consumption of diesel engines for heavy trucks in 2012 is 208 g<sub>diesel</sub>/kWh (MMA, 2014). The density of the diesel is 840g/L (EPE, 2017). Pollutants' emission factors for heavy trucks, expressed in g<sub>poluente</sub>/kWh are:
  - 0,10 g/kWh de CO;
  - 0,01 g/kWh de NO<sub>x</sub>;
  - 1,39 g/kWh de NMHC;
  - 0,0122 g/kWh de MP<sub>comb</sub>;

The equation 3 applied to each emission factor gives all the emission factors expressed in g/km or g/L as shown in the Table 4:

$$\frac{g_{poluente}}{L_{diesel}} = \left( \frac{g_{poluente}}{kWh} \div \frac{g_{diesel}}{kWh} \right) \times \frac{g_{diesel}}{L_{diesel}} \quad (3)$$

**Table 4 – Emission factors for heavy trucks**

Substances	Formule	[g/km]	[g/L]
Methane	CH <sub>4</sub>	0,06	-
Particulate matter	Mp <sub>tires&amp;breaks</sub>	0,59	-
Particulate matter	Mp <sub>road</sub>	0,038	-
Carbon dioxide	CO <sub>2</sub>	-	2603
Nitrous oxide	N <sub>2</sub> O	0,03	-
Pollutants	CO	-	0,40
Pollutants	NO <sub>x</sub>	-	0,04
Pollutants	NMHC	-	5,61
Pollutants	Mp <sub>comb</sub>	-	0,05

Source: Author (2019) inspired by MMA (2014).

## Results

### *Operational Indicators*

The loading characteristic of the fleet operation is shown in Table 5. Based on these informations, it is possible to calculate the operational indicators.

**Table 5 – Average of the mass for loading conditions**

Operation	Avg total mass (kg)	Std total mass (kg)
<b>loaded</b>	68.149	7.422
<b>unloaded</b>	22.367	1.170
<b>Total</b>	<b>33.347</b>	<b>19.948</b>

Source: Author (2019).

Table 6 shows the distance traveled and total fuel consumption for three months of the vehicle operation, from May to July 2018, under loaded and unloaded conditions.

**Table 6 – Total traveled distance and fuel consumption**

Month	Distance (km)	Fuel consumption (litros)			V <sub>conso</sub> /S (l/km)
<b>May</b>	8.779	[%]	3.866	[%]	0,440
<b>loaded</b>	4.159	47%	2.429	63%	0,584
<b>unloaded</b>	4.620	53%	1.437	37%	0,311
<b>June</b>	12.291		5.528		0,450
<b>loaded</b>	6.318	51%	3.710	67%	0,587
<b>unloaded</b>	5.973	49%	1.818	33%	0,304
<b>July</b>	12.661		5.490		0,434
<b>loaded</b>	5.937	47%	3.446	63%	0,580
<b>unloaded</b>	6.725	53%	2.044	37%	0,304
<b>Total</b>	<b>33.730</b>		<b>14.883</b>		<b>0,441</b>

Source: Author (2019).

It is possible to evaluate the effect of the loading on fuel consumption. In May, 47% of the distance traveled was under loaded condition, but it was responsible for 63% of the total fuel consumption for this period. The same tendency is repeted for the following months. The fuel consumption index (V<sub>conso</sub>/S)

indicates that the loading effect can reach 48% of reduction when the vehicles travel unloaded compared to the loaded condition.

Table 7 presents the results of the total mass transported and the operational period per month, through which, plus distance traveled data, it is possible to define operational indicators related to the mass transported such as: vehicle utilization index (transport cargo / load capacity) (UI); average tons per kilometer (t/km); transported tons in distance traveled by vehicle per hour (ton.km/h); use of operating period per vehicle (km/h). It is possible to notice an evolution of loading efficiency from May to July 2018, reflected on the increase of those indicators.

**Table 7 – Operation indicators related to mass transported**

Month	Mass [ton]	Delta t Operation [h]	Avg UI[%]	m/S [ton/km]	m.S/t [ton.km/h]	S/t [km/h]
<b>May</b>	2.041	562,02	24%	0,23	31.887,04	15,62
<b>June</b>	3.972	729,10	38%	0,32	66.952,00	16,86
<b>July</b>	4.060	744,30	37%	0,32	69.064,21	17,01
<b>Total</b>	<b>10.073</b>	<b>2.035,42</b>	<b>34%</b>	<b>0,30</b>	<b>166.929,46</b>	<b>16,57</b>

Source: Author (2019).

Table 8 presents the average distance traveled per liter of cargo transported ( $S/V_{\text{carga}}$ ) and average distance traveled per liter of cargo non-transported ( $S/(1-V_{\text{carga}})$ ).

**Table 8 – Average distance traveled per volume transported**

Month	Distance [Km]	Cargo [l]	1- Cargo [l]	$S/V_{\text{carga}}$ [km/l]	$S/(1-V_{\text{carga}})$ [km/l]
<b>May</b>	8.779	1.109.508	3.428.536	0,00791	0,00256
<b>June</b>	12.291	2.158.529	3.490.966	0,00569	0,00352
<b>July</b>	12.661	2.206.496	3.798.939	0,00574	0,00333
<b>Total</b>	<b>33.730</b>	<b>5.474.533</b>	<b>10.718.440</b>	<b>0,00616</b>	<b>0,00315</b>

Source: Author (2019).

Finally, Table 9 presents the average distance traveled from the garage to the final destination per month.

**Table 9 – Distance to the final destination per month**

Month	Avg. Distance traveled to the final destination [km]
May	801,76
June	807,93
July	814,67
Average	<b>808</b>

Source: Author (2019).

*Environmental Indicators*

The Table 10 shows the emission values for each substance per month, defined by applying the emission factors explored to the fuel consumption data collected via IoT.

**Table 10 – Environmental indicators**

Substance	Formule	May 2018	June 2018	July 2018	Total
Methane [kg]	CH <sub>4</sub>	0,53	0,74	0,76	2,02
Particulate matter [kg]	M <sub>ptires&amp;breaks</sub>	5,18	7,25	7,47	19,90
Particulate matter [kg]	M <sub>proad</sub>	0,33	0,47	0,48	1,28
Carbon dioxide [ton]	CO <sub>2</sub>	22,85	31,99	32,96	87,80
Nitrous oxide [kg]	N <sub>2</sub> O	0,26	0,37	0,38	1,01
Pollutants CO [kg]	CO	3,55	4,96	5,11	13,62
Pollutants NO <sub>x</sub> [kg]	NO <sub>x</sub>	0,35	0,50	0,51	1,36
Pollutants NMHC [kg]	NMHC	49,28	68,99	71,07	189,34
Pollutants M <sub>pcomb</sub> [kg]	M <sub>pcomb</sub>	0,43	0,61	0,62	1,66

Source: Author (2019).

**Conclusion**

In a restrict perimeter of a unique case study in which a vehicle was connected to the internet, it was possible to evaluate the use of data collected by a connection system to calculate performance indicators, established by a research concerning habits of road freight companies, and environmental indicators, defined by the application of emission factors in confrontation to the fuel consumption and distance traveled data provided for every month analyzed. However, the viability of the use of the connection system in large scale in the market was not considered

in this study. It was not possible to get any kind of information of the company's fleet management database to analyze associated errors of the proposed approach. Even though, most of the data was provided by the CAN of the vehicle, developed by automotive manufactures which presents high level of reliability and consistency.

From the fleet management and operational point of view, the use of these data meets part of the needs of inputs adopted by the sector. Even though the connect vehicle explored in this study did not meet the whole list of indicators adopted, it is possible to imagine that different databases integrated in a unique on-line environment allows the calculation of the operational indicators that were not explored in this work.

On the other hand, the calculation of the environmental indicators, through the emission factors presented a whole new perspective about a single operational vehicle environmental footprint. From this point of view, the IoT can contribute to the capitalization of the environmental footprint of the fleet at the use phase of the vehicles and can also provide information and allow actions that go towards the premises established in the sustainable development paradigm, with internal politics, public incentives and campaigns to reduce the freight sector environmental impact.

## **Keywords**

Sustainable logistics; freight transport; Internet of Things; fleet indicators.

# Sumário

1 Introdução	28
1.1. Caracterização do problema	28
1.2. Objetivos gerais	33
1.3. Objetivos específicos	33
1.4. Hipótese	34
1.5. Limitação da pesquisa	37
1.6. Justificativa e relevância do tema	37
1.7. Estrutura da dissertação	37
1.8. Metodologia	38
2 Internet das Coisas (IoT) aplicada ao veículo conectado	41
2.1. Internet das coisas	41
2.2. Descrição do veículo conectado	48
2.3. RFID e TPMS: Conexão das informações sobre o pneu ao veículo	50
2.4. Localização GPS	57
2.5. CAN: Sistema de comunicação de bordo do veículo	57
2.6. Gateway: A caixa preta receptora e transmissora de dados	61
2.7. Conclusão do Capítulo 2	62
3 Indicadores de desempenho de frotas	63
3.1. Gestão de frotas	64
3.2. Gestão da manutenção	65
3.3. Gestão de Pneus	66
3.4. Indicadores de desempenho	66
3.5. Conclusão do Capítulo 3	78
4 Indicadores Ambientais do Transporte de Cargas Rodoviário	79
4.1. Relação entre logística e sustentabilidade	80
4.2. Projeto de produto:	80
4.3. Fabricação de subprodutos:	80
4.3.1. Subprodutos produzidos durante o uso do produto:	81
4.3.2. Sobrevida do produto:	81



4.3.3. Fim de vida do produto:	81
4.3.4. Recuperação de processos no fim da vida:	82
4.3.5. Pegada de carbono da logística	82
4.4. Análise de ciclo de vida do transporte rodoviário de cargas	83
4.4.1. Introdução à Análise de Ciclo de Vida do produto	83
4.4.2. Uso energético e emissões do transporte rodoviário de cargas	87
4.4.3. Ciclo de Vida e impacto ambiental do Pneu	91
4.5. Indicadores ambientais	94
4.5.1. Fatores de emissão	96
4.5.2. Fatores de emissão de poluentes para caminhões	101
4.6. Conclusão do Capítulo 4	102
5 Análise dos dados do estudo de caso	103
5.1. Cálculo de indicadores de desempenho de frotas	106
5.1.1. Seleção dos indicadores de desempenho de frotas	106
5.1.2. Indicadores de desempenho calculados:	107
5.2. Cálculo de indicadores ambientais	109
5.2.1. Seleção dos indicadores ambientais	109
5.2.2. Indicadores ambientais calculados	110
5.3. Conclusões do Capítulo 5	111
6 Considerações finais	112
6.1. Validade dos resultados e comentários	112
6.2. Respeito aos objetivos	112
6.3. Recomendações para trabalhos futuros	113
7 Referências bibliográficas	115
Anexo: Dados coletados a partir do estudo de caso	129

## Lista de figuras

Figura 1 - Paradigma do Desenvolvimento Sustentável	28
Figura 2 - Emissões de CO <sub>2</sub> por categoria de veículos	29
Figura 3 - Definição de Resistência ao Rolamento	31
Figura 4 - Capacidades Fornecidas pela IoT	32
Figura 5 - Mapa Conceitual do Aspecto Econômico	35
Figura 6 - Mapa Conceitual do Aspecto Ambiental	35
Figura 7 - Modelo de pesquisa	36
Figura 8 - Paradigma da "Internet das Coisas	47
Figura 9 - Imagem de um Super Bitrem	49
Figura 10 - Limites legais de carga e dimensão de um Super Bitrem	49
Figura 11 - Sistema descritivo de conexão veicular	50
Figura 12 - Influência da pressão no pneu	51
Figura 13 – Influência da pressão no consumo de combustível.	52
Figura 14 - Rendimento em pneus em função de pressões.	56
Figura 15 - Formato da mensagem J1939	60
Figura 16 - Logística, transporte e gestão de frotas dentro da SCM	64
Figura 17 - Utilização da informação de rastreamento de veículos	65
Figura 18 - Esquema representativo de um ciclo de vida genérico	84
Figura 19 - Ciclo de vida de um automóvel	85
Figura 20 - Fases de uma ACV	86
Figura 21 - Intensidade de combustível de caminhões por tamanho	89
Figura 22 - Uso energético no Ciclo de Vida de um automóvel	95
Figura 23 - Procedimentos para estimar emissões	97
Figura 24 - Procedimentos para estimar os fatores de emissão em g/km	101

## Lista de tabelas

Tabela 1 - Procedimento metodológico	38
Tabela 2- Evolução das tecnologias base da IoT	46
Tabela 3 - Classificação dos indicadores logísticos encontrados	67
Tabela 4 - Indicadores de manutenção e gestão de pneus	68
Tabela 5 - Indicadores Operacionais e de Consumo	76
Tabela 6 - Contribuição do pneu no consumo de combustível	92
Tabela 7 - Poluentes considerados no Inventário	96
Tabela 8 - Fatores de emissão de MP	98
Tabela 9 - Parâmetros para o cálculo dos fatores de emissão de CO <sub>2</sub>	99
Tabela 10 - Densidade energética utilizada para cada combustível	100
Tabela 11 - Fatores de emissão de CO <sub>2</sub> por ano	100
Tabela 12 - Fatores de emissão de N <sub>2</sub> O	100
Tabela 13 - Fatores de emissão de CO, NOx, NMHC e MP <sub>comb.</sub>	102
Tabela 14 - Classificação de parâmetros fornecidos pelo sistema	104
Tabela 15 – Amostra dos dados coletados via IoT	105
Tabela 16 - Classificação da operação para definição do carregamento	106
Tabela 17 - Médias de carga do veículo carregado e descarregado	106
Tabela 18 - Indicadores de desempenho selecionados no estudo de caso	106
Tabela 19 - Distância percorrida e consumo de combustível totais	107
Tabela 20 - Indicadores operacionais relacionados à carga	108
Tabela 21 - Quilometragem média por litro transportado e não transportado	108
Tabela 22 - Distância até o ponto de entrega por mês	109
Tabela 23 - Fatores de emissão de caminhões pesados	110
Tabela 24 - Indicadores ambientais calculados	111

# 1

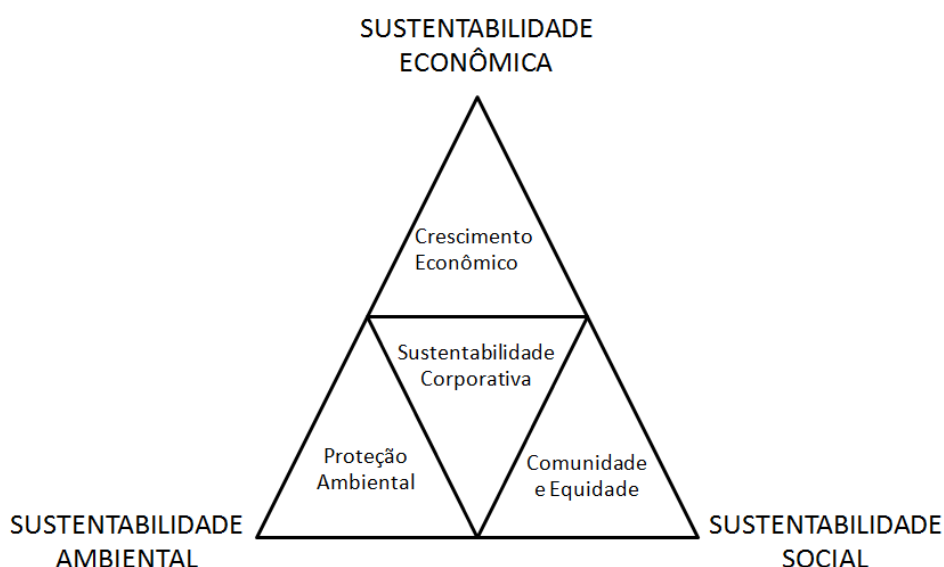
## Introdução

### 1.1.Caracterização do problema

Foi na Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, realizada em Estocolmo em 1972, que os problemas ambientais se tornaram realmente uma preocupação global e integrada. O desenvolvimento econômico, segundo Goto (2012), implica a utilização de recursos naturais, que em longo prazo, comprometem não apenas o meio ambiente, mas os fatores necessários para a sobrevivência dos seres humanos.

A conservação do meio ambiente é um dos pilares do conceito de desenvolvimento sustentável. Segundo IUCN - International Union For Conservation of Nature and Natural Resources (1980), para o desenvolvimento ser sustentável, ele deve levar em consideração fatores sociais e ecológicos, assim como econômicos.

Advindo dessa lógica, o modelo conceitual do desenvolvimento sustentável pode ser esquematizado como o equilíbrio entre sustentabilidade social, econômica e ambiental (Figura 1).



**Figura 1 - Paradigma do Desenvolvimento Sustentável**

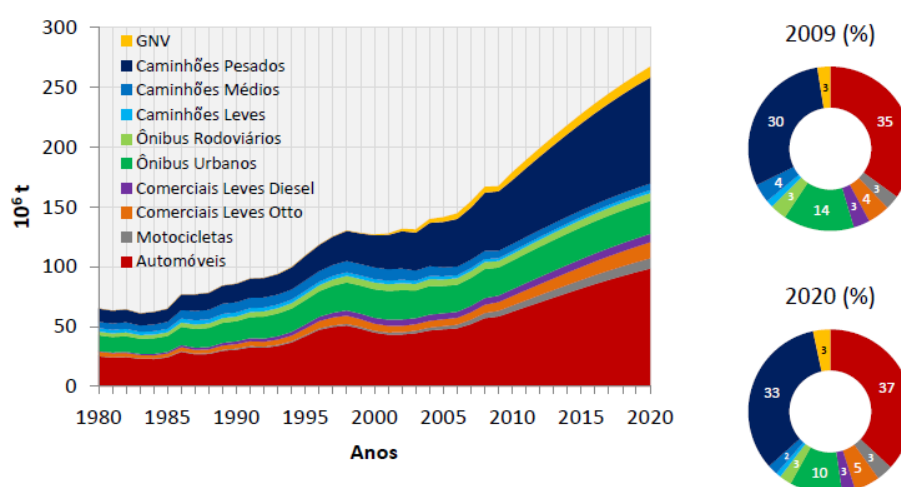
Fonte: Lentino (2016).

A garantia de interesse econômico e redução dos impactos ambientais causados pelo modelo de transporte de carga é relevante para a evolução da logística nessa direção. O conceito de logística, segundo Donato (2008) é a atividade que cuida do gerenciamento de materiais e produtos em geral, envolvendo, entre outras atividades, compras, transportes, distribuição, movimentação, armazenagem e embalagem.

A parte da logística que se preocupa com os aspectos e impactos causados pela atividade logística é denominada Logística Verde ou Ecologística (Donato, 2008). Segundo Fernandes (2013), é possível observar que as práticas da Logística Verde podem reduzir os efeitos negativos da logística no meio ambiente a partir de diversas frentes de atuação que vão desde a exploração da matéria-prima, passando pelo transporte, pela produção do produto, seu uso e seu descarte.

O setor de transportes é um dos setores de mais rápido crescimento em termos de consumo de energia e emissões no Brasil, segundo o World Bank (2011a). A preocupação com a concentração de gases de efeito estufa (GEE) é de amplitude mundial. Através das Conferências das Ações Unidas os países buscam um consenso sobre os objetivos e metas a serem atingidos para evitar níveis de emissões que não impliquem alterações perigosas para o planeta (Fernandes, 2013).

Segundo estimativas do MMA - Ministério do Meio Ambiente (2011), o setor de transportes poderá emitir cerca de 60% a mais de CO<sub>2</sub> em 2020 em relação ao que foi emitido em 2009. Sendo 36% oriundas das frotas de caminhões, 13% de ônibus, 40% de automóveis e 3% de motocicletas (Figura 2).



**Figura 2 - Emissões de CO<sub>2</sub> por categoria de veículos**

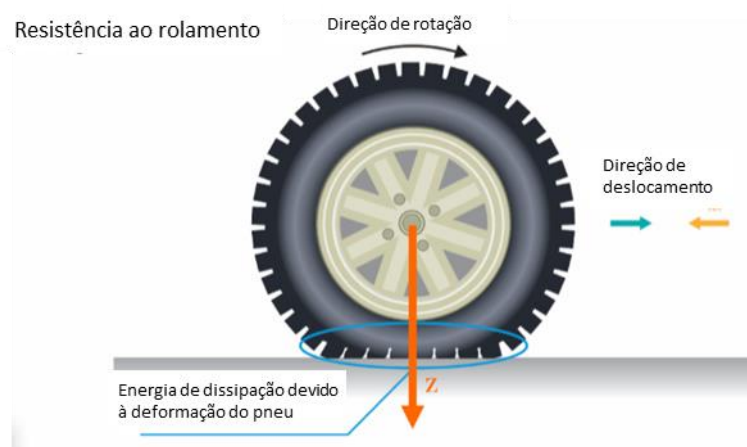
Fonte: MMA (2011).

Apoiar os objetivos para o clima global requer um foco no uso de combustíveis neste setor. Há um interesse direcionado às taxas crescentes de emissão de carbono do transporte de cargas. Fundamentalmente, a intensidade de emissão de carbono pode ser reduzida através de três estratégias principais: (a) incentivar e promover uma mudança do transporte de cargas para modos com combustíveis mais eficientes, (b) melhorar a eficiência dos combustíveis dos modos existentes e (c) reduzir quilometragens de viagens desnecessárias sem impactar o crescimento econômico (World Bank, 2011b).

Dentre os diversos aspectos influentes para os impactos do setor, o veículo é de grande relevância, sendo o meio que possibilita a circulação dos bens e das pessoas, muito se pode evoluir em tecnologia, no sentido de promover o transporte eficiente. No veículo encontram-se os mecanismos responsáveis por parte considerável das emissões, como forma de consumo direto de combustível em operações e emissões associadas à produção e manutenção de seus componentes. Segundo Lowell et al. (2009), os motores convencionais à Diesel, típicos de veículos de carga nos EUA, possuem uma média de eficiência térmica de aproximadamente 33%, portanto 33% da energia contida no combustível é convertida em energia útil, medido na saída do escapamento. Os 67% restantes correspondem a perdas devido às fricções no motor e ao calor dissipado no sistema de exaustão ou no sistema de refrigeração do motor (Curry et al., 2012).

O pneu constitui parte da contribuição para o consumo de combustível de veículos. Segundo Barrant e Bokar (2009), as emissões dos veículos são necessariamente funções da energia desprendida pelo motor e nesse contexto o pneu tem seu papel. Para superar a perda energética do pneu em sua deformação através da dissipação em forma de calor, uma quantia adicional de combustível deve ser considerada. A performance resistência ao rolamento é então definida como a energia consumida por um pneu por unidade de distância percorrida (Figura 3). Como a força de resistência pode ser considerada quase proporcional ao peso do veículo  $Z$ , o coeficiente de resistência ao rolamento do pneu é então expresso como a razão entre a força de resistência sobre o peso do veículo.

Segundo Michelin (2013), estudos sobre o ciclo de vida do produto mostram que, em cerca de 42.000 quilômetros rodados, mais de 92% dos impactos ambientais e em custos causados por pneus de carros de passeio ocorrem principalmente devido a sua resistência ao rolamento. Essa proporção se eleva a 95% para pneus de caminhões. Em condições normais de uso, a proporção significativa de consumo de combustível ligada ao pneu é estimada em 20% para pneus de carro de passeio e 30% para pneus de caminhão.



**Figura 3 - Definição de Resistência ao Rolamento**

Fonte: Barrand e Bokar (2009) traduzido pelo autor.

O uso das tecnologias de rastreamento nos veículos, por outro lado, é uma solução que contribui para a eficiência do transporte. Segundo Bordin (2008), atualmente o setor está passando por uma grande transformação baseada na qualidade do gerenciamento e na eficiência operacional. O mercado apresenta uma grande oferta de serviços especializados de transporte que visam tornar o gerenciamento dos custos variáveis e fixos mais eficientes.

O sistema de rastreamento é a tecnologia utilizada para controlar a movimentação dos veículos no transporte de cargas, de modo a aumentar a segurança e a eficiência na utilização da frota.

A coleta de dados do veículo como velocidades, acelerações, condições do motor através de telemetria, é cada vez mais valorizada no mercado de transporte de cargas (Bordin, 2008). Telemetria, por sua vez, significa realizar medições à distância, ou em local remoto (Mattos, 2004). Existem mais de 1,9 milhão de caminhões rodando nas estradas hoje (ANTT, 2016), sendo que em 2006, 90% das frotas já utilizavam tecnologia de monitoração, rastreo ou bloqueio, segundo o Anuário transporte de cargas de 2006<sup>1</sup>.

Os indicadores de desempenho de frotas, contribuem com a gestão de frotas e por consequência, a redução dos custos da empresa. Segundo Santos et al. (2012), esses são índices desenvolvidos dentro de cada organização visando aos principais pontos que impactam na sua operação. Há, portanto, uma inclinação do mercado de transporte de cargas em adotar tecnologias de

<sup>1</sup>Anuário do Transporte de Carga, 2006. São Paulo: OTM Editora, 2006. nº 11. Apud Bordin (2008).

otimização de operação e redução de custos que convergem com o paradigma do desenvolvimento sustentável no que tange ao aspecto econômico e ambiental.

A Internet das Coisas, em inglês *Internet of Things* (IoT), segundo Macaulay et al. (2015), pode ser definida simplesmente como uma rede de conexão de objetos físicos. A IoT marca um período único na vida da Internet e representa para o setor de transporte uma nova onda de ganhos em eficiência no controle de tráfego e gestão de frotas.

Aplicar a IoT na logística operacional promete um impacto substancial. A Figura 4 estabelece o ciclo de capacitações fornecidas pela IoT. É possível monitorar o status de ativos, parcelas e pessoas em tempo real na cadeia de valores; medir como esses ativos estão performando e realizar mudança no que estão realizando no momento (e o que vão realizar em seguida); otimizar processos de negócio para eliminar intervenções manuais, melhorar a qualidade e previsão, reduzir os custos; otimizar como pessoas, sistemas e ativos trabalham juntos e coordenar suas atividades. E, finalmente, é possível aplicar abordagem analítica em toda a cadeia de valor para identificar maiores oportunidades de melhoria e melhores práticas (Macaulay et al., 2015).



**Figura 4 - Capacidades Fornecidas pela IoT**

Fonte: Macaulay (2015) traduzido pelo autor.

O RFID - *Radio Frequency Identification*, segundo Khader et al. (2011), é uma tecnologia que se apresenta em forma de etiquetas adesivas chamadas “tags”, integrando chip e antenas. Essas etiquetas permitem a identificação de produtos e também a recuperação de diversas informações a partir de seus microprocessadores. Segundo Wamba (2009), essa tecnologia faz parte das



tecnologias de identificação e coleta de informações automáticas e também das tecnologias sem fio.

No início dos anos 2000, Kevin Ashton foi um dos pioneiros do conceito de Internet das Coisas, buscando em sua pesquisa conectar informações de RFID com a internet: se todos os objetos do dia a dia fossem equipados com um identificador e conexão wireless, esses objetos poderiam se comunicar entre si e serem gerenciados por computadores (Lopez Research LLC, 2013).

O monitoramento das condições de uso do veículo seria suficiente para trazer ganhos para o empresário, com a redução dos gastos com manutenção, reposição de equipamentos e consumo de combustível; para o meio ambiente, com a redução das emissões gases de efeito estufa e aumento da eficiência dos produtos, reduzindo gastos de produção e matéria-prima; e por fim, para a sociedade, com a redução de acidentes, congestionamentos e impactos das estradas.

## **1.2.Objetivos gerais**

Essa é uma pesquisa exploratória que tem como objetivo registrar os ganhos que a Internet das Coisas (IoT) traz no contexto da logística sustentável no domínio do transporte de cargas rodoviário.

## **1.3.Objetivos específicos**

Analisar o contexto em que o setor de transporte de cargas rodoviário está inserido, explorar a aplicação de indicadores de frotas adotados no mercado e pesquisar sobre hábitos de manutenção de empresas do setor, com o intuito de estabelecer a referência para a comparação deste com o cenário que inclui a introdução do conceito de internet das coisas, advindo de um estudo de caso de um projeto de experimentação de um veículo conectado. Os objetivos específicos dessa pesquisa são:

- Caracterizar o sistema de transporte de cargas rodoviário;
- Identificar os hábitos padrões ou específicos de empresas do setor - levantar informações a respeito das práticas adotadas;
- Estabelecer os indicadores de desempenho de frota adotados no mercado e recomendados no estado da arte;
- Identificar os ganhos econômicos que traz a gestão de frotas, a partir da aplicação dos indicadores de desempenho e de práticas de manutenção em veículos e pneus;

- Revisar a bibliografia a respeito do ciclo de vida do produto;
- Identificar através de pesquisa bibliográfica como a manutenção apropriada de veículos e pneus podem contribuir para a redução do consumo de combustível;
- Descrever a aplicação da IoT em veículos e em pneus – estudo de caso;
- A partir dos dados do estudo de caso, analisar qualitativamente em que aspectos a IoT aplicada ao pneu contribui para:
  - Redução de custos e ganhos para o mercado (empresa frotista) - aspecto econômico, identificando quais indicadores de desempenho de frotas podem ser obtidos e como eles são apresentados;
  - Otimização do ciclo de vida do produto - aspecto ambiental, através da disponibilização de parâmetros de monitoramento do veículo, como o consumo de combustível e carregamento, permitindo analisar globalmente esses parâmetros em um período de tempo determinado;
  - Conhecimento sobre a pegada ambiental do veículo de uma frota.
- Demonstrar a aplicabilidade da IoT para o cálculo de indicadores de desempenho e ambientais.

#### **1.4.Hipótese**

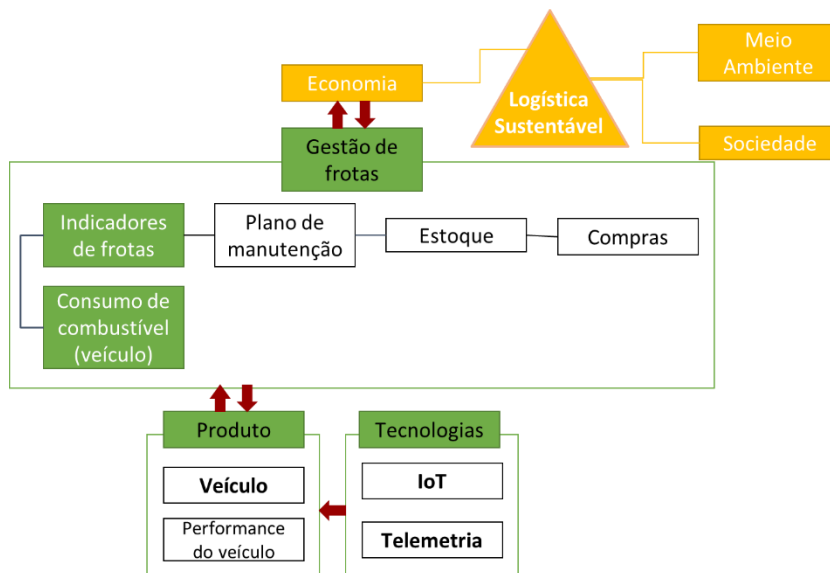
É possível utilizar tecnologias de IoT aplicadas em produtos como veículos e seus acessórios e estabelecer relações com os aspectos econômicos e ambientais da logística, no setor de transporte rodoviário de cargas.

Os mapas conceituais apresentados nas Figuras 5 e 6 mostram a relação entre o uso da IoT no veículo e seus impactos nos aspectos econômico e ambiental da sustentabilidade. As setas representam uma interação entre as variáveis. A relação entre IoT e os aspectos econômicos da logística sustentável, mostrada na Figura 5, se dá através da redução de custos da empresa de transportes, pois através da IoT é possível realizar o monitoramento de parâmetros físicos do veículo, o cálculo de indicadores de desempenho em tempo real, otimizando todo gerenciamento de recursos.

Referindo-se aos aspectos econômicos, pode-se estabelecer a relação de que o uso de tecnologias, sendo elas tudo que é relativo à Internet das Coisas (IoT), permite a avaliação de indicadores de desempenho e consequentemente permite a redução dos custos da empresa de transportes:

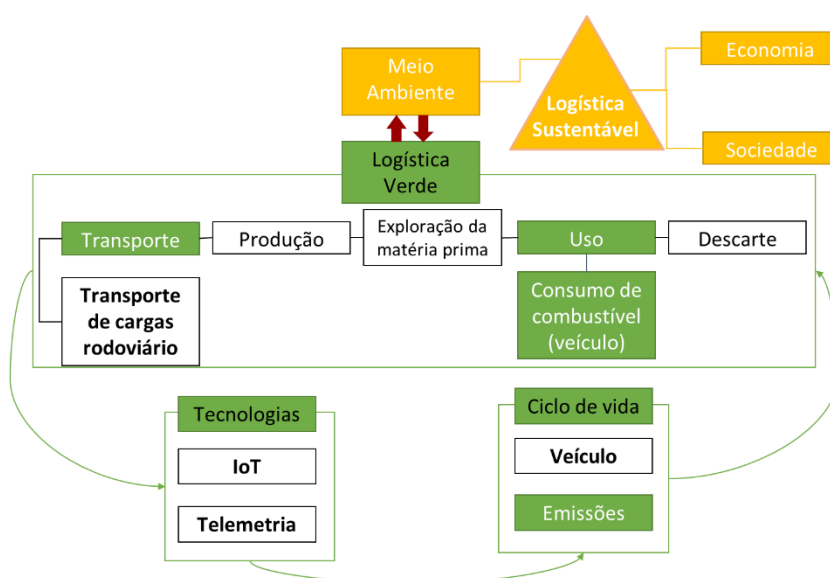
$\uparrow \text{uso de tecnologias (IoT)} = \downarrow \text{custos do frotista}$

A relação entre a IoT e o aspecto ambiental da logística sustentável se dá quando é possível identificar o impacto ambiental do veículo, no que diz respeito à queima de combustível a partir da coleta de parâmetros físicos associados a fatores de emissão de gases e poluentes, como mostrado na Figura 6.



**Figura 5 - Mapa Conceitual do Aspecto Econômico**

Fonte: Autor (2019).



**Figura 6 - Mapa Conceitual do Aspecto Ambiental**

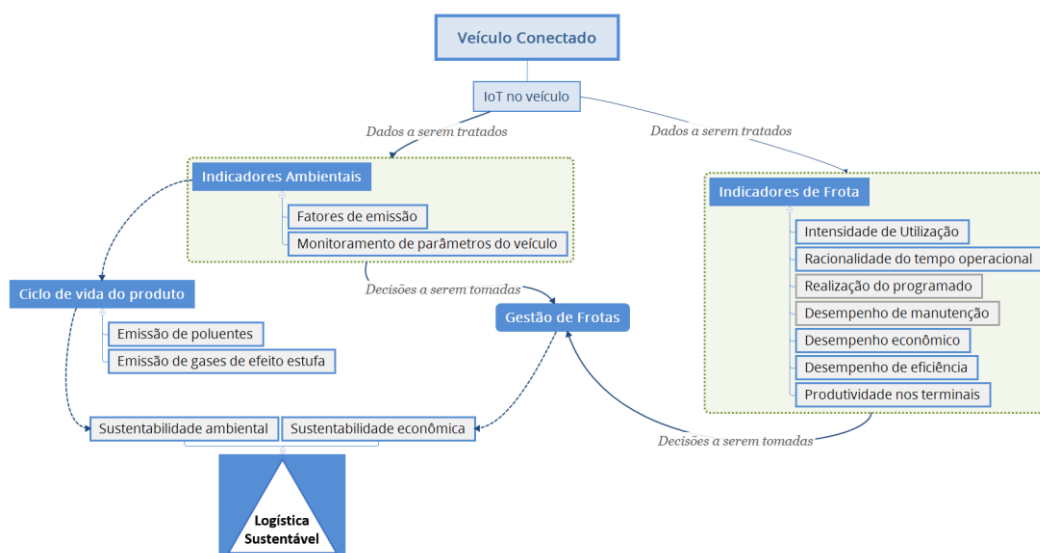
Fonte: Autor (2019).

Desta relação, tem-se que o uso de tecnologias permite a avaliação de indicadores ambientais, o que permite ações de redução da emissão de gases de efeito estufa e poluentes:

$$\uparrow \text{ technologies use (IoT) } = \downarrow \text{ emissions}$$

A Figura 7 apresenta o modelo de pesquisa, estabelecendo as seguintes relações:

- O veículo conectado através da IoT é a fonte de dados a serem tratados para o cálculo de indicadores de performance de frotas e disponibilização de parâmetros para a aplicação da manutenção preditiva;
- A aplicação de indicadores de frotas contribui para as tomadas de decisão no contexto da gestão de frotas, que, por sua vez, promovem ganho econômico à empresa, estabelecendo assim a relação com a sustentabilidade econômica do transporte de cargas rodoviário;
- A aplicação de indicadores ambientais durante a fase de uso do ciclo de vida do veículo permite o conhecimento de sua pegada ambiental. O monitoramento do consumo de combustível pelo frotista contribui com a redução das emissões de gases de efeito estufa e poluentes, o que estabelece a relação com a sustentabilidade ambiental do transporte de cargas rodoviário.



**Figura 7 - Modelo de pesquisa**

Fonte: Autor (2019).

### **1.5.Limitação da pesquisa**

A pesquisa é do tipo exploratória que pretende discutir as relações entre variáveis relacionadas a aplicação de tecnologias no mercado de transporte de cargas rodoviário no Brasil, por meio da aplicação de modelos que proporcionem melhor compreensão sobre como a IoT aplicada a veículos pode contribuir para a sustentabilidade, utilizando-se de dados provenientes de um estudo de caso único.

### **1.6.Justificativa e relevância do tema**

O interesse pelo tema “logística sustentável” surgiu do contato direto que tenho em ambiente corporativo, como analista de dados de performance de pneus, na Sociedade Michelin de Participações Indústria e Comércio, uma empresa que investe em pesquisas sobre mobilidade.

Diversos são os trabalhos que participo com o objetivo de entender o desempenho do produto no mercado e ofertas de soluções no transporte de carga e pessoas na América do Sul. Um deles me permitiu captar dados para desenvolver essa pesquisa sendo o estudo de caso no qual ela se baseia.

Desta forma, o tema, apresentado no curso de Mestrado Profissional em Engenharia Urbana e Ambiental da PUC-Rio tornou-se grande fonte de interesse sobre o tema, que culminou na definição do objeto de pesquisa presente nesse trabalho.

### **1.7.Estrutura da dissertação**

A dissertação é dividida em sete capítulos de forma a atingir os objetivos da pesquisa na determinação da contribuição da internet das coisas no setor de transporte de cargas rodoviário.

No Capítulo 1 foram abordados os aspectos relevantes nos quais a pesquisa pretende contribuir. Esse capítulo contém uma introdução com a caracterização do problema, os objetivos, a hipótese, as limitações e as justificativas da pesquisa, sua estrutura e descreve os procedimentos metodológicos utilizados no estudo. Primeiramente é determinada a caracterização da área de estudo, delimitando-se o perímetro onde será feito o levantamento de dados, a definição dos procedimentos de análise, determinação de fontes de consulta e procedimentos de análise.

O Capítulo 2 consiste em uma revisão bibliográfica sobre a internet das coisas e as tecnologias que permitem a conexão do veículo e pneus com a rede, que compreende equipamentos de sensoriamento, rastreamento, estrutura de transmissão e recepção de dados utilizados no estudo de caso.

Como uma continuação da revisão bibliográfica, o Capítulo 3 tem como foco as práticas do setor com relação à gestão de frotas. Neste capítulo são apresentados indicadores de desempenho de frota aplicados e práticas de manutenção e controle utilizados e recomendados e o levantamento sobre seus ganhos.

No Capítulo 4 encontram-se as descrições do ciclo de vida de produto, o impacto da aplicação da manutenção e controle de consumo de combustível nas emissões gases de efeito estufa e poluentes, estabelecendo indicadores ambientais a partir de fatores de emissão.

O Capítulo 5 estabelece os indicadores ambientais e de desempenho de frotas, a partir de dados de monitoramento captados no estudo de caso. Com base na literatura, aplicam-se equações descritas nos capítulos anteriores aos dados coletados.

No Capítulo 6 são apresentadas as conclusões do estudo e as limitações encontradas no seu desenvolvimento, bem como recomendações para pesquisas futuras.

No final deste trabalho, o Capítulo 7 apresenta as referências bibliográficas utilizadas.

## 1.8. Metodologia

Inicialmente é necessária a definição da área de estudo para a realização do levantamento de informações de práticas e recomendações do setor de transporte de cargas rodoviário. Na Tabela 1 são descritas cada fase do levantamento de dados.

**Tabela 1 - Procedimento metodológico**

<b>Objetivos</b>	<b>Metodologia</b>
Caracterizar o sistema de transporte de cargas rodoviário.	Pesquisar em dados públicos sobre o transporte de cargas no Brasil.
Identificar os hábitos padrões ou específicos de empresas do setor; <ul style="list-style-type: none"> <li>– Revisar a bibliografia a respeito das práticas do setor;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Realizar revisão bibliográfica sobre gestão e manutenção de frotas</li> <li>– Buscar dados em pesquisas sobre o setor de transporte de cargas.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>– Levantar informações a respeito das práticas adotadas.</li> </ul>	
Estabelecer os indicadores de desempenho de frota adotados no mercado e recomendados no estado da arte.	Buscar no Estado da Arte os indicadores de frotas adotados no mercado e suas implicações.
Identificar através de pesquisa bibliográfica como a manutenção apropriada de veículos e pneus pode contribuir para a redução de emissão de gases de efeito estufa e poluentes.	Levantar quais são os ganhos em redução de impacto ambiental de práticas como controle de consumo de combustível e manutenção de pneus.
Descrever a aplicação da IoT em veículos e em pneus – estudo de caso.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Descrever como o estudo de caso se aplica no contexto desse trabalho;</li> <li>– Revisar bibliografia sobre o modo de funcionamento de todos os elementos do sistema de conexão do veículo e seus pneus.</li> </ul>
<p>A partir dos dados do estudo de caso, analisar qualitativamente em que aspectos a IoT aplicada ao veículo contribui para:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Redução de custos e ganhos para o mercado (empresa frotista) - aspecto econômico, identificando quais indicadores de desempenho de frotas podem ser obtidos e como eles são apresentados;</li> <li>– Otimização do ciclo de vida do produto - aspecto ambiental, através da disponibilização de parâmetros de monitoramento do veículo, como o consumo de combustível e carregamento, permitindo analisar globalmente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Selecionar indicadores e parâmetros de monitoramento pertinentes na utilização da IoT levando-se em consideração as limitações do estudo de caso apresentado, justificando-se a escolha;</li> <li>– Apresentar os dados obtidos no estudo de caso: Organizar em tabelas amostras dos dados coletados;</li> <li>– Selecionar fatores de emissão que permitam o cálculo da quantidade de gases e poluentes emitidos pelo veículo analisado através do estabelecimento de indicadores ambientais.</li> </ul>

<p>esses parâmetros em um período de tempo determinado;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Conhecimento sobre a pegada ambiental do veículo de uma frota.</li> </ul>	
<p>Demonstrar a aplicabilidade da IoT para o cálculo de indicadores de desempenho e ambientais</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Apresentar os resultados dos cálculos sobre a aplicação da IoT na logística sustentável</li> <li>– Conclusão da pesquisa</li> </ul>

Fonte: Autor (2019).



## 2

## Internet das Coisas (IoT) aplicada ao veículo conectado

### 2.1. Internet das coisas

A internet é a infraestrutura de interconexão de computadores, enquanto que a *World Wide Web*, ou apenas *Web*, é o repositório de informações do conhecimento humano. Apesar de possuírem conceitos diferentes, acabaram sendo confundidas e virando sinônimas ao longo dos anos (Carissimi, 2016).

A *Internet das Coisas* (*Internet of Things* - IoT) é o novo paradigma que está ganhando terreno rapidamente no cenário da telecomunicação sem fio moderno (Atzori et al., 2010).

A internet evoluiu passando de uma rede que interliga computadores para um repositório de documentos, posteriormente uma rede de interconexão de pessoas e mais recentemente de objeto (ou coisas). Uma forma de compreender o que é a Internet das Coisas é imaginar os diversos objetos da vida cotidiana gerando e consumindo informações da Web e, através disso, oferecendo serviços às pessoas (Macedo, 2016).

No início dos anos 2000, Kevin Ashton foi um dos pioneiros do conceito de Internet das Coisas, buscando em sua pesquisa conectar informações de RFID com a internet: se todos os objetos do dia a dia fossem equipados com um identificador e conexão wireless, esses objetos poderiam se comunicar entre eles e serem gerenciados por computadores (Lopez Research LLC, 2013).

“A tecnologia da informação de hoje é ainda tão dependente de dados originados por pessoas que nossos computadores sabem mais sobre ideias do que sobre coisas [...] se tivéssemos computadores que conhecessem tudo sobre as coisas – utilizando dados coletados sem a nossa ajuda – seríamos capazes de rastrear e contar tudo, e reduzir enormemente desperdício, perdas e custos. Saberíamos quando as coisas deveriam ser repostas, reparadas ou retiradas, e quando são novas ou ultrapassadas” (Ashton, 2009).

De um modo geral, IoT refere-se à interligação em rede de objetos do cotidiano, que são frequentemente equipados com inteligência a todo tempo. A IoT aumentará a presença da Internet, integrando todos os objetos para interação

através de sistemas embarcados, o que leva a uma rede altamente distribuída de dispositivos que se comunicam com seres humanos, bem como outros dispositivos (Xia et al., 2012).

A Internet das Coisas é baseada na visão de que a conexão de *objetos físicos* à internet possibilita o acesso remoto a dados de sensores e controle do mundo físico a distância. A combinação de dados capturados com dados coletados de outras fontes, como por exemplo dados da Web, dá origem a novos serviços sinérgicos que vão além dos serviços que podem ser fornecidos por um sistema embarcado isolado. Um *objeto inteligente*, que é um bloco de construção da internet das coisas, é apenas um nome para um sistema embarcado que está conectado à internet. Ao se atribuir mais inteligência às etiquetas de identificação, o objeto etiquetado se torna um *objeto inteligente*. A novidade da Internet das Coisas (IoT) não está em nenhuma nova tecnologia disruptiva, mas na implantação generalizada de *objetos inteligentes* (Kopetz, 2011).

Um microcontrolador, conectado a um objeto, podendo assim controlar e monitorar o estado desse objeto simples é considerado um *objeto inteligente* e para habilitar a IoT é preciso que ele possa prestar serviços a outras entidades e, para isso, haver conectividade (Ferreira, 2014).

No paradigma da Internet das Coisas, muitos objetos estarão na rede de uma forma ou outra. A identificação por radiofrequência (RFID) e as tecnologias de rede de sensores vão surgir para atender a esse novo desafio, no qual os sistemas de informação e comunicação estão invisivelmente embutidos no ambiente. Isso resulta na geração de uma enorme quantidade de dados que devem ser estocados, processados e apresentados de uma forma descomplicada, eficiente e facilmente interpretável. A computação em nuvem pode fornecer a infraestrutura virtual para essa computação utilitária, que integra dispositivos de monitoramento, dispositivos de armazenamento, ferramentas analíticas, plataformas de visualização e entrega a clientes. O modelo baseado em custo, que a computação em nuvem oferece, permitirá o provisionamento de serviços de ponta a ponta para empresas e usuários acessarem aplicativos sob demanda de qualquer lugar (Gubbi et al., 2013).

A conectividade inteligente com redes existentes e computação de contexto usando recursos de rede é uma parte indispensável da IoT. Com a crescente presença do WiFi e do acesso sem fio à Internet 4G-LTE, a evolução para redes de informação e comunicação onipresentes já é evidente. No entanto, para que a visão da Internet das Coisas surja com sucesso, o paradigma da computação

precisará ir além dos cenários tradicionais de computação móvel que usam smartphones e portáteis, e evoluir para conectar objetos existentes todos os dias e incorporar inteligência em nosso ambiente. Para que a tecnologia seja imperceptível ao usuário, a Internet das Coisas exige: (1) uma compreensão compartilhada da situação de seus usuários e seus aparelhos; (2) arquiteturas de software e redes de comunicação abrangentes para processar e transmitir a informação contextual para onde é relevante; e (3) as ferramentas de análise na Internet das Coisas que visam o comportamento autônomo e inteligente. Com esses três fundamentos, a conectividade inteligente e a computação com reconhecimento de contexto podem ser realizadas (Gubbi et al., 2013).

As cinco tecnologias IoT que são amplamente utilizadas para a implantação de produtos e serviços baseados em IoT bem-sucedidos são, de acordo com Lee e Lee (2015):

1. identificação por rádio frequência (RFID);
2. rede de sensores wireless (*Wireless Sensor Networks* - WSN);
3. middleware;
4. computação em nuvem; e
5. software aplicativo de IoT.

A tecnologia RFID, uma extensão dos códigos de barras ópticos que são encontrados em muitos produtos cotidianos, exige a conexão de uma etiqueta de identificação eletrônica de baixo custo a um produto, de modo que a identidade de um produto possa ser decodificada a partir de um produto a distância (Kopetz, 2011).

O progresso recente no campo dos sistemas micro eletromecânicos (*Micro-Electro-Mechanical Systems* - MEMS), microeletrônica de baixa potência, e comunicação de baixa potência, possibilitou o desenvolvimento de pequenos *objetos inteligentes* integrados, chamados nós sensores, que contêm um sensor, um microcontrolador e um controlador de comunicação wireless. Um nó sensor é capaz de captar sinais e medir propriedades do ambiente. Eles são alimentados por uma pequena bateria ou por energia captada de seu ambiente, têm capacidade computacional limitada, memória pequena e capacidade de comunicação restrita (Kopetz, 2011).

Para monitorar e observar um fenômeno, um número (de algumas dezenas a milhões) de nós sensores é utilizado, de forma sistemática ou aleatória, em um campo de sensor para formar uma rede auto organizada - uma rede de sensores sem fio, em inglês *Wireless Sensor Network* (WSN), que coleta dados os

transmite através de um canal de comunicação para uma ou mais estações base que podem ser conectadas à Internet (Kopetz, 2011).

Apesar da popularização dos objetos inteligentes, como por exemplo os *smartphones*, ainda há muitos desafios para que a Internet das Coisas seja empregada de forma mais consistente. Um dos desafios mais importantes diz respeito à heterogeneidade dos dispositivos e dos ambientes IoT, pois há a demanda de que objetos com diferentes capacidades de processamento, de hardware, de formas de comunicação e de sistemas operacionais se integrem e interoperem nesses ambientes. A maneira tradicional de tratar a heterogeneidade e a interoperabilidade é o emprego de padrões e protocolos abertos e *middlewares* (Macedo, 2016).

O *middleware* é uma camada de software ou um conjunto de subcamadas interpostas entre os níveis tecnológico e de aplicação. Sua característica de ocultar os detalhes de diferentes tecnologias é fundamental para isentar o programador de problemas que não são diretamente pertinentes ao seu foco, que é o desenvolvimento da aplicação específica habilitada pelas infraestruturas de IoT (Atzori et al., 2010). O *middleware* oferece um modelo de computação para ser usado pelos programadores, portanto para que dois nós de rede se comuniquem é preciso que estejam usando o mesmo *middleware* (Macedo, 2016).

Outro importante desafio para a IoT é a escalabilidade. As plataformas *middlewares* devem considerar a possibilidade de suportar uma quantidade massiva de dispositivos e dados. Essa necessidade de processamento e armazenamento é ainda desconhecida, por isso a computação em nuvem surge como uma opção, pois os recursos computacionais podem ser alocados e liberados por demanda (Macedo, 2016).

A computação em nuvem é um modelo para acesso sob demanda a um pool compartilhado de recursos configuráveis (por exemplo, computadores, redes, servidores, armazenamento, aplicativos, serviços, software) (Gubbi et al., 2013).

As cinco características essenciais da computação em nuvem são: (1) o autosserviço sob demanda, (2) acesso amplo à rede, (3) agrupamento e alocação de recursos entre inquilinos, (4) elasticidade rápida e (5) medição do serviço prestado. (Ferreira, 2014).

Muitos aplicativos IoT exigem armazenamento massivo de dados, grande velocidade de processamento para permitir a tomada de decisões em tempo real e redes de banda larga de alta velocidade para transmitir dados, áudio ou vídeo. A computação em nuvem fornece uma solução de back-end ideal para lidar com

enormes fluxos de dados e processá-los para o número sem precedentes de dispositivos de IoT e humanos em tempo real (Lee e Lee, 2015).

Com o aumento do volume de dados decorrente da quantidade de dispositivos conectados, alguns ambientes IoT, principalmente aqueles dedicados a sistemas de logística e marketing, já se preocupam com os aspectos típicos de *Big Data*, onde são necessários prover mecanismos que facilitem a consulta, indexação e a análise desses dados (Macedo, 2016).

A IoT facilita o desenvolvimento de inúmeros aplicativos orientados à indústria e aos usuários específicos. Enquanto os dispositivos e a rede fornecem a conectividade física, os aplicativos IoT permitem interação entre dispositivos e entre pessoas e dispositivos de uma maneira confiável e robusta. Os aplicativos de IoT nos dispositivos precisam garantir que os dados e mensagens tenham sido recebidos e executados adequadamente de maneira oportuna. Por exemplo, aplicativos de transporte e logística monitoram a situação do transporte de bens como frutas, produtos frescos, laticínios, carnes. Durante o transporte o estado de conservação (como temperatura e umidade), é monitorado constantemente, e ações apropriadas são tomadas automaticamente, para evitar deterioração quando a conexão está fora do alcance (Lee e Lee, 2015).

E quanto aos aplicativos dispositivo-dispositivo não necessariamente requerem visualização de dados, cada vez mais aplicativos IoT centrados em pessoas fornecem visualização para serem apresentadas ao usuário final de maneira intuitiva e de fácil entendimento para permitir interação com o ambiente. É importante para os aplicativos IoT serem construídos com inteligência, e então os dispositivos podem monitorar o ambiente, identificar problemas, comunicar-se uns com os outros, e potencialmente resolver problemas sem a necessidade de intervenção humana (Lee e Lee, 2015).

A Tabela 2 mostra a evolução projetada na área de tecnologias de base da IoT: rede, software e algoritmos, hardware e processamento de dados (Lee e Lee, 2015).

A maior força da ideia da IoT é o grande impacto no dia a dia e no comportamento dos potenciais usuários. Do ponto de vista de um usuário particular, o efeito mais óbvio da introdução da IoT seria visível tanto no campo profissional quanto no doméstico. Nesse contexto, a domótica, a assistência remota, o *e-health* e o *e-learning* são apenas alguns exemplos de cenários de aplicação no qual o novo paradigma exercerá um papel dominante no futuro próximo. De maneira similar, da perspectiva do usuário profissional, as consequências mais aparentes serão igualmente perceptíveis nos campos como

automação e fabricação industrial, logística, gestão de negócios e processos, transporte inteligente de pessoas e de bens (Atzori et al., 2010).

**Tabela 2- Evolução das tecnologias base da IoT**

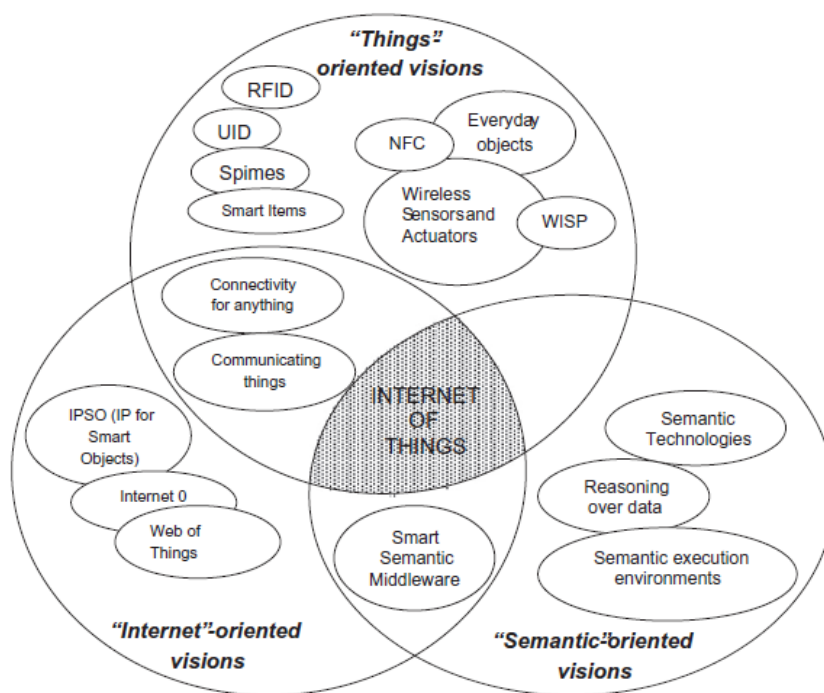
	Antes de 2010	2010-2015	2015-2020	Após 2020
Rede	- Rede de sensores	- Redes autônomas e organizadas - Transparência da localização da rede de sensores - Redes de estocagem e alimentação - Tecnologias de rede híbridas	- Conhecimento de contexto de rede	- Cognição de rede - Redes autônomas e auto reparadoras
Softwares e algoritmos	- Integração de base de dados relacionadas - RDBMS orientado a IoT - Plataformas baseadas em eventos - Sensor middleware - Rede de sensores middleware - Algoritmos de proximidade e localização	- Módulos de softwares de semântica abertos em larga escala - Algoritmos compostos - Próxima geração de softwares sociais baseado em IoT - Próxima geração de IoT para empresas	- Softwares orientados a metas - Inteligência distribuída e solução de problemas - Ambientes colaborativos a <i>Things to things</i>	- Softwares orientados ao usuário - A internet das coisas invisível - Softwares de IoT de fácil implementação - Colaboração <i>Things to Humans</i> - IoT para todos
Hardware	- Tags RFID e alguns sensores - Sensores em dispositivos móveis - NFC em celulares - Tecnologias MEMs menores e mais baratas	- Leitores com múltiplos protocolos e padrões - Mais sensores e atuadores - Tags seguras e a baixo custo	- Sensores smart (bioquímicos) - Mais sensores e atuadores (sensores pequenos)	- Nanotecnologia e novos materiais
Processamento de dados	- Processamento de dados em série - Processamento de dados em paralelo - Qualidade do serviço	- Auto aquisição de energia e frequência de processamento de dados - Contexto de processamento de dados adaptável	- Autoconhecimento de contexto de processamento de dados e resposta a dados	- Processamento e otimização cognitiva

Fonte: Adaptado de Sundmaeker et al. (2010), por Lee e Lee (2015).

Atzori et al. (2010) caracteriza o paradigma da Internet das Coisas como sendo o resultado da convergência de três principais visões (Figura 8): (a) a perspectiva orientada às “coisas”, que consiste basicamente nas “tags” de identificação, como o RFID, os *smart items*, que são sensores conectados e autônomos e outros; (b) a perspectiva orientada à “semântica” cuja ideia é de que o número de itens envolvidos na internet do futuro está destinado a ser extremamente alto e, portanto, questões relacionadas a como representar, estocar, conectar, pesquisar e organizar as informações geradas se tornarão

bastante desafiadoras; e (c) a perspectiva orientada à Internet, segundo a qual os padrões da Web são reutilizados para conectar e integrar-se aos objetos da vida cotidiana da Web que contêm um dispositivo ou computador embarcado.

Toda inovação disruptiva, a IoT apresenta inúmeros desafios para serem enfrentados pelas empresas. Gartner<sup>2</sup> em seu artigo “Gartner says the Internet of Things will transform the data center”, de 2014, sugere que devido à explosão de dados gerada pelas máquinas IoT, os data centers devem enfrentar problemas de segurança da privacidade da empresa, do consumidor, dos próprios dados, gestão de estocagem, tecnologias de servidor, e rede do data center (Lee e Lee, 2015).



**Figura 8 - Paradigma da "Internet das Coisas**

Fonte: Atzori et al. (2010).

Como a IoT é um desenvolvimento tão recente, ainda há uma escassez de estudos sobre os aspectos sociais, comportamentais, econômicos e gerenciais da IoT. Isso torna muito desafiador para as empresas tomarem decisões informadas em relação à adoção / implementação de IoT (Lee e Lee, 2015).

Segundo Macedo (2016), termos como telemetria, M2M (*Machine-to-Machine*) e WoT (*Web of things*) possuem semelhanças com o conceito de Internet das Coisas, mas tem suas nuances próprias.

<sup>2</sup> Gartner. (2014, March 19). Gartner says the Internet of Things will transform the data center. Retrieved from <http://www.gartner.com/newsroom/id/2684616>. Apud Lee e Lee, 2015.

O autor define telemetria como o processo automático de coleta de dados de sistemas, de locais remotos ou inacessíveis, através de sensores e seu posterior envio para um ponto central de análise e tomada de decisão e é utilizada para monitoramento, rastreamento e medição das grandezas de um sistema. Já a M2M é a tecnologia que permite dispositivos com capacidade de transmissão sem fio (*wireless*) ou com fio (*wired*) comunicarem entre si, independente da rede de interconexão e dos sistemas computacionais empregados, de forma a agregar valor a dispositivos embarcados, fazendo com que os dados que manipulam sejam integrados aos mais diversos sistemas de informação de uma empresa. Na Internet das Coisas, os objetos inteligentes são identificados de forma única por seus endereços de IP. Por outro lado, na Web das Coisas, os objetos são identificados de forma única, através de URLs, que fornecem nomes simbólicos aos objetos, isto é, não numéricos como IPs, auxiliam na localização na *Web*.

Segundo Caldas Filho et al. (2017), a funcionalidade disponibilizada pelo *middleware*, que contempla as ferramentas e os mecanismos que apoiam o funcionamento dos objetos inteligentes e da rede IoT como um todo, diferencia a IoT das demais redes de sensoriamento porque o conhecimento é gerado para ser utilizado pelos seus usuários.

Macaulay et al. (2015) apresentam, além desses, o conceito de Internet de Tudo (*Internet of Everything – IoE*) em que inclui não somente a conexão em rede de objetos físicos, como também a ligação entre pessoas, processos e dados. A IoT, segundo o autor, está mais comparável ao conceito de M2M, porém seu valor vai muito além da interconexão lógica ou física de objetos. A otimização da utilização de ativos para impulsionar uma maior eficiência operacional está no cerne do valor da IoT e os veículos estão entre os ativos mais maduros para melhorar a eficiência, especialmente em termos de tráfego e gerenciamento de frotas.

## **2.2.Descrição do veículo conectado**

No veículo conectado alvo do estudo de caso, são utilizados dados provenientes de telemetria e M2M que são analisados, manipulados e que podem ser disponibilizados na Web como ferramentas de gestão de frotas. Cedido pela empresa Michelin, que desenvolve pesquisas relacionadas à mobilidade, através desses dados são calculados os indicadores de desempenho de frotas.

Esses dados são resultados de um sistema de sensoriamento e conexão do veículo e de seus pneus com um servidor acessível on-line. Tal sistema é fruto de

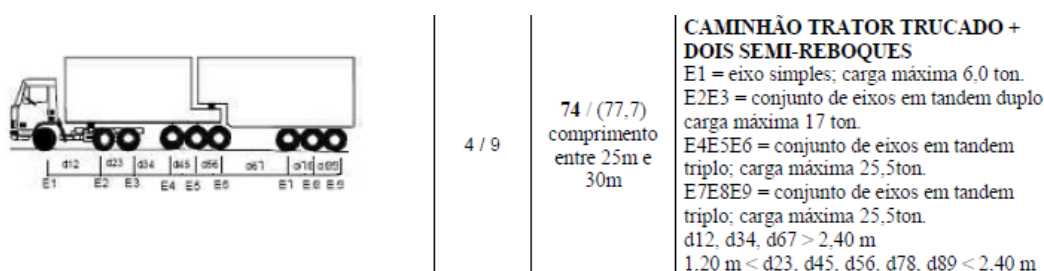


uma experimentação, inserida no contexto de um projeto que contempla a utilização da IoT no pneu, que consiste em dois veículos, equipados com tecnologias capazes de captar informações pertinentes ao projeto, conectando-os com a rede. São caminhões cujas configurações são conhecidas no mercado como Super Bitrens ou Bitrenção (Figura 9), formados por um cavalo mecânico com dois semirreboques acoplados, que constituem um veículo de 9 eixos, cujo limite de carga segundo DNIT (2012) é de 74 toneladas e o comprimento limitado entre 25 e 30 metros (Figura 10).



**Figura 9 - Imagem de um Super Bitren**

Fonte: Biasi Tanques (2017).



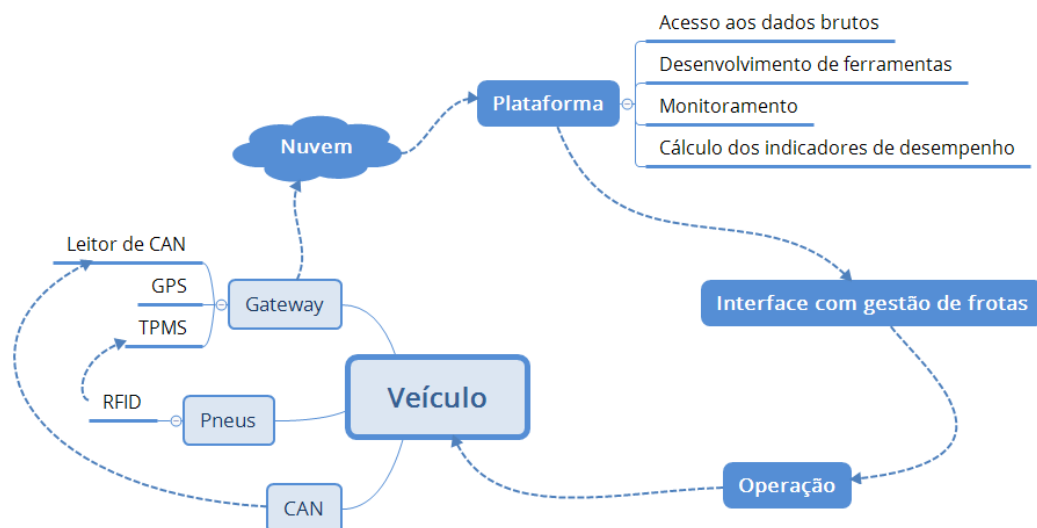
**Figura 10 - Limites legais de carga e dimensão de um Super Bitren**

Fonte: DNIT (2012).

Com exceção da aplicação do RFID no processo de fabricação do pneu, todos os elementos desse sistema, desde sensores até os receptores, bem como a parte de telemetria e as ferramentas de pós processamento, podem ser encontrados no mercado. O acesso aos dados enviados ao servidor se dá através

de uma plataforma, que permite a partir deles o desenvolvimento de análises e ferramentas.

O esquema descritivo do sistema de conexão veicular (Figura 11) permite a visualização de como a IoT pode ser aplicada. Para que a versão esquemática desse sistema seja compreendida, seus elementos devem ser igualmente descritos.



**Figura 11 - Sistema descritivo de conexão veicular**

Fonte: Autor (2019).

As relações entre os elementos são representadas pelas linhas: As cheias representam conexões diretas, através de instalações sejam eletrônicas, mecânicas e até mesmo realizadas no processo de fabricação do elemento, como é o caso do RFID instalado no pneu. As linhas tracejadas, por outro lado, representam as conexões indiretas, via rede, acesso virtual ou intervenção operacional.

O veículo, como elemento central do esquema, é o objeto cujos atributos são o foco dos cálculos de indicadores de desempenho, portanto é o alvo da instrumentação e das análises. Nele encontram-se os elementos independentes “Pneus”, “Gateway” e “CAN”, que são interligados através de tecnologias como o “RFID”, o “TPMS” e o “Leitor de CAN”. Além desses elementos, o “GPS” contribui, finalmente para compor o esquema de captação de dados relativos ao veículo.

### 2.3.RFID e TPMS: Conexão das informações sobre o pneu ao veículo

O pneu é o único ponto de contato entre o veículo e o solo. Dentre as missões que os pneus devem cumprir estão: Suportar o peso do veículo estaticamente e resistir às sobrecargas dinâmicas produzidas em acelerações e

frenagens; transmitir potência útil do motor, os esforços em curva, em aceleração e em frenagem; rodar regularmente, de forma segura e perene; amortecer as irregularidades da estrada, assegurando conforto ao motorista e passageiros, bem como mais duração mecânica do veículo; durar, mantendo o melhor nível de performances durante sua vida útil. (Michelin, 2018b).

A pressão do pneu exerce uma forte influência na segurança e na economia do veículo. Se incorreta, causa desgaste irregular (Figura 12): abaixo da pressão recomendada causa desgaste na borda, proporciona risco de dano estrutural no pneu, provoca aumento na distância de frenagem. Acima da pressão recomendada causa desgaste no centro do pneu. A profundidade do sulco influencia diretamente no contato do veículo com o solo, afetando a distância de frenagem em solo molhado (Pirelli, 2018).



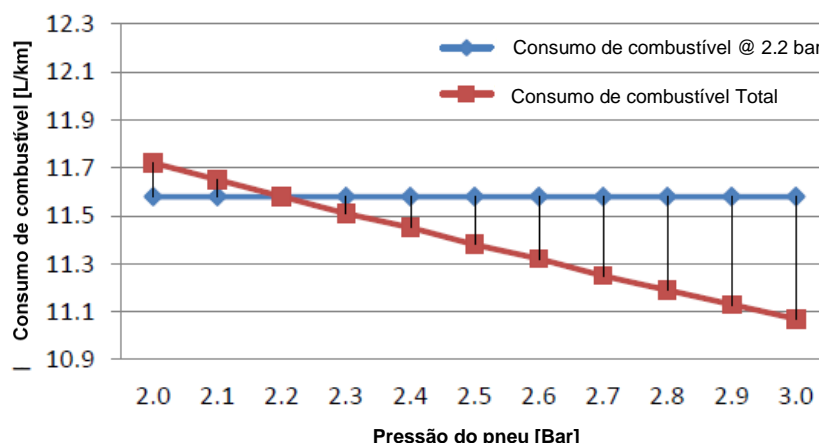
**Figura 12 - Influência da pressão no pneu**

Fonte: Pirelli (2018).

Dirigir um veículo com pressão baixa em seus pneus provoca uma deformação com recolhimento da parte central da banda, então somente sua parte externa transmite bem os esforços para a área de contato. Como consequência, há um grande acréscimo na temperatura do pneu, há risco de danificar sua estrutura, o que reduz seu tempo de vida e o veículo perde em distância de frenagem. Ao se dirigir com uma pressão muito elevada, por outro lado, a área de contato se dá apenas no centro, o que resulta em desgaste irregular, a redução do tempo de vida e o conforto na direção. Na pressão correta, o pneu acomoda toda sua largura no solo. A banda se desgasta uniformemente, o que se traduz em uma grande durabilidade do pneu e potencialmente longas distâncias percorridas em quilômetros. Além disso, o veículo obtém a distância de frenagem mínima e estabilidade em curvas (Caban et al., 2014).

A partir de simulação em modelo veículo, Varghese (2013) confirmou que o consumo de combustível reduz com o aumento da pressão do pneu. Fazendo variar a pressão de 2 a 3bar, sendo 2,2 a pressão nominal do pneu, o autor observou uma redução em consumo de combustível de 5,2%, assumindo que o

raio do pneu quando carregado aumenta em até 16mm entre os dois limites de pressão (Figura 13).



**Figura 13 – Influência da pressão no consumo de combustível.**

Fonte: Varghese (2013).

O autor ressalta, contudo, que o aumento da pressão para a redução de consumo de combustível se dá às custas da redução da qualidade de condução, motricidade do pneu, e o aumento do desgaste irregular. Desta forma, nas últimas décadas os fabricantes de pneu vêm aumentando constantemente a pressão de operação dos pneus para reduzir a resistência ao rolamento enquanto melhoram simultaneamente o desempenho do pneu e conforto de direção.

No que se refere ao comportamento do veículo, Varghese (2013) constatou que a capacidade de realização de curvas não foi afetada significativamente quando a pressão do pneu aumentou com relação à pressão recomendada, em médias ou baixas velocidades em solo seco. Contudo em altas velocidades e em solo molhado, observou-se uma diferença relevante no raio de curvatura.

Muitos condutores não conseguem manter e monitorar as pressões dos pneus. A cada mês a pressão pode cair em mais de um PSI. Pneus submetidos à baixa pressão causam o aumento da área de contato com o solo, resultando uma maior fricção entre o solo e o pneu. Isso reduz significativamente a vida do pneu e a economia de combustível (Sharmila, 2016). O controle e a medição da pressão é, nesse contexto, importante fator que contribui para redução de custos e impactos no meio ambiente.

As abordagens para solucionar a medição da pressão do pneu podem ser divididas pelo modo de medição ou detecção da pressão, chamado direto ou indireto. Medir diretamente a pressão do pneu envolve instalação de sensores em contato com o ar do pneu, enquanto que o modo indireto utiliza basicamente dados

de sensoriamento do veículo para inferir nas condições do pneu, no entanto, sem realmente ter que medir a pressão (Ersanilli, 2015).

O TPMS indireto determina a mudança relativa de dois pneus ao utilizar o ABS (*Anti-lock Bracking System*), contudo não funciona corretamente em caso de mudança de sincronização de mais de dois pneus ou velocidades acima de 100km/h. O TPMS direto detecta pressão e temperatura utilizando módulos equipados em cada pneu, monitora e apresenta os dois parâmetros (Zhang et al., 2011).

O sistema de medição direta usa sensores de pressão alimentados por bateria dentro de cada pneu para medir pressão. O módulo do sensor comunica seus dados via um transmissor em rádio frequência (RF), pois a conexão a fio entre um pneu em rotação e a unidade eletrônica de controle do veículo é difícil de ser implementada (Sharmila, 2016).

Um sistema de monitoramento das condições do pneu (TCMS - *Tyre Condition Monitoring System*), também conhecido como sistema de monitoramento da pressão do pneu (TPMS – *Tyre Pressure Monitoring System*) é normalmente instalado no interior da cavidade do pneu, mas também pode ser projetado para ser instalado na tampa da haste da válvula do pneu

Quando instalado principalmente para o monitoramento da pressão do pneu, o TCMS é um equipamento eletrônico pelo qual as condições do pneu, tais como a pressão, a temperatura interna do ar, condições de tensão e deformação das napas, carga normal, força de tração, aceleração, desgaste etc. são medidos e transmitidos para notificar o condutor do veículo sobre os valores das grandezas medidas, como o estado do pneu, alertando o motorista quanto a condições inseguras nos valores medidos, como por exemplo medidas de pressão baixa (Kubba e Jiang, 2014).

Flatscher et al. (2009) descrevem um sistema similar ao utilizado na experimentação. Segundo os autores, o estado da arte de um sistema de monitoramento de pressão (TPMS) são nós sensores sem fio montados na roda do pneu. Acoplando-se o nó sensor na parte interna da roda, permite o sensoriamento de parâmetros técnicos adicionais, como as condições das estradas, desgaste, temperatura, atrito, deslizamento lateral, velocidade da roda e carga do veículo.

O peso máximo de um sensor desses é limitado a 5 gramas incluindo o pacote, bateria e antena. É necessário que seja robusto em relação a níveis de aceleração extremos, de até 3000g ( $g = 9,8m/s^2$ ). O tamanho do nó sensor é limitado a 1cm<sup>3</sup> para evitar elevados gradientes de força devido à deformação do

equipamento e, finalmente, 10 anos de capacidade de bateria devem ser atendidos (Flatscher et al., 2009).

Um TPMS geralmente requer um sistema de distribuição que inclui um módulo remoto de sensoriamento e um módulo receptor. O módulo sensor é instalado nas rodas de cada pneu para monitorar em tempo real a pressão do ar e o módulo receptor transmite a informação sem cabos para a unidade no painel do motorista. O valor de pressão obtido do sensor de pressão é analógico. Ao usar um conversor de analógico para digital, os sinais são convertidos da forma analógica para digital e então o resultado obtido é comunicado ao serial UART – (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) e transmitido através do transmissor de RF e então recebido através de um receptor RF e transmitido no painel (Sharmila, 2016).

Nesta pesquisa, o sistema desenvolvido na experimentação que está sendo apresentada compreende um receptor em cada parte do veículo incluindo os implementos, ou seja, o cavalo mecânico e os dois reboques, que é conectado via cabo ao Gateway, elemento instalado no painel, agregador de todas as informações captadas do veículo e que envia os dados à rede internet. Todos os pneus possuem um sensor de pressão instalado em suas rodas.

Os pneus utilizados na experimentação possuem etiquetas RFID (radio frequency identification), que foram introduzidas durante seus processos de fabricação, para possibilitar suas identificações de forma digital.

Nos últimos anos, os processos de identificação automática (auto-ID) têm se tornado populares em muitos serviços industriais, na logística de vendas e distribuição, na indústria, nas empresas de manufatura e em sistemas de fluxo de materiais. A identificação automática existe para prover informação sobre pessoas, animais, bens e produtos em trânsito (Finkenzeller, 2010).

Criada como uma das soluções à inadequação do código de barras a um crescente número de casos, apesar de altamente utilizado e de ter revolucionado sistemas de identificação há muitos anos atrás, devido à sua limitada capacidade de armazenamento e por não ser reprogramável, a tecnologia RFID é um sistema de identificação sem contato, que é assim chamada devido aos procedimentos utilizados para transferência de energia e de dados, via rádio frequência (Finkenzeller, 2010).

Uma tag RFID consiste basicamente de um circuito integrado com memória, que essencialmente é um chip microprocessador. Ele pode ser ativo (com baterias) ou passivo (sem baterias). A tag possui uma identificação (ID) que pode ser transmitida para um leitor que pode operar na mesma frequência sob o mesmo

protocolo. As antenas conduzem a comunicação de dados entre a tag e o leitor. Uma antena RFID tem alcance de leitura aos seus lados e a sua frente. Seu design e local de instalação possuem um papel importante na determinação da área de cobertura, alcance e acurácia da comunicação da tag, pois a antena capta a energia do sinal do leitor para alimentar a tag e envia os dados que são recebidos do leitor (Ngai et al., 2007).

Em sistemas RFID, os dados são registrados em um dispositivo eletrônico, o transponder. A sua alimentação e a transferência dos dados para o leitor acontecem sem o uso de contato galvânico, ao invés disso, através de campos magnéticos ou eletromagnéticos. A abreviação RFID, por sua vez, significa identificação por radiofrequência (Finkenzeller, 2010).

Os sistemas RFID podem ser usados para monitorar objetos em tempo real, sem a necessidade de estarem à vista. Isso permite mapear o mundo real no mundo virtual (Atzori et al., 2010).

Um leitor de RFID é um equipamento que é capaz de ler e escrever dados em tags RFID compatíveis. A comunicação entre a tag e o leitor permite a alocação de informação de um item a ser gravado e transferido para um servidor em uma rede de computadores, permitindo com isso o movimento do item a ser monitorado. Para garantir a compatibilidade da comunicação, ambos devem trabalhar em uma mesma frequência específica e cumprir com regulamentos e protocolos específicos. Quatro tipos de leitores são encontrados: manual, montado no veículo, pós-montado e híbrido (Ngai et al., 2007).

Gomes e Pastana (2011) propõem um sistema de utilização de RFID para a identificação de pneus em seu uso corriqueiro em veículos de carga. Segundo os autores, as informações são transmitidas eletronicamente do início ao fim do processo, diminuindo a quantidade de intervenções humanas e por consequência a quantidade de erros na aquisição de dados. O RFID contém apenas um número eletrônico exclusivo para cada pneu que permite exatidão em sua localização, identificação, utilizado também para identificação do veículo e locais de estocagem de pneus, eliminando a necessidade de identificação dos pneus com “marca-fogo”, cujo propósito, segundo VITO (2006), é identificar os pneus a serem utilizados nos equipamentos (veículos e semi-reboques) da organização com uma numeração seqüencial.

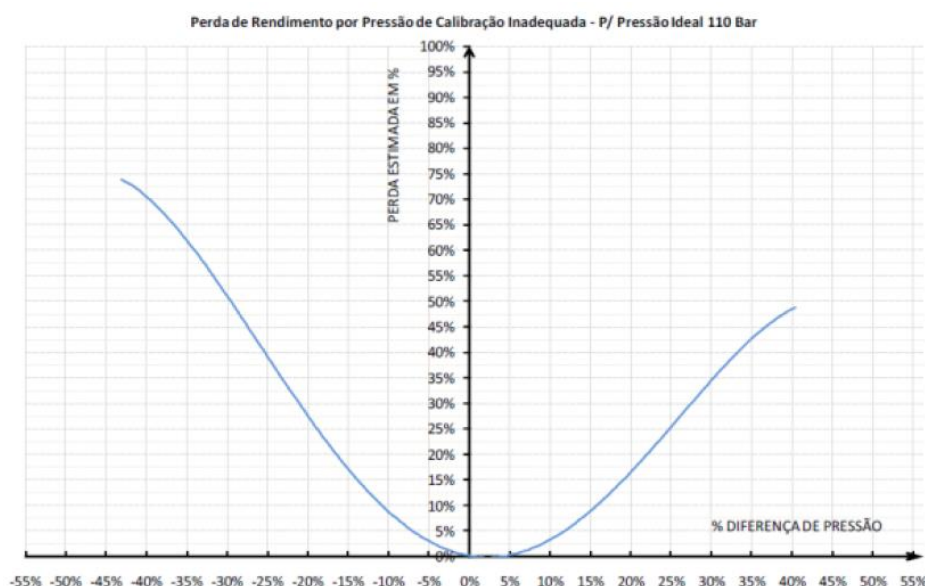
Nesse sistema, os dados de pressão de calibração e os sulcos dos pneus são coletados através de um dispositivo eletrônico que se comunica diretamente com o coletor de dados, o qual indica o momento e local da medição (Gomes et Pastana, 2011).

A análise dos dados pode evidenciar a necessidade de troca de pneus, de envio de pneus para recapagem e de serviços de manutenção, gerando um histórico de dados que indica as principais perdas por manutenção inadequada de pressão e determinando as melhores estratégias para a gestão de pneus (Gomes et Pastana, 2011).

Segundo Gomes e Pastana (2011), as possíveis determinações obtidas do processamento desses dados são:

- Melhor produto de uma determinada marca ou banda de pneu para uma aplicação, através do cruzamento de dados históricos de utilização do veículo e localização e desgaste dos pneus;
- Uso inadequado dos pneus devido a desalinhamento do veículo, danos acidentais, através da verificação no tempo de desgaste não uniformes, quedas não esperadas de pressão, atuando na manutenção preditiva;
- Utilização inadequada de veículo por motorista, através do cruzamento de dados entre veículos, motoristas e pneu;
- Estoques inadequados, através do cruzamento de dados entre histórico de níveis de estoque e utilização de pneus.

A quantidade de perdas por manutenção inadequada de pressão, o sistema utiliza a representação gráfica da relação entre o percentual de perda de rendimento por pressão e o percentual de diferença de pressão (Figura 14).



**Figura 14 - Rendimento em pneus em função de pressões.**

Fonte: Revista Pirelli Truck Club<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Pirelli, Revista Pirelli Truck Club – Seção Calcule Perdas (<http://www.revistapirellclubtruck.com.br/>). Acessado em 20/02/2011 apud Gomes et Pastana, 2011.



Quando o pneu é levado ao descarte prematuro, calcula-se a perda real em ativos pela diferença entre sua vida útil estimada em quilômetros e sua vida real utilizada (Gomes et Pastana, 2011).

O uso do RFID no sistema construído para a experimentação facilita a captação de dados de desgaste que é feita através de uma ferramenta que possui um leitor de RFID e é capaz de medir a profundidade de escultura e pressão dos pneus de maneira digital e enviar os dados à nuvem. A informação ID contida nele é também associada aos sensores de pressão, portanto ligada ao TPMS.

## **2.4.Localização GPS**

A captação de dados de localização GPS através de uma antena externa ao veículo permite a aquisição das coordenadas de posicionamento do veículo, fornecendo as informações necessárias para o monitoramento do trânsito e captação de informações como distância percorrida, tempo de viagem, velocidade do veículo, acelerações, localização da garagem e pontos de entrega e carregamento.

## **2.5.CAN: Sistema de comunicação de bordo do veículo**

O *Controller Area Network* (CAN) teve seu desenvolvimento iniciado em 1983, na empresa BOSCH, para a obtenção de uma solução interna para automóveis e foi anunciado oficialmente em 1986 pela empresa. Inicialmente era utilizado em unidades de controle eletrônico nos carros produzidos pela Mercedes e em 1987 surgiram os primeiros circuitos integrados para CAN, fabricados pela Intel e pela Philips (Maurici, 2005).

Salunkhe et al. (2016) definem o *Controller Area Network* (CAN) como um sistema de barramento serial, com um protocolo baseado em mensagens. Segundo Weber (2012), os barramentos são os caminhos físicos pelos quais dados são transferidos, permitindo seu transporte entre vários elementos de um computador.

Innodisk Corporation (2017) define o CAN como sendo um protocolo automotivo baseado em mensagem que permite que microcontroladores se comuniquem sem a necessidade de um computador host, conectado a uma rede. Os microcontroladores também são denominados *Electronic Control Units* (ECU) ou nós, que são conectados ao CAN através de um único fio torcido. Todos os sinais enviados de um nó alcançam todos os outros nós, onde identificadores contidos nas mensagens especificam os receptores.

O CAN, segundo Guimarães e Saraiva (2013), é um protocolo de comunicação serial síncrono, no qual o sincronismo entre dois módulos conectados à rede é feito em relação ao início de cada mensagem lançada ao barramento, evento que ocorre em intervalos de tempo conhecidos e regulares.

O trânsito de informação é facilitado pela pequena distância entre os circuitos dentro de um mesmo dispositivo. Os barramentos de dados e trilhas em circuito impresso são meios suficientes para garantir integridade e confiabilidade das informações que transitam, contudo os dados passaram a sofrer fortes interferências de fontes externas, devido à crescente necessidade de interligação com dispositivos eletrônicos, o que levou ao desenvolvimento dos protocolos de comunicação (Ishihara, 2006).

Falbriard<sup>4</sup> em seu livro “Protocolos e aplicações em redes de computadores”, de 2002, afirma que os protocolos de comunicação definem conjuntos de regras que coordenam e asseguram o transporte de informações úteis entre dois ou mais dispositivos e, com isso, estabelecem regras e métodos de funcionamento, negociando como as informações devem trafegar, tratam de quais sinais devem ser enviados, como fazer o endereçamento de mensagens, quando ocorrer o envio de mensagens, quais mensagens a serem enviadas e como estabelecer uma conexão (Ishihara, 2006).

A maioria dos sistemas embarcados contém mais de uma interface, ou um protocolo, para comunicação interna ou externa. Essa comunicação pode ser classificada como paralela, em que a informação se dá em bits por múltiplos fios, normalmente para a comunicação entre unidades/dispositivos do mesmo sistema embarcado; ou serial, em que há apenas um fio para troca de dados e a informação é transmitida em bits por unidade de tempo, permitindo altas taxas de transmissão para longas distâncias; também como síncrona, em que há um sinal para sincronizar a transmissão do dado; ou assíncrona, em que não há sinal de sincronização (Florencio, 2016).

O CAN trabalha baseado no conceito *multi-mestre*, em que todos os módulos podem se tornar mestre em determinado momento e escravo em outro. Suas mensagens são enviadas em regime *multicast*, caracterizado pelo envio de toda e qualquer mensagem para todos os módulos existentes na rede. Todos os módulos verificam o estado do barramento, enviando ou deixando de enviar segundo prioridade das mensagens, segundo o conceito CSMA/CD com NDA

---

<sup>4</sup> Falbriard, C. Protocolos e aplicações em redes de computadores. Primeira edição. São Paulo. Erica LTDA, 2002, apud Ishihara (2006).

(*Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection with Non Destructive Arbitration*) (Guimarães e Saraiva, 2013).

Uma rede CAN pode ligar diversos dispositivos. No nível físico, o link serial mais usado é composto por dois fios e o sinal é capaz de operar até 1 Mbps, tendo restrições da velocidade em função da distância entre os nós. Cada nó ligado ao link serial é capaz de ouvir a outros nós simultaneamente, porém a escrita é uma operação permitida apenas para um dispositivo por vez (Maurici, 2005).

Segundo Florencio (2016), o protocolo CAN define cinco tipos de mensagens: o quadro de dados, que transmite dados normais do sistema; o quadro remoto, que transmite solicitações de verificação do sistema; o quadro de erro, que indica falha no dispositivo escravo na resposta; o quadro de sobrecarga, que indica um congestionamento do dispositivo; e o quadro de espaço entre frames, que, segundo Maurici (2005), é utilizado para separar quadro de dados ou requisição dos demais tipos de dados.

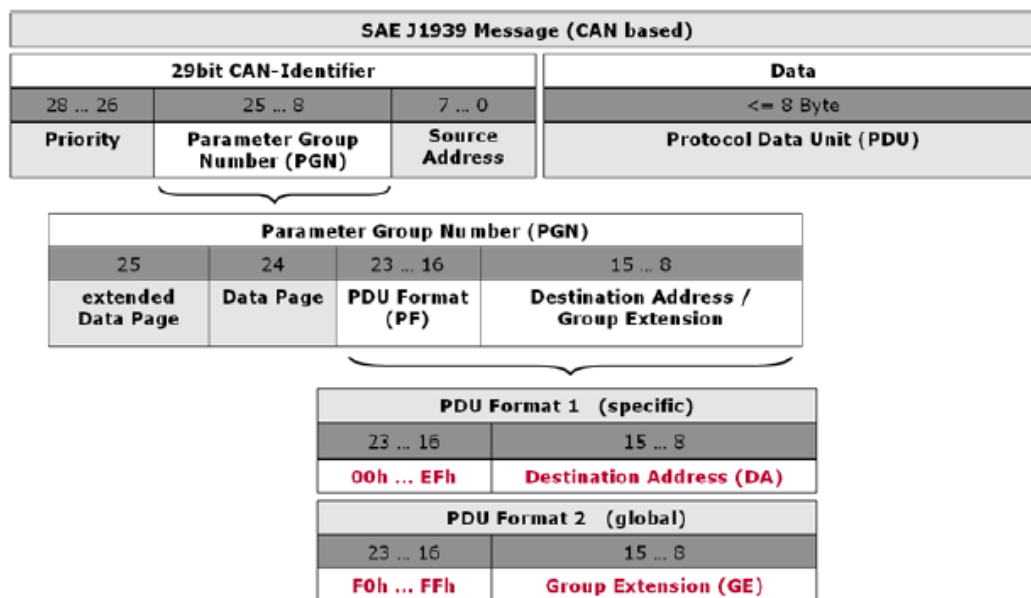
Há, segundo Innodisk Corporation (2017), duas especificações de CAN existentes: a CAN 2.0A, que possui um identificador de 11 bits e a CAN 2.0B, cujo identificador possui 29 bits.

Responsável pela criação do CAN, o setor automobilístico possui inúmeras aplicações para este protocolo. A criação da rede de sensores internos do veículo ajuda a melhorar o funcionamento de determinados atuadores como, por exemplo, o sistema de freios ABS. Através de informações sobre o funcionamento global de sensores/atuadores o atuador pode ser utilizado mediante uma estratégia mais adequada de funcionamento. A rede CAN também é utilizada para a comunicação entre vidros elétricos, acionamento de abertura de portas e outras funcionalidades. Os sistemas de diagnóstico de componentes também são implementados utilizando CAN (Maurici, 2005).

Um sistema de comunicação interna de um veículo difere-se em muitas formas de um sistema de rede padrão. O J1939 é um sistema padrão veicular que é baseado no protocolo CAN automotivo para diagnóstico, comunicação em carros, caminhões e outros veículos pesados. Esse conjunto de protocolos descreve a rede interna veicular que vai desde a arquitetura do sistema físico até a comunicação com o software com o qual o usuário interage. (Innodisk Corporation, 2017).

O protocolo J1939, fundado nos Estados Unidos e definido pela *Society of Automotive Engineers* (SAE), serve acima de tudo para preservar perspectiva uniforme e a condução uniforme da maior parte dos componentes dos mais diversos tipos de veículo e marcas (Fellmeth e Loffler, 2008).

O J1939 expande o protocolo CAN bus, estabilizando o padrão para camadas de maior nível na rede de comunicação. O sistema permite mais de 30 nós ou unidades de controle eletrônico (ECU). A mensagem J1939 pode ser enviada para uma ECU ou para todas, dependendo do seu formato (Figura 15) (Innodisk Corporation, 2017).



**Figura 15 - Formato da mensagem J1939**

Fonte: Fellmeth e Loffler (2008).

Os parâmetros que são possíveis de ser captados através desse protocolo são diversos e dependem dos sensores instalados no veículo pelo fabricante. Em resumo, podem ser citadas as aquisições das seguintes informações a partir do protocolo J1939, segundo SAE (2004):

- Temperatura, pressão e nível do óleo do motor e da transmissão;
- Posição do pedal de aceleração, freios e embreagem;
- Pressão dos pneus e velocidade de rotação das rodas;
- Velocidade e posição do veículo;
- Temperatura dos eixos e do solo;
- Nível e consumo de combustível;
- Tempo total de viagem e de operação do motor.

Inúmeras são as aplicações desse protocolo. A Innodisk Corporation (2017) cita dentre elas:

- Rede interna de veículos pesados;
- Conexão do caminhão com o trailer;
- Sistemas de gerenciamento de frotas;

- Veículos recreacionais;
- Sistema de navegação;
- Sistemas estacionários usando componentes de veículos.

Combinado com dados de GPS, Suvinen e Saarilahti (2006) propõem a medição de parâmetros de mobilidade a partir de dados de CAN para a determinação da força de resistência total do veículo e patinação das rodas em diferentes condições de terreno para veículos de uso off-road. Nesse estudo, as informações coletadas através do CAN do veículo foram entre outras a pressão do circuito hidráulico, torque do eixo trativo, potência e velocidade de rotação do motor.

Motivados pelo índice de acidentes devido às distrações do condutor ao volante relacionadas ao uso do celular, bem como o aumento do número e da complexidade de informações e sistemas de entretenimento nos veículos, Choi et al. (2007) citam como alternativa para o problema o desenvolvimento de *Sistemas de Veículos Inteligentes* e propõem uma modelagem da forma de condução do motorista, ou *Driver Behaviour*, para detectar distrações do condutor através de dados do CAN, como o ângulo de esterçamento, estado do freio, estado da aceleração e velocidade do veículo. Além de classificar as ações na direção, o modelo proposto pelos autores permite a identificação do condutor a partir da sua forma de condução e detecta possíveis distrações no percurso.

## **2.6. Gateway: A caixa preta receptora e transmissora de dados**

Um dispositivo IoT pode ser extremamente simples devido a seu custo, ou por restrições como consumo de energia e, portanto, sua capacidade de processamento e comunicação é limitada apenas “sentir” o meio e enviar a informação para um sistema externo, que é denominado *gateway*. Portanto, o *gateway* é responsável por receber informações dos dispositivos IoT e integrá-las numa infraestrutura maior, seja de rede de interconexão, ou de processamento repassando informações obtidas no mundo real para o mundo virtual. O *gateway* é comumente chamado de sistema embarcado (Carissimi, 2016). No estudo de caso desta pesquisa, o *Gateway* conecta todos os elementos descritos à rede através de rede 3G.

Em uma rede de computadores o *gateway* ou “porta de entrada”, é um computador intermediário ou um dispositivo dedicado, responsável por fornecer serviços, cujas principais funcionalidades são a interligação entre duas redes que

possuem protocolos diferentes, o compartilhamento de conexão internet, roteadores, *proxy* etc. (Rios, 2012).

O gateway semântico descrito por Caldas Filho et al. (2017) é composto pelo Módulo dos Manipuladores de Canais, Módulo Coordenador do *Gateway* e Módulos de Manipuladores de *Middleware*.

O Módulo dos Manipuladores de Canais (MMC) contém os manipuladores de cada canal de comunicação suportados pelo *gateway* com objetos que utilizam esse canal. Cada manipulador de canal é responsável por definir suas próprias formas de ler o conteúdo da mensagem e identificar o cliente (Caldas Filho et al., 2017).

O Módulo Coordenador de *Gateway* (MCG) é responsável por realizar a integração entre os canais de manipulação e os diferentes *middlewares*. Para isso, faz operações como tradução de formato, o controle da situação dos objetos e o controle de *buffer*. Com base na comunicação recebida do manipulador de protocolo, esse componente analisa a mensagem, identificando os serviços especificados pelo dispositivo remetente e preparando a mensagem para o Manipulador de *Middleware* (Caldas Filho et al., 2017).

No Módulo de Manipuladores *Middleware* (M3) há um conjunto de interfaces para *middlewares* IoT que podem ser integrados para se comunicarem com objetos. Dessa forma, o gateway pode conectar seus objetos a outras plataformas IoT existentes, facilitando o envio de dados desses objetos ao *middleware* (Caldas Filho et al., 2017).

## 2.7. Conclusão do Capítulo 2

O sistema descrito neste capítulo permite a conexão do veículo e seus componentes à Web, caracterizando com isso não somente um sistema de telemetria e M2M, como a própria *Internet das Coisas* aplicada ao transporte de cargas rodoviário.

Através dos parâmetros disponibilizados pelo sistema em conjunto com informações disponíveis na própria Web, é possível a realização de análises de desempenho dos componentes, criação de serviços ao usuário, aspecto chave no paradigma da *Internet das Coisas*.

O próximo capítulo aborda práticas do setor de transporte de cargas e aplicação de indicadores de desempenho encontrados na literatura, cujo cálculo é possível de ser obtido através de dados captados a partir da *Internet das Coisas*.

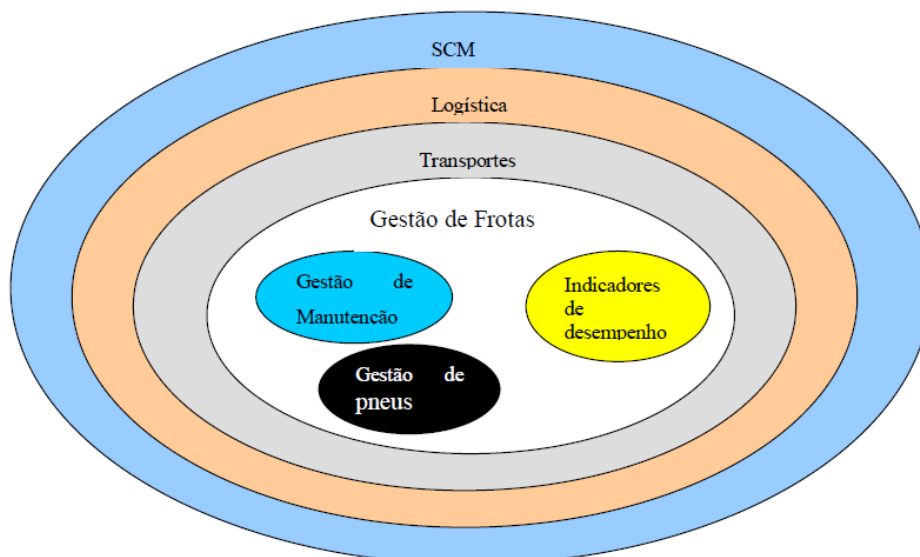
### 3

## Indicadores de desempenho de frotas

A gestão de manutenção, a gestão de pneus e os indicadores de desempenho, temas explorados por Dario (2012a) em sua pesquisa, estão inseridos num contexto definido pelos conceitos de transportes, logística e *Supply Chain Management* (SCM – Gestão da Cadeia de Suprimentos), como mostra a Figura 16. Segundo o autor, o transporte de cargas pelo sistema rodoviário está inserido dentro da logística, que, por sua vez, exerce a função de gerir as atividades de transporte e armazenagens no início, no meio e no final da cadeia de suprimentos, buscando eficiência no sistema de operação e gestão de frotas. A logística está inserida dentro da SCM, que, segundo Rodrigues e Pires (1997), é rotulado como uma visão expandida, atualizada e holística da antiga gestão de materiais, abrangendo a gestão de toda cadeia produtiva de uma forma integrada, permitindo às empresas definir suas estratégias competitivas e funcionais através de seus posicionamentos, segundo seus clientes e fornecedores de forma estratégica, dentro da cadeia produtiva nas quais se inserem.

Dentre os gastos de uma empresa de transporte de cargas, a que Dario (2012a) refere-se como prestador de serviço logístico (PSL), há três custos operacionais mais expressivos: a manutenção dos veículos, os pneus e o combustível.

Segundo Dario (2012b) a interferência de cada um desses custos está diretamente relacionada ao modo de condução do motorista e as características das operações. Sendo assim, quanto mais o veículo for conduzido de forma adequada e as operações de manutenção forem feitas de forma eficaz, menor será o custo operacional. Por isso, as práticas de gestão de manutenção e gestão de pneus representam investimentos valiosos e sua falta pode acarretar elevados custos devido a: a) consumo excessivo de peças e pneus, b) excesso de mão de obra na oficina, c) maior tempo do veículo parado, d) diminuição da vida útil de veículos e pneus, e) aumento dos custos, f) diminuição das receitas e g) perda de clientes.



**Figura 16 - Logística, transporte e gestão de frotas dentro da SCM**

Fonte: Dario (2012a).

### 3.1. Gestão de frotas

Frota é o agrupamento de veículos próprios sob o comando de um setor. Esse termo pode ser utilizado para designar a totalidade dos navios de uma marinha ou outros tipos de veículos. (Santos et al., 2012).

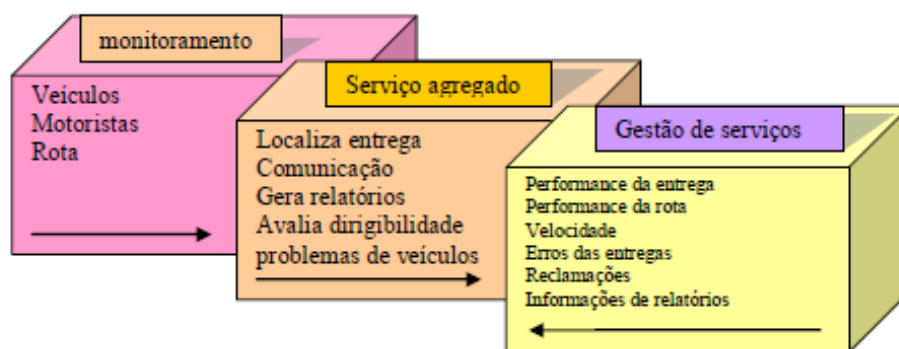
A gestão de frotas, segundo Valente et al. (2008), representa a atividade de controle de um conjunto de veículos pertencentes a uma mesma empresa. Segundo o autor, tem-se uma visão abrangente que envolve diferentes serviços, como o dimensionamento da frota, a previsão e controle dos custos operacionais, o planejamento da manutenção, a acomodação da carga e as inovações tecnológicas.

Segundo Dario (2012a), uma boa gestão de frotas precisa utilizar determinados métodos, técnicas e ferramentas e de um bom gerenciamento em tecnologia da informação (TI), bem como um bom sistema de rastreamento para garantir a entrega da mercadoria no devido tempo prometido.

A tecnologia aplicada ao transporte se baseia no monitoramento em tempo real e a interação com os veículos no serviço agregado e na gestão de serviços. O monitoramento consiste em acompanhar a localização do veículo e o respeito à rota definida no planejamento da empresa. A tecnologia para suportar a logística em tempo real requer comunicação móvel, *Global Positioning System* (GPS) e *Geographical Information System* (GIS) combinados com sistema da informação. O serviço agregado se desenvolve por meio de informações do monitoramento, agregando as atividades que complementam e monitoram a operação e podem



ocorrer na localização e limitação dos pontos de entrega e parada, na comunicação com o motorista, na elaboração de relatórios de entrega, no acompanhamento do motorista e sua dirigibilidade e na forma de apontar os problemas do veículo e de equipamentos. Com as informações geradas pelo monitoramento e com os serviços agregados, é possível extrair uma série de informações e relatórios que se tornam instrumentos de gestão de serviço, que são o desempenho na entrega, o desempenho da rota, a velocidade e dirigibilidade do motorista, informações sobre erros e horário de entrega, reclamação de entrega e qualidade e geração de relatórios de entrega (Figura 17). (Vivaldini e Pires, 2010).



**Figura 17 - Utilização da informação de rastreamento de veículos**

Fonte: Dario (2012a).

### 3.2.Gestão da manutenção

Por meio de de uma revisão da literatura, Dario (2012a) sintetiza a definição de manutenção em palavras chaves como: a) evitar falhas; b) atividades e recursos; c) técnicas administrativas; d) ações para manter os equipamentos em condições; e) tomar medidas necessárias; f) reestabelecer, conservar ou restaurar um equipamento ou um bem; g) garantir a disponibilidade, a confiabilidade e a eficiência; h) realização por todos; i) ações que permitem manter a produção; j) funcionamento efetivo dos sistemas; h) equipamento e instalações.

Segundo o autor, a manutenção é a parte mais importante para a redução de custos em busca da eficácia empresarial e torna-se possível apenas se houver comprometimento de todos os envolvidos, incluindo a gerência. Para ser bem-sucedida, deve ser colocada como parte fundamental no processo produtivo e deve trabalhar em conjunto com os demais setores operacionais (tráfego, compras, filiais, pátio e expedição), de forma a contribuir para a melhoria e otimização de seus processos.

A manutenção planejada está classificada em quatro categorias: Preventiva, preditiva, detectiva e engenharia de manutenção. A manutenção não planejada está classificada em duas categorias: Corretiva, de momento ou urgência. (Dario, 2012a).

### **3.3.Gestão de Pneus**

O gerenciamento de pneus é o estudo das variações que influenciam diretamente no desempenho dos pneus no veículo, ou numa frota, e na busca das melhores alternativas que possibilitem atingir o menor custo por quilômetro, determinando a escolha do melhor produto para um determinado segmento de transporte. (Dario, 2012a).

O estudo de Dario (2012a) revela que 54% da variação dos custos totais de manutenção dizem respeito aos pneus e 65% da variação nos custos totais da manutenção dizem respeito aos custos aplicados aos pneus, o número de veículos calibrados e o custo com pneus nas estradas, portanto quanto maiores forem os custos aplicados aos pneus, menores serão os custos totais da manutenção.

### **3.4.Indicadores de desempenho**

Segundo Santos et al. (2012), um indicador consiste em uma medida que pode ser utilizada para mostrar e comunicar um conjunto de dados complexos de uma maneira simples, incluindo tendências e evolução ao longo do tempo. Um grupo de indicadores é o conjunto de medidas e/ou evidências usadas para caracterizar o estado da categoria. A avaliação de desempenho é o processo de mensurar e acompanhar o serviço no exercício de suas atividades, possibilitando o desencadeamento de ações que permitam o desenvolvimento e/ou aprimoramento das competências necessárias ao bom desempenho de suas funções e resultados. Finalmente, os indicadores de desempenho são, segundo os autores, índices desenvolvidos dentro de cada organização visando aos principais pontos que impactam na sua operação.

A medição de desempenho é o processo de quantificar a eficiência e a eficácia das ações de uma organização. Eficácia se refere ao atendimento às necessidades do cliente, enquanto que eficiência é a medida do como os recursos da empresa estão sendo utilizados economicamente para se atingir a satisfação do cliente. (Neely et Gregory, 2005).

O uso de indicadores em empresas permite a obtenção de informações necessárias sobre o estado real das áreas de decisão que afetam o desempenho de uma companhia. É possível propor indicadores que permitam medir o funcionamento das empresas de transporte de carga e com isso determinar as falhas que se apresentam e poder tomar decisões assertivas para a empresa com a finalidade de melhorar sua competitividade. (Serna et al., 2017).

Martins e Costa Neto (1998) destacam que os indicadores de desempenho são um meio para auxiliar a gestão pela qualidade total e não um fim em si mesmos. Eles são úteis para que o sistema de gestão possa controlar e identificar necessidades, fazer melhorar o desempenho.

Um dos aspectos mais críticos ao lidar com gerenciamento de operações é tornar os propósitos e missões da organização representáveis. Isso é possível traduzindo-se os resultados e objetivos da organização em “medidas de desempenho” ou “indicadores de desempenho”, diz Franceschini et al. (2006).

Segundo os autores, a definição de indicador está estritamente relacionada à noção de *representação-alvo*. A representação-alvo é a operação destinada a fazer um *contexto*, ou parte dele, tangível, para que seja possível realizar avaliações, comparações, formular previsões, tomar decisões, etc. Exemplo de contextos são o processo de fabricação (se relacionado à gestão de produção), a distribuição ou supply chain (se relacionado à logística), o mercado (se relacionado à gestão de negócios) ou o resultado de uma competição (se relacionado ao esporte). Dado um contexto P, um ou mais diferentes representações-alvo QP podem ser definidos (Franceschini et al., 2006).

**Tabela 3 - Classificação dos indicadores logísticos encontrados**

<b>Categoria</b>	<b>Indicadores identificados</b>
Tempo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tempo do processamento do pedido</li> <li>- Tempo de resposta dos clientes</li> <li>- Tempo de consolidação e/ou não consolidação</li> </ul>
Custos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Custos de consolidação e/ou não consolidação</li> <li>- Custos total do transporte</li> <li>- Custos de corrigir erros logísticos</li> <li>- Custo do combustível</li> </ul>
Qualidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Nível de satisfação do cliente</li> <li>- Despachos errôneos</li> <li>- Número de empregados capacitados</li> </ul>
Confiabilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cumprimento do tempo de entrega</li> <li>- Velocidade prometida</li> <li>- Traçabilidade do uso de tecnologias</li> <li>- Acidentologia</li> </ul>

Fonte: Serna et al. (2017).

Os indicadores propostos por Serna et al. (2017) se baseiam em todas as atividades logísticas. Em seu trabalho, os indicadores pesquisados são classificados em função do tempo, dos custos da qualidade e da confiabilidade (Tabela 3).

Os indicadores explorados no estudo de Dario (2012a) são relacionados à manutenção e gestão de pneus (Tabela 4).

**Tabela 4 - Indicadores de manutenção e gestão de pneus**

<b>Indicador</b>	<b>Definição</b>
Calibragem de pneus	média de veículos calibrados dividido por 100, cuja resposta obtida é em porcentagem
Alinhamento de veículos	custo do alinhamento vezes o número de veículos, cuja resposta é em valores monetários
Balanceamento das rodas de pneus	custo do balanceamento vezes o número de veículos, cuja resposta é em valores monetários
Ordens de serviço de manutenção	número de ordens de serviços vezes o número de veículos
Índice de sucateamento de pneus	o número de pneus sucateados no mês dividido pelo número total de pneus da frota
Socorros na estrada devido à manutenção	custo do serviço de manutenção prestado por terceiros multiplicado pelo número de veículos atendidos
Horas de treinamento	diz respeito ao total de horas de treinamento dividido pelos números de funcionários da empresa
Indicador de Segurança e saúde do trabalho	representa o número de acidentes do mês, com controle anual
Consumo de combustível	quilometragem do mês dividida pelo consumo total de litros gastos
Indicador de reclamação de clientes	número de reclamações aceitáveis, conforme o número de conhecimentos de transportes emitidos dividido pelo número de reclamações de clientes
Custo total da manutenção (km)	custo total da manutenção por veículo acrescido do custo administrativo; cuja resposta é em valores monetários

Custos aplicados aos pneus	custo dos pneus na compra de pneus novos, recapados e na aplicação dos rodízios por veículo
Custos dos pneus por Km rodado (CPK)	valor dos custos de pneus aplicados nos veículos dividido pelo quilometro rodado
Gastos com pneus na estrada	custo de terceiros referentes ao serviço de substituição de pneus na estrada
Taxa de frequência de acidentes típicos com afastamento	classificados como até 20 (muito boa), de 20,1 a 40 (boa), de 40,01 a 60 (regular) e acima de 60 (péssima).
Taxa de gravidade de acidentes típicos	classificados como até 500 (muito boa), de 500,1 a 1000 (boa), de 1000,01 a 2000 (regular), acima de 2000 (péssima).
Número de óbitos em função de acidente de trabalho	com tolerância zero
Número de acidentes incapacitantes	com tolerância zero
Número de acidentes sem vazamentos	com tolerância zero
Número de acidentes com vazamento	com tolerância zero
Número de acidente com morte, ferimentos sério ou relevante impacto ambiental	com tolerância zero

Fonte: Autor (2019) adaptado de Dario (2012a).

O conceito de produtividade, segundo Silva (1999), é a relação entre certa quantidade produzida por um dado sistema durante determinado período de tempo e a quantidade de recursos (insumos) consumidos para criar ou produzir esses produtos. Entre os principais insumos que são passíveis de medida direta destacam-se o capital, a mão de obra, as matérias-primas e a energia utilizada. A adoção de indicadores de produtividade em um sistema de transporte rodoviário de carga, segundo o autor, requer um estudo preliminar de algumas unidades estatísticas, em geral relacionadas com três fatores: volume, peso e distância. Os indicadores de desempenho relacionados à produtividade pesquisados pelo autor são:

- Intensidade de utilização:

a) Índice de aproveitamento do veículo (%)

$$\frac{TCT \times 100}{CC} \quad (1)$$

TCT = toneladas de carga transportada pelo veículo;

CC = capacidade de carga do veículo.

Esse índice permite a análise sobre a redução de frota pela empresa, a partir da otimização dos índices de aproveitamento. Além disso, possibilita o remanejamento de algumas rotas (Silva, 1999).

Contudo, esse índice pode ser alterado ao longo de uma rota específica e depende do veículo utilizado. Como exemplo, o autor cita que no transporte realizado por uma carreta, o peso transportado é a variável mais relevante. Por outro lado, para veículos leves, o número de entregas é a variável mais importante (Silva, 1999).

Segundo o autor, as empresas consideram significativo um fator de aproveitamento superior à 60%.

b) Tonelagem média transportada por quilômetro (t/km)

$$\frac{TTM}{TKm} \quad (2)$$

TTM = total de toneladas de mercadorias;

TKm = total de quilômetros percorridos.

Esse índice pode influenciar o valor do frete cobrado pelas empresas. Esse índice depende da natureza da carga transportada (carga de alta densidade, onde prevalece o peso e da carga de baixa densidade, onde prevalece o volume) (Silva, 1999).

- Racionalidade do tempo operacional;

Aproveitamento do tempo de operação por veículo (km/h)

$$\frac{\text{veículo} \times \text{quilômetro (1)}}{\text{horas de operação (2)}} \quad (3)$$

(1) Quilometragem percorrida pelo veículo na operação comercial;

(2) Horas úteis de operação

Esse índice permite a avaliação das rotas, além da reestruturação delas em áreas urbanas. Também permite identificar se determinado veículo está operando excessivamente, fator que pode refletir indiretamente no número de

acidentes da empresa em função de uma possível sobrecarga do motorista (Silva, 1999).

É fundamental, segundo o autor, que as empresas limitem o número de horas de seus motoristas, visando reduzir os acidentes. Hoje, a jornada de trabalho do motorista é limitada por lei.

“A jornada diária de trabalho do motorista profissional será de 8 (oito) horas, admitindo-se a sua prorrogação por até 2 (duas) horas extraordinárias ou, mediante previsão em convenção ou acordo coletivo, por até 4 (quatro) horas extraordinárias” (Brasil, 2015).

- Realização do programado;
  - a) Índice de cumprimento da oferta (%)

$$\frac{\text{veículo} \times \text{quilômetro realizado}}{\text{veículo} \times \text{quilômetro programado}} \quad (4)$$

Esse indicador permite avaliar a qualidade do serviço prestado, além de medir o nível de dispersão de atendimento de clientes esporádicos, reavaliar a velocidade comercial efetuada pelo veículo, assim como a velocidade operacional do veículo (desempenho da frota) (Silva, 1999).

- b) Índice de cumprimento das viagens (%)

$$\frac{\text{viagens realizadas}}{\text{viagens programadas}} \quad (5)$$

Assim como o indicador anterior, esse permite avaliar a qualidade do serviço prestado e a dispersão de atendimento (Silva, 1999).

- Desempenho da manutenção;
  - a) Disponibilidade da frota

$$D = \frac{T - TI}{T} \times 100\% \quad (6)$$

D = Disponibilidade;

TI =  $T_{MP} + T_{MC} + T_{MO}$ , sendo

$T_{MP}$  = tempo consumido em manutenção preventiva;

$T_{MC}$  = tempo consumido em manutenção corretiva;

$T_{MO}$  = tempo consumido em outras atividades de manutenção;

$T = N_V \times N_D \times h_O$ .

$N_V$  = quantidade de veículos da frota;

$N_D$  = nº de dias da operação;

$h_O$  = horas consideradas operacionais;

Esse índice auxilia na verificação da necessidade de renovação de frota. Segundo o autor, um bom desempenho operacional está diretamente ligado a um bom processo de manutenção dos veículos. Os processos de manutenção possuem diferentes características: enquanto as manutenções preventivas são constantes, as corretivas aumentam com a vida útil dos veículos. Contudo, esse indicador possui a desvantagem na dificuldade de obtenção dos tempos consumidos em cada atividade. Seu controle deve ser realizado visando reduzir os prejuízos que um caminhão parado oferece. Os custos fixos (depreciação, manutenção, motorista) são significativos (Silva, 1999).

b) Índice de indisponibilidade da frota

$$\frac{TVI \times 100}{TF} \quad (7)$$

TF = total de veículos da frota

TVI = total de veículos indisponíveis

Esse indicador é um complemento aos precedentes. Permite a avaliação do número efetivo de motoristas e funcionários em função do número de veículos disponíveis (Silva, 1999).

c) Quilometragem média entre falhas e quebras

$$\frac{\text{quilometragem percorrida pela frota no período}}{\text{quantidade de falhas ocorridas no período}} \quad (8)$$

Esse indicador é fundamental no controle operacional da empresa, pois influencia a qualidade do serviço prestado. Permite também analisar se os serviços de manutenção preventiva estão sendo bem executados (Silva, 1999).

d) Tempo médio parado em conserto por veículo (h)

Esse também é um indicador que permite avaliar a indisponibilidade da frota (Silva, 1999).

e) Ocorrência mensal de acidentes com veículos da empresa

Esse indicador pode refletir indiretamente a carga de trabalho que é imposta aos motoristas, assim como o seu profissionalismo. Outro fator que pode estar



relacionado com esse indicador é o estado de conservação dos veículos, que por sua vez está ligado ao processo de manutenção (Silva, 1999).

Segundo o autor, um índice significativo de acidente pode comprometer a imagem da empresa.

- Desempenho econômico;
  - a) Índice de consumo de combustível (litros/km)

$$\frac{TL \times 100}{TKM} \quad (9)$$

TL = total de litros de combustível consumidos

TKM = total de quilômetros percorridos

Silva (1999) afirma que, por representar aproximadamente 25% do custo de transporte, o consumo de combustível deve sofrer uma avaliação rígida.

“A princípio vários fatores prejudicam a estimativa do consumo de combustível. Entre eles, destacam-se as características do projeto geométrico, das condições existentes do pavimento, características particulares de cada rota, etc” (Silva, 1999).

- b) Quilometragem média percorrida por litro transportando carga

Esse indicador apresenta grande utilização pelas empresas, apesar da dificuldade na obtenção dos dados (Silva, 1999).

- c) Quilometragem média percorrida por litro sem carga transportada

Esse indicador pode ser utilizado no processo de remanejamento de alguma rota específica (Silva, 1999).

- d) Quilometragem média percorrida com o mesmo “jogo” de pneus (km)

Esse indicador reflete o nível de serviço prestado pela empresa. Permite uma avaliação da utilização do pneu a partir de fatores como calibragem, desgastes prematuros em relação aos previstos pelas especificações técnicas, e outros (Silva, 1999).

A utilização desse indicador apresenta como desvantagem a dificuldade de se medir o consumo de pneus, em virtude das características diferenciadas das rotas e mercadorias transportadas pelas empresas.

“Até em função de operação de pneus a análise é diferenciada. Por exemplo, os pneus das carretas podem ser recauchutados, enquanto que os pneus dos cavalos são em geral trocados” (Silva, 1999).

e) Índice de custos x receita (%)

$$\frac{CT \times 100}{RT} \quad (10)$$

CT = custo total da empresa (considerar todos os custos de produção)

RT = receita total

Esse indicador é a base de sobrevivência de qualquer empresa e organização. Quando o custo total da empresa supera a receita total, é necessário que todos os custos e receita sejam analisados detalhadamente, visando identificar as razões pelas quais a empresa está operando além do previsto (Silva, 1999).

- Produtividade nos terminais.

a) Quantidade de carga transferida (t/dia)

Esse indicador verifica a viabilidade econômica de alocação do terminal, sendo assim, ele permite, a partir de uma análise detalhada, a reestruturação da rede de terminais e filiais, visando reduzir os custos em função de uma possível ociosidade de terminais (Silva, 1999).

b) Tempo médio parado esperando carregamento e descarregamento

Esse indicador está diretamente ligado à qualidade e ao nível de serviço prestado pela empresa. Para cada tipo de operação poderia ser estabelecido um intervalo de tempo de espera para carregar e descarregar (Silva, 1999).

c) Tempo médio parado nas operações de carga/descarga (h)

Esse indicador pode detectar falhas nas operações de carga e descarga e pode revelar mal dimensionamento do terminal.

d) Distância de transporte (terminal até o destino final – km)

Esse indicador é bastante utilizado pelas empresas e tem como finalidade o terminal mais apropriado para reter a carga de acordo com seu destino final (Silva, 1999).

Em sua pesquisa, Silva (1999) aponta os seguintes indicadores sugeridos pelas empresas de transporte:

- Intensidade de utilização;
  - a) Volume transportado por veículo contra o volume mensal transportado
  - b)

$$\frac{\text{tonelada} \times \text{quilômetro}}{\text{veículo} \times \text{período}} \left[ \frac{\text{t. km}}{h} \right] \quad (11)$$

- Realização do programado;
  - a) Índice de coleta realizada (coleta realizada/coleta programada)
  - b) Índice de entrega realizada (entrega realizada/entrega programada)
- Desempenho econômico;
  - a) Consumo de lubrificantes em relação ao consumo de combustível
  - b) Percentual de remuneração de agregados (custo agregado/receita frete)
  - c) Receita frete
    - Rentabilidade (lucro empresa/receita total)
    - Custo por t.km
- Produtividade nos terminais.
  - a) Quantidade de despachos/Força de trabalho
  - b) Quantidade de peso movimentado/Força de trabalho
  - c) Quantidade de volume transportado/ Força de trabalho
  - d) Indicador de performance de cada filial.

Silva (1999) selecionou, portanto, alguns grupos de indicadores para avaliação de empresas transportadoras: intensidade de utilização, realização do programado, desempenho da manutenção, desempenho econômico e produtividade nos terminais. Santos et al. (2012) ressaltam, contudo, que alguns desses indicadores podem não ser aplicáveis a uma frota dependendo do tipo de operação.

Em um estudo de caso, Santos et al. (2012) levantaram um grupo de indicadores de avaliação de desempenho o qual a empresa analisada adota para controle de manutenção e monitoramento das despesas com combustíveis (Tabela 5).

Os sistemas utilizados para acompanhar os indicadores de desempenho geram relatórios que se referem à quilometragem rodada por pneu, à média de consumo de combustível por km percorrido, aos veículos quebrados em rota de entrega, às ocorrências de acidentes com veículos da frota e às notificações de trânsito recebidas pela frota de veículos.

**Tabela 5 - Indicadores Operacionais e de Consumo**

Grupo	Indicador	Fórmula	Aplicação	Método de cálculo
Indicadores Operacionais	Veículos quebrados em rota de entrega	<b>VQR = (QV / NV)</b> onde: QV = Quantidade de quebras NV = Número de veículos da frota	Demonstra o percentual de veículos quebrados em rota de entrega com justificativa.	O número de quebras no mês dividido pela quantidade de veículos da frota.
	Ocorrência mensal de acidentes com veículos da empresa	Registro do número de acidentes ocorridos no Mês	Registra a quantidade de acidentes ocorridos com a frota de veículos próprios e justificativa.	Número de acidentes ocorridos no mês.
	Notificações de trânsito recebidas pela frota própria	Registro das notificações de trânsito recebidas no mês	Registra a quantidade de notificações ocorridos com a frota de veículos próprios e justificativa.	Número de notificações recebidas no mês
Intensidade de Consumo	Km rodado por pneu	<b>KM1V + KM1R + KM2R.</b> onde: KM1V = km 1ª vida do pneu, KM1R = km 1ª recapagem, KM2R = km 2ª recapagem.	Mostra a quantidade de quilômetros rodados por pneu.	Soma da quilometragem percorrida na 1ª vida do pneu + a soma da quilometragem percorrida na 1ª e 2ª recapagem dos pneus até o seu sucateamento.
	Consumo de combustível (l.km)	<b>TL / TKM</b> onde: TL = volume total de combustível consumido (l), TKm = quilometragem total percorrida (km).	Mede o consumo de combustível por quilometro percorrido. Com esse número é possível fazer um comparativo com a média padrão estabelecida pelo fabricante do veículo, essa média varia conforme a potência do motor. Na aplicação desse indicador, a gestão de frota identifica os veículos que estão abaixo da média padrão de consumo de combustível, onde será analisado e identificados as possíveis causas para tomada de decisão e normalização do consumo.	Quantidade de quilômetros percorridos dividido pela quantidade de litros abastecidos. Obs. Para que esse indicador funcione corretamente, é importante que o tanque do veículo esteja cheio no início do percurso que será monitorado. Ao final do percurso, o tanque deverá ser completado para se obter a quantidade de litros abastecidos que servirá como base para o cálculo da média.

Fonte: Santos et al. (2012) adaptado pelo autor.

Nesse estudo, Santos et al. (2012) podem concluir por exemplo:

- Através do acompanhamento da quilometragem rodada por estágio de vida do pneu (1ª e 2ª vida), a empresa identifica o tipo de pneu que está apresentando menor desempenho. No caso avaliado, os pneus de dimensão 10.00R22 são os que apresentaram melhor desempenho, com média de eficiência de 99% em relação às metas estabelecidas pela empresa. Já com relação aos pneus de dimensão 295/80R22,5, os autores sugerem maior atenção de gestão de frotas afim de melhorar seu desempenho, de apenas 88% em relação à meta. Através desse indicador, portanto, a empresa analisada pode reduzir os custos com aquisição de pneus, conseguindo prolongar a vida útil deles;
- Através do acompanhamento das médias de consumo de combustível por tipo de veículo, indicador esse analisado mensalmente através de relatórios emitidos pelo sistema Ticket Car, a empresa pode avaliar se o controle do consumo de combustível está trazendo bons resultados de eficiência e economia. No estudo de caso, os resultados demonstram que há uma oportunidade de melhoria num determinado tipo de veículo da frota, cuja eficiência é menor em relação aos demais tipos de veículo, tendo média de 97%.

“Para aumentar a eficiência no consumo de combustíveis, a empresa convoca os condutores dos veículos que ficaram abaixo da média padrão para identificar as possíveis causas da ineficiência, que podem ser de ordem mecânica ou operacional. Com base nesse levantamento, são tomadas ações para normalizar o consumo de combustível. Com esse indicador, a organização vem conseguindo manter um bom controle do consumo de combustíveis, reduzindo as fontes de desvios” (Santos et al., 2012).

Ficou claro nesse estudo de caso que, através da utilização dos indicadores de desempenho, a empresa pesquisada conseguiria manter um controle dos índices medidos, de forma a impactar diretamente nos custos operacionais, configurando-os em ferramentas de auxílio ao gerenciamento de suas frotas, possibilitando o acompanhamento, a verificação de desvios e as projeções. Portanto, segundo Santos et al. (2012), os indicadores são ferramentas indispensáveis para a tomada de decisões e as formações de estratégias que reduzem os custos logísticos e possibilitam o controle da operação.

### 3.5. Conclusão do Capítulo 3

A partir da revisão bibliográfica sobre os indicadores de desempenho operacionais de frota, é possível classificá-los nos seguintes domínios:

- a) Manutenção: São indicadores relativos à manutenção preventiva, que englobam informações como data, hora e duração de paradas para manutenção do veículo e acessórios, calibração dos pneus, alinhamento dos veículos, etc.;
- b) Consumo: Indicadores relacionados aos recursos materiais dispensados durante a operação do veículo, incluindo combustível, lubrificantes, desgaste de pneus e componentes acessórios;
- c) Eficiência de carregamento: Indicadores que levam em consideração a carga transportada, expressa em toneladas ou litros, em relação à quilometragem percorrida;
- d) Produtividade: Indicadores relacionados ao tempo de operação, tempo de ociosidade e quilometragem percorrida;
- e) Segurança: Indicadores relacionados a perdas materiais, notificações de infrações de trânsito e segurança do trabalho;
- f) Receita: Indicadores que englobam os aspectos financeiros da empresa.

É possível identificar, a partir da natureza dos indicadores, aqueles que são possíveis de se obter a partir do sistema de conexão veicular que foi descrito no Capítulo 2.

Dados relativos à manutenção e receita, por exemplo, requerem aquisição de outras bases da empresa que não os dados captados pelo sistema de conexão. Com isso, os indicadores relacionados à eficiência de carregamento e produtividade estão nos domínios que são explorados nesse trabalho.

## 4

### **Indicadores Ambientais do Transporte de Cargas Rodoviário**

A sustentabilidade é um dos maiores desafios desta geração, assim como da próxima. Como garantir que a humanidade atenda a suas necessidades sem comprometer a capacidade de atender às necessidades futuras é uma questão que atinge aspectos sociais, ambientais e econômicos (WCED - World Commission on Environment and Development, 1987). Atender a esse desafio requer um comprometimento de setores públicos, organizações não governamentais e de todos os indivíduos. Devido a essas questões, as empresas estão submetidas a grandes pressões para avaliarem seus impactos ao meio ambiente, para engajar o tripé da sustentabilidade (pessoas, economia e planeta), e conseqüentemente para medir sua pegada de carbono resultante. As atividades básicas que contribuem para essa pegada são a produção e o transporte de produtos, reciclagem, remanufatura de produtos utilizados e o desenvolvimento de novos produtos (Kleindorfer et al., 2005).

A gestão de frotas é um importante esforço que levará a dois caminhos em direção ao transporte sustentável: (1) efeito econômico direto em investimentos, manutenção e custos operacionais e (2) a pegada de carbono resultante da empresa. Além disso, enquanto a comparação do custo relativo de diferentes tipos de veículos a serem considerados em um sistema de frotas é, em muitos aspectos, um problema de otimização, existem complexidades adicionais que fazem isso um tópico interessante de pesquisa de gerenciamento sustentável. Isso inclui as incertezas dos preços de mercado para diferentes fontes de energia, preços das emissões de carbono, consumo de combustível e a quilometragem realizada pelos veículos (Ansariipoor et al., 2014).

Ansariipoor et al. (2014) citam diversos autores que afirmam que a maior preocupação para a gestão de frotas é o foco em otimização de custos esperados em relação ao horizonte planejado. Segundo os autores, a maior parte da literatura sobre operações sustentáveis se concentra em cadeias de suprimentos circulares, logística reversa e remanufatura. Este capítulo pode ser indiretamente relacionado com cadeias de suprimento circulares, pois é focado em justificar o impacto das emissões de CO<sub>2</sub> na cadeia de suprimentos.

#### **4.1.Relação entre logística e sustentabilidade**

O foco nas cadeias de suprimentos é um passo em direção à adoção e desenvolvimento mais amplos da sustentabilidade, uma vez que considera o produto desde o processamento inicial de matérias-primas até a entrega ao cliente. Entretanto, a sustentabilidade também deve integrar questões e fluxos que se estendem para além do núcleo do gerenciamento da cadeia de suprimentos : (1) projeto de produto, (2) manufatura de subprodutos, (3) Subprodutos produzidos durante o uso do produto, (4) sobrevida do produto, (5) fim de vida do produto e (6) recuperação de processos no fim da vida (Linton et al., 2007).

#### **4.2.Projeto de produto:**

Técnicas como a análise de ciclo de vida, segundo Rebitzer et al. (2004), são usadas para auxiliar na determinação de como o desenvolver um produto para minimizar seus impactos ambientais durante sua vida útil e outros estágios desde a sua produção até o seu descarte. Todas as atividades e processos na vida de um produto, segundo os autores, resultam em impactos ambientais devido ao consumo de recursos e emissões de substâncias no meio ambiente.

#### **4.3.Fabricação de subprodutos:**

Linton et al. (2007) afirmam que a cadeia de suprimentos estendida inclui a redução e eliminação de subprodutos através de tecnologias com processos limpos e técnicas de produção eficientes.

Kemp (1994), propõe mudanças básicas nas tecnologias de produção, transporte e consumo ao invés de modificações dos produtos e processos existentes ou a adoção de soluções “fim de tubo” (end-of-pipe). Segundo o autor, certamente a instalação de equipamentos de controle de poluição e sistemas de reuso, o uso de materiais ambientalmente favoráveis e a reformulação de tecnologias existentes são necessárias para o atingimento de uma economia mais sustentável, contudo não são suficientes e devem ser adicionadas a mudanças mais fundamentais na tecnologia, como a substituição do fornecimento de energia baseado em hidrocarbonetos, conversão e tecnologias de uso final (na direção do uso de energias renováveis ou veículos elétricos alimentados por baterias ou células de combustíveis) ou a substituição do tráfego de carros de passageiros por sistemas de telecomunicações interativos que permitem atividades como teletrabalho e tele vendas.



King e Lenox (2001) encontram suporte empírico comprovando que a produção “lean” é favorável ao ambiente, pois está associada à redução de fontes (prevenção de poluição) e à redução das emissões.

#### **4.3.1.Subprodutos produzidos durante o uso do produto:**

Segundo Linton et al. (2007), o gerenciamento da sustentabilidade do produto não é apenas uma função do design, mas também do gerenciamento do produto. O potencial para grandes oportunidades e lucros tem sido reconhecido por muitos que pediram maior envolvimento e responsabilidade dos produtores. Esse envolvimento tem aparecido nas demandas para o provisionamento de um produto como serviço, como abordado por Michaelis e Coates (1994) que afirmam que produtores não venderão apenas as tecnologias físicas, mas o resultado de sistemas e tecnologias físicas organizados no conceito de Sistemas Integrados de Performance, ou para que fabricantes forneçam uma série de serviços para apoiar e suplementar as vendas do produto original, o que, segundo Wise e Baumgartner (1999), oferece benefícios importantes, pois esses serviços tendem a ter margens mais altas e requerem menos ativos que a fabricação de um produto.

#### **4.3.2.Sobrevida do produto:**

Com a extensão da vida dos produtos o esgotamento de recursos pela produção de um novo produto é evitado. Essa abordagem funciona contra o design pela obsolescência típica de uma sociedade orientada ao consumo. Entretanto, ela aumenta o valor criado por um produto individual. O desafio para o produtor é desenvolver ofertas que os permitam recuperar mais do valor do produto (Linton et al., 2007).

#### **4.3.3.Fim de vida do produto:**

A disposição do produto no final de sua vida depende, em grande parte, de ações realizadas em estágios anteriores. O design inicial de um produto tem grande influência no grau em que um produto pode ser reutilizado, refabricado, reciclado, insinerado ou descartado (Linton et al., 2007).

Segundo mostra o estudo de Shih (2001) sobre logística reversa de sucata de eletrônicos domésticos e computadores, as políticas desenvolvidas com a intenção de produzir modos de descarte ao final da vida útil do produto mais favoráveis ao meio ambiente resultaram em mais armazenamento de produto e

menor reimplantação de peças e materiais em novos produtos do que o pretendido.

Os resultados desejados não apenas exigem mudanças no processo associadas ao desenvolvimento de políticas, regulamentos, incentivos e desincentivos ambientais, mas também os aspectos operacionais relacionados a previsão, logística, processamento e outras funções relacionadas às operações (Linton et al., 2007).

#### **4.3.4. Recuperação de processos no fim da vida:**

Segundo Linton et al. (2007), a recuperação de produtos usados tornou-se um campo de importância de rápido crescimento. Inúmeros artigos foram publicados sobre considerações para a rede de recuperação de produtos.

Uma quantidade considerável de estudos comprovou que a ênfase maior na sustentabilidade aplicada à cadeia de suprimentos está relacionada à redução de custos e um efeito natural ou positivo em seu valor. Em geral, percebe-se que a gestão da cadeia de suprimentos verde promove a eficiência e a sinergia entre os parceiros de negócios e suas corporações líderes, e ajuda a melhorar o desempenho ambiental, minimizar o desperdício e obter economias de custos. Espera-se que essa sinergia aumente a imagem corporativa, a vantagem competitiva e a exposição de marketing (Rao e Holt, 2005). Entretanto alguns autores, segundo Linton et al. (2007), identificaram algumas diferenças entre o que é economicamente racional para os elementos da cadeia de suprimentos e o que possui maior valor para o sistema inteiro ou população.

#### **4.3.5. Pegada de carbono da logística**

Sundarakani (2010) propõe um modelo para a medição e controle da pegada de carbono através de toda cadeia de suprimento. Utiliza-se uma abordagem de modelagem de transporte ao longo do caminho para lançar luz sobre as emissões de carbono de nós (estágios) em cadeias de suprimento e aplicar um modelo de difusão de emissões (logística) para atividades de logística de entrada e saída. Isso permite entender o fluxo de carbono em cada nó da cadeia de suprimentos e calcular o total de carbono transferido de um estágio da cadeia de suprimentos para outro. Ao aplicar os fatores limitantes (emissões aceitáveis, limítrofes e inaceitáveis), pode-se identificar e localizar as áreas de fluxo de calor sensível e emissões de carbono aceitáveis.

#### 4.4. Análise de ciclo de vida do transporte rodoviário de cargas

O desenvolvimento sustentável requer métodos e ferramentas de medida e comparação do impacto ambiental das atividades humanas para a oferta de produtos e serviços. Tal impacto inclui os oriundos de emissões e o consumo de recursos, bem como outras intervenções, como o uso do solo, associados com o fornecimento de produtos que ocorrem na extração de recursos, produção de materiais, fabricação de produtos, seja durante seu consumo e uso seja no final de vida do produto (coleta/separação, reuso, reciclagem e descarte). Essas emissões e consumos contribuem para uma ampla gama de impactos no meio ambiente. Praticantes e pesquisadores de vários domínios se reúnem na Análise de Ciclo de Vida – ACV, ou em inglês *Life Cycle Assessment* – LCA, para calcular os indicadores dos impactos ambientais potenciais que estão relacionados aos produtos, apoiando a identificação de oportunidades de prevenção da poluição e redução do consumo de recursos, levando-se em consideração o ciclo de vida inteiro de um produto (Rebitzer et al., 2004).

##### 4.4.1. Introdução à Análise de Ciclo de Vida do produto

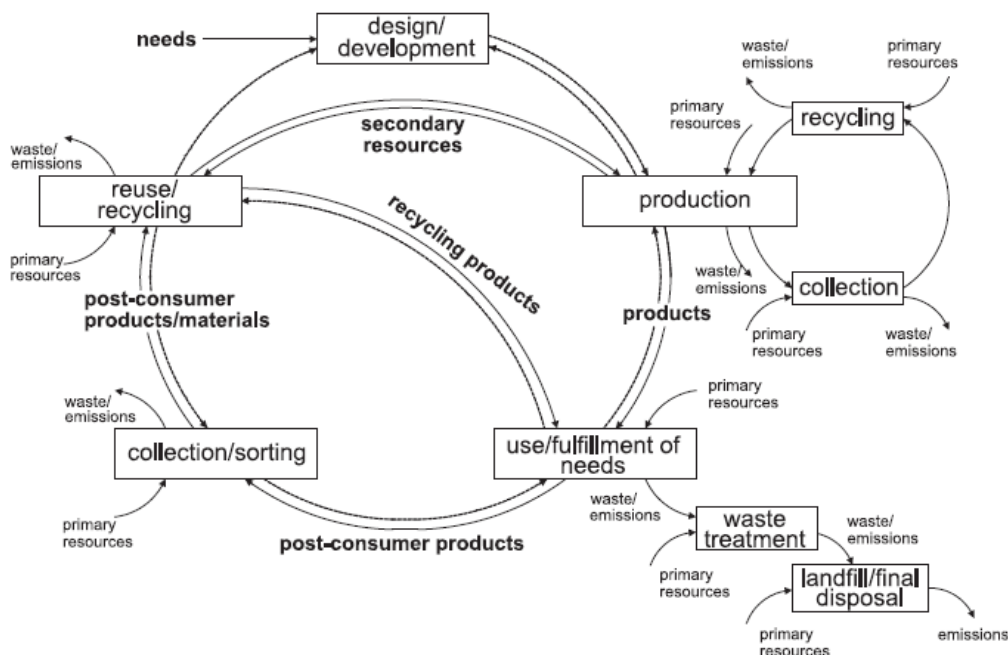
Todo produto tem uma “vida”, começando com o seu desenvolvimento, seguido da extração de recursos, produção (produção de materiais assim como fabricação e fornecimento do produto), uso e consumo, e finalmente as atividades relacionadas ao fim de vida do produto (coleta/separação, reuso, reciclagem e descarte), como afirmado por Rebitzer et al. (2004). Todas as atividades e processos na vida de um produto, segundo os autores, resultam em impactos ambientais devido ao consumo de recursos, emissões de substâncias no ambiente natural e outras trocas ambientais, como por exemplo radiação.

O esquema simplificado apresentado na Figura 18 é o conceito de vida do produto, comumente chamado de “ciclo de vida”, pois inclui ganchos entre diversas fases da vida, como o reuso e reciclagem de produtos consumidos (originado na fase de fim de vida) ou reciclagem da produção de sucata. As setas contínuas representam o fluxo de energia e as pontilhadas, o fluxo de informação.

A Análise de Ciclo de Vida (ACV) é uma estrutura metodológica para estimar e avaliar as emissões e o consumo de recursos e também outras mudanças ambientais a cada estágio (ou fase) do ciclo de vida de um produto, desde quando “nasce” até que “morre” – cradle to grave – incluindo extração de materiais brutos, aquisição de energia, produção de materiais, fabricação, uso, reciclagem, disposição final, etc. As mudanças indiretas em outros sistemas (ciclo de vida de

outros produtos) também podem ser levadas em consideração (Rebitzer et al., 2004).

Num estudo ACV de um produto ou serviço, todas as extrações de recurso e emissões para o ambiente são determinadas, se possível, quantitativamente, sendo os potenciais impactos aos recursos naturais, no ambiente e na saúde humana avaliados com base nesses dados (Ferreira, 2004).



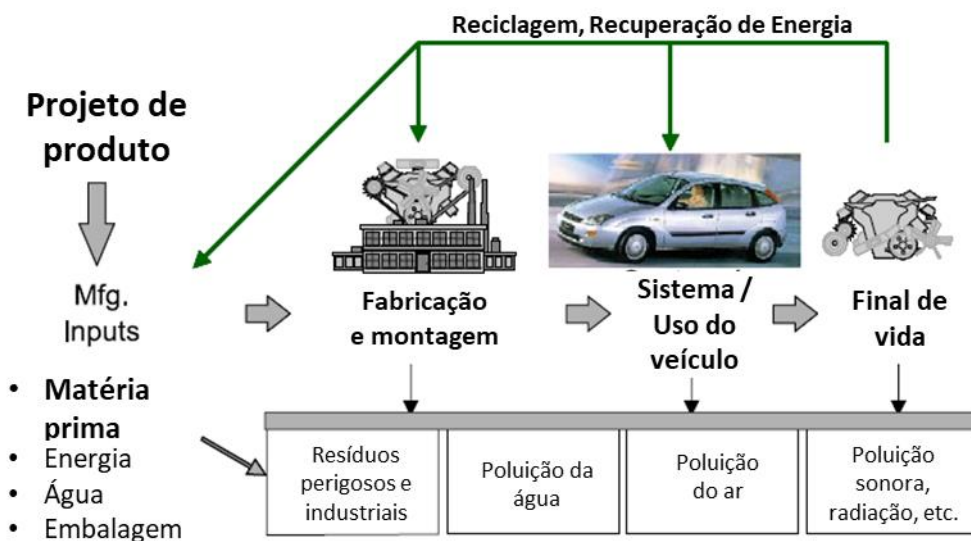
**Figura 18 - Esquema representativo de um ciclo de vida genérico**

Fonte: Rebitzer et al. (2004).

A fase de desenvolvimento do produto é comumente excluída da ACV, pois assume-se que não contribui significativamente, porém esta fase possui alta influência nos impactos ambientais nos outros estágios do ciclo de vida. O projeto de um produto determina significativamente seu comportamento nas fases subsequentes (ex., o projeto de um automóvel determina de um certo modo o consumo de combustível e as emissões por quilômetro dirigido na fase de uso e possui grande influência na viabilidade de opções de reciclagem na fase de fim de vida). A Figura 19 mostra o ciclo de vida de um automóvel. O ciclo de vida completo, junto com os materiais associados e fluxos de energia, é chamado de sistema de produto. (Rebitzer et al., 2004).

Segundo o World Bank (2012), o sistema de produção consiste em modelos de atividades tecnológicas utilizados em vários estágios do produto: (1) da extração de matérias-primas, para materiais auxiliares e equipamentos, passando

por (2) produção e uso, até (3) o descarte de produtos e de materiais auxiliares e equipamentos. Nesse contexto, o termo “produto” engloba também os serviços.



**Figura 19 - Ciclo de vida de um automóvel**

Fonte: Adams and Schimidt<sup>5</sup> traduzido pelo autor.

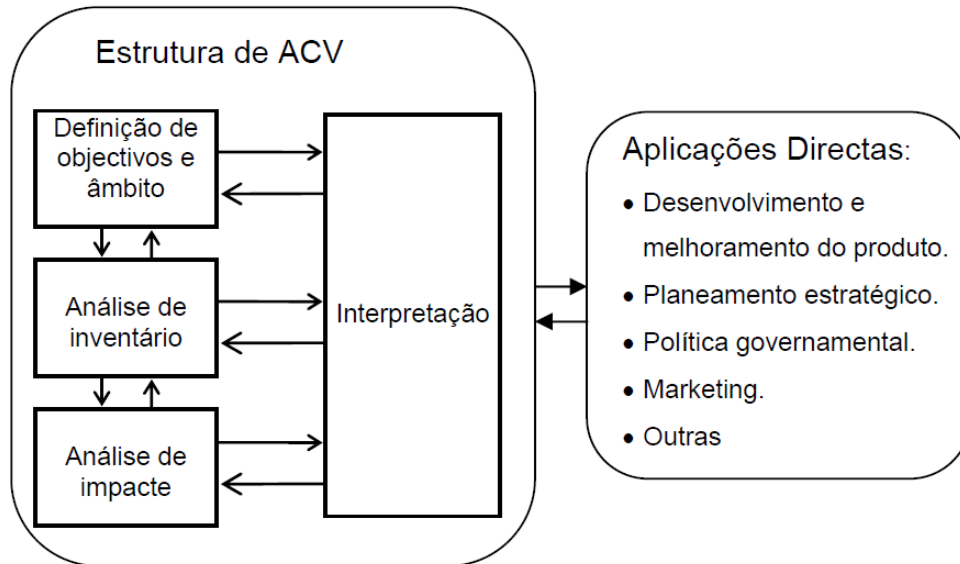
Embora os avanços continuem a ser feitos, os padrões internacionais e preliminares da série ISO 14000 são, em geral, aceitos como provedores de uma estrutura de consenso para a ACV (Rebitzer et al., 2004).

Ferreira (2004) afirma, a partir da norma ISO 14040, que o processo é uma abordagem sistemática em fases composta por quatro componentes, como ilustrado na Figura 20:

- Definição de objetivos e âmbito: Define e descreve o produto, processo ou atividade. Estabelece o contexto da análise e identifica os limites e efeitos ambientais a serem revistos;
- Análise de inventário: Identifica e quantifica a energia, água e materiais utilizados e descargas ambientais, como por exemplo as emissões no ar, a deposição de resíduos sólidos, descarga de efluentes líquidos);
- Análise de impacto: Analisa os efeitos humanos e ecológicos da utilização de energia, água e materiais de descargas ambientais identificadas no inventário;

<sup>5</sup> Adams W, Schmidt W. Design for Recycling and Design for Environment: Use of Life Cycle Assessment at Ford Motor Company. EURO ENVIRONMENT Proceedings. Conference 23 – 25 September 1998, Aalborg (Denmark). Aalborg, Denmark: Aalborg Kongres & Kultur Center; 1998. p. 1– 5. Apud Rebitzer et al., 2004.

- Interpretação: Avalia os resultados da análise de inventário e análise de impacto para selecionar o produto preferido, processo ou serviço com uma compreensão clara das incertezas e suposições utilizadas para gerar resultados.



**Figura 20 - Fases de uma ACV**

Fonte: ISO 14040<sup>6</sup>.

No ciclo de vida da gestão de resíduos, mostrado como exemplo por World Bank (2012), a definição de objetivos e âmbito estabelece que sua ACV normalmente se inicia com a segregação e coleta de resíduos, o que normalmente inclui os sistemas energéticos afetados pela recuperação de energia do resíduo, e a produção de materiais que é afetada pela saída de material reciclado do sistema de gestão de resíduos. As saídas da análise de inventário são as quantidades de CO<sub>2</sub> e outros poluentes e resíduos que são jogados de volta na natureza. Essa análise requer que os dados do fluxo de material, uso de recursos, emissões e resíduos sejam coletados para todos os processos e transportes no sistema definido nos objetivos. É normalmente melhor utilizar um software específico para a análise, que já está disponível para gestão de resíduos. O output da análise de impacto são as contribuições das emissões do CO<sub>2</sub> fóssil e outros gases de efeito estufa que são calculados em função de seu potencial de aquecimento global (*global warming potential* – GWP). A fase de interpretação, segundo o World Bank (2012), envolve o entendimento da acurácia dos resultados e o atingimento dos objetivos do estudo, o que pode ser atingido avaliando-se a sensibilidade de

<sup>6</sup> ISO 14040. Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework. Genève: Switzerland, 1997, apud Ferreira, 2004.

elementos de dados significativos, assim como a completude e consistência do estudo.

Os dados de um estudo AVC, segundo Ferreira (2004), em conjunto com outras informações, como custos e performance, podem ajudar os responsáveis pela tomada de decisão na seleção de produtos ou processos que resultem em menor impacto para o ambiente. A metodologia ACV, segundo o autor, é a única que permite identificar a transferência de impactos ambientais de um meio para o outro, como a eliminação de emissões atmosféricas que pode ser feita às custas do aumento das emissões de efluentes líquidos, ou de um estágio de um ciclo de vida para outro, como por exemplo da fase de aquisição de matérias-primas para a fase de utilização.

Os pré-requisitos para a realização de uma análise de ciclo de vida são: (1) especialidade em ACV, o que normalmente requer um conhecimento em engenharia, ciências naturais ou econômicas e experiências práticas na condução da análise ACV; (2) Um software genérico de ACV; (3) acesso a pelo menos um banco de dados com informações confiáveis sobre emissões, quantidade de resíduos, e uso de energia e materiais em um grande número de processos de produção, modos de transporte, e processos de gestão de resíduos e (4) tempo de trabalho variando entre 100 a 5.000 pessoas-horas durante um período de 3 a 24 meses, dependendo do escopo e de detalhes do estudo (World Bank, 2012).

Segundo o World Bank (2012), a ACV pode ser conduzida em diferentes níveis de complexidade. Os modelos genéricos fornecem flexibilidade para se responder a diversas questões, permitem maior acurácia em obter resultados e maior transparência em como eles são reportados. Os modelos simplificados, por outro lado, retornam resultados menos dependentes das escolhas de quem realiza a análise. O amplo escopo de uma ACV reduz o risco de que uma decisão visando reduzir a poluição simplesmente mude o problema ambiental de um lugar para outro ou de um problema ambiental para outro.

Por outro lado, segundo Ferreira (2004), a metodologia não determina qual produto ou processo é o mais caro ou funciona melhor e por isso, seus resultados devem ser utilizados como um componente de um processo de decisão que conta com outros componentes como custo e performance.

#### **4.4.2. Uso energético e emissões do transporte rodoviário de cargas**

Em muitos países, o transporte rodoviário está superando o transporte ferroviário e aquaviário como um meio de entregar mercadorias aos clientes. O

crescimento do comércio global não está apenas mudando a forma como os bens são movimentados, mas também o tipo de bens movimentados e a distância ou frequência com que são transportados. Essas mudanças têm impactos importantes sobre a energia e a intensidade de carbono do setor de caminhões (Kamakaté e Schipper, 2009).

A sabedoria comum no setor de transporte de cargas é que a sensibilidade do operador aos custos de combustível impulsiona a adoção das melhores tecnologias e práticas disponíveis para reduzir o uso de combustível. No entanto, a avaliação anterior do país sobre a energia e a intensidade de carbono do setor mostra que a intensidade de energia do setor de caminhões é grande. De fato, a energia e a intensidade, de carbono do setor são resultado dos efeitos combinados da tecnologia de veículos, mistura de combustíveis, carregamento de veículos, tráfego e participação modal relativa (Kamakaté e Schipper, 2009).

Em seu estudo Schipper et al. (1997) propõem a aplicação de uma metodologia para estimar a energia e a intensidade de carbono do transporte de cargas de diversos países, baseada em dados oriundos da energia nacional e de estatísticas do consumo de combustível utilizado para o transporte de carga de cada país. Esses dados incluem a energia anual utilizada pelos três principais modais (rodoviário, ferroviário e naval), volume de carregamento em toneladas, distância percorrida em quilômetros, e consumo de combustível por tipo de combustível e modo, assim como dados econômicos e demográficos como o PIB e população. A metodologia proposta consiste na estimativa das emissões de carbono, diretamente proporcional à quantidade de carbono contida no combustível utilizado para o transporte, e na decomposição de energia utilizada para identificar os efeitos da atividade, estrutura, contribuição relativa do modal e intensidade nos resultados obtidos.

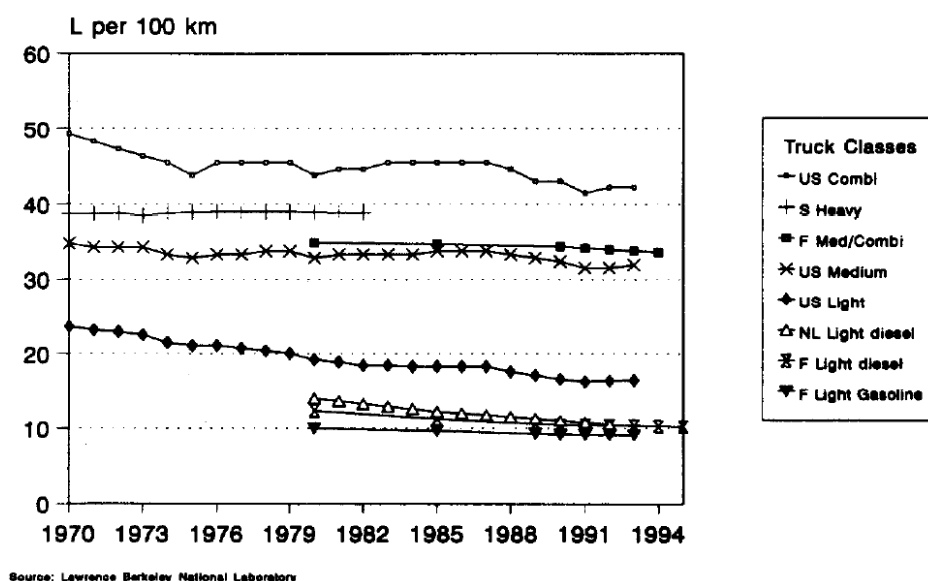
Segundo os autores citados, o indicador usual da atividade de frete é t-km, que mede o carregamento do frete e a distância que ele é movimentado para cada modal. Esse indicador fornece apenas uma descrição crua do transporte de cargas, pois não considera características e valores do frete, a distância que o produto ou seus componentes e materiais são movidos, os valores agregados dessa movimentação, o que é influenciado pela localização dos produtores de materiais primários, bens secundários, distribuidores, vendedores e consumidores finais. A tonelagem total do frete doméstico embarcado depende da magnitude e da natureza da produção agrícola, mineral e fabril do país. O transporte de combustível para uso doméstico e para exportação abrange uma parte significativa



do frete total em t-km em muitos países, portanto mudanças na mistura das fontes primárias de energia também podem afetar o volume de carga transportada.

A intensidade de energia de um modal de transporte, definida como MJ/t-km, é determinada por duas características: a energia necessária para mover um veículo e sua capacidade de utilização. A energia necessária para mover um veículo é determinada pelo combustível utilizado, condições de transporte (tráfego e geografia), e características do veículo (modelos e tamanhos). A capacidade de utilização do veículo envolve níveis de carregamento de veículos individuais, a utilização relativa de cada tipo de veículo, e os números de cada tipo de veículo em serviço para uma frota inteira (Schipper et al. 1997).

Como o caminhão domina tanto o transporte de cargas na maioria dos países quanto a energia usada em todos os países, a intensidade energética dos caminhões e os caminhões por si só são os componentes mais importantes do uso total de energia de frete. Caminhões podem ser classificados como pesados (acima de 6t), médios (1,5 – 6t), e leves (abaixo de 1,5t). A escolha de combustível é quase que exclusivamente diesel para veículos pesados, porém pode ser uma mistura de gasolina e diesel (dependendo do preço do combustível e legislação) para caminhões médios e leves (Schipper et al. 1997).



**Figura 21 - Intensidade de combustível de caminhões por tamanho**

Fonte: Schipper et al. (1997).

A Figura 21 mostra que os caminhões mais pesados consomem de três a cinco vezes mais combustível por quilômetro do que os leves e cerca de 30% mais combustível por quilômetro que os caminhões médios.

Schipper et al. (1997) sugerem que o PIB impulsiona o volume do frete e que um alto PIB está associado a níveis crescentes de frete de caminhão. Por outro lado, encontraram dificuldades em atribuir mudanças na intensidade modal agregada de caminhões às mudanças nos preços dos combustíveis por diversos motivos. As características do transporte rodoviário, como tamanhos e utilização do veículo, evoluíram, o que mudou a intensidade do combustível independentemente das propriedades técnicas dos modelos individuais de caminhões. Essas condições variam de país para país, o que pode indicar erroneamente uma relação entre a intensidade de combustível dos caminhões ou dos caminhões com preço de combustível.

Segundo McKinnon e Piecyk (2009), os primeiros estágios para desenvolver estratégias de redução de carbono no transporte de cargas é normalmente a análise de emissões de gases de efeito estufa e emissão de CO<sub>2</sub> nas operações de frete desagregadas por modo de transporte. Os dados utilizados para calcular e comparar as emissões das operações do transporte por caminhões do Reino Unido, segundo os autores, são oriundos de cinco fontes: (1) teste de emissão veicular, que envolve medir a emissão de uma amostra representativa de caminhões em condições controladas, em que o consumo de combustível é monitorado a cada ciclo e convertidos em emissão utilizando-se taxas padrão; (2) pesquisa de operadores do frete rodoviário, em que uma grande amostra de veículos (em torno de 16.000) é monitorada durante uma semana quando é questionada a quantidade de litros de combustível utilizada, a distância percorrida no período da pesquisa e no período de um ano; (3) através de dados da Pesquisa Nacional de Trânsito em que são coletados periodicamente dados automáticos e manuais do fluxo de tráfego na rede de rodovias do Reino Unido em diferentes localizações, o que permite medidas alternativas das distâncias percorridas por caminhões; (4) registro de venda de combustível, em que o governo mede o fornecimento de diesel para veículos rodoviários, o que no entanto não diferencia o tipo de veículo na compra, e portanto propõe-se uma estimativa baseada nos resultados das avaliações mencionadas anteriormente, como o teste analítico e as pesquisas de operadores e a Nacional de Trânsito; (5) Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas, que é o principal repositório de dados sobre todos os tipos de emissões atmosféricas vindos de qualquer fonte do Reino Unido.

Baseado nas três primeiras fontes de dados é possível se estimar a distância percorrida pelos caminhões e, junto com os dados de consumo de combustível, é possível calcular a média de eficiência de combustível, que é extrapolada e convertida em emissão de CO<sub>2</sub> para todas as operações do Reino Unido.

#### 4.4.3.Ciclo de Vida e impacto ambiental do Pneu

Dentre os componentes do veículo, o pneu desempenha um papel importante nos custos operacionais, fato já abordado em outros capítulos, porém é também relevante no aspecto ambiental. Inúmeros são os estudos sobre os impactos ambientais, poluição, reuso e reciclagem dos pneus.

Segundo Continental (1999), os módulos de análise do ciclo de vida de um pneu de carro são: (a) fabricação de matérias-primas: a matéria-prima de pneus fornece o potencial de desempenho para o pneu em funcionamento e é composta de materiais fósseis, minerais e recursos renováveis; (b) produção do pneu: as partes estruturais são fabricadas a partir das matérias-primas e montadas formando o pneu cru, que é vulcanizado para produzir o pneu em funcionamento; (c) uso do pneu: o pneu é exposto às condições climáticas e é submetido em sua operação ao desgaste constante por abrasão da banda de rodagem; (d) reciclagem: a composição material original do pneu e seu conteúdo energético determinam o valor de um pneu gasto e a reciclagem abre possibilidades para isso – na Alemanha pneus gastos são recapados ou utilizados nas fábricas de cimento; (e) transporte: entre as várias fases de sua vida, durante as quais os materiais constituintes sofrem alterações, os pneus devem ser transportados. O transporte dos pneus é estritamente com o propósito de mover os materiais em consideração de um local para outro. O módulo de transporte resume todas as operações de transporte, com exceção do transporte de pneus gastos até o ponto de reciclagem. O transporte de pneus gastos é levado em consideração na análise dos processos de reciclagem.

Cinco categorias de impacto ambiental foram consideradas por Sun et al. (2016) na análise do ciclo de vida de pneus de automóveis: o potencial de aquecimento global, o potencial de acidificação, o potencial de geração de oxidantes fotoquímicos, o potencial de eutroficação e o potencial de toxicidade humana. Segundo os autores, o consumo de combustível representa uma contribuição importante para todas as categorias, durante a fase de uso do produto.

Na fase de uso, o consumo de combustível necessário para mover o veículo é composto pela necessidade de vencer a resistência ao rolamento do pneu, a resistência do ar de arraste do veículo, a resistência de acionamento do motor e engrenagens e resistência de aceleração do veículo. A resistência ao rolamento é determinada pelo coeficiente de resistência ao rolamento do pneu e a massa total do veículo. O valor do arraste depende da velocidade do veículo, da geometria e

do pneu. A resistência do motor é determinada pelo atrito interno do sistema de transmissão. A resistência de aceleração depende do estilo individual de condução e da massa total do veículo. A Tabela 6 mostra e explica as categorias e suas atribuições. A contribuição dos pneus corresponde a 21% do consumo de combustível (Continental, 1999).

**Tabela 6 - Contribuição do pneu no consumo de combustível**

	Parcela no consumo de combustível do veículo [%]	Referência no pneu	Parcela do consumo de combustível relativa aos 4 pneus	Parcela do consumo de combustível relativa a apenas 1 pneu
Resistência ao rolamento	16	Massa total do veículo	16	4
Fricções internas)	32	Sem referências ao pneu	-	-
Resistência de aceleração (perdas de frenagem)	16	Massa do veículo e momento de inércia	0,4	0,1
Resistência total	100	Massa total do veículo	20,9	5,2

Fonte: Continental (1999).

A fase de uso do pneu acompanha um alto consumo de energia e recurso natural, contribuindo para o aumento do aquecimento global, os potenciais de acidificação e nitrificação. A maior parte das emissões atmosféricas do ciclo de vida do pneu é dada na fase de uso (aproximadamente 95,4%), relativo quase que completamente (aproximadamente 98%) às emissões de dióxido de carbono. A maior parte da energia acumulada de um pneu também se encontra na fase de seu uso (aproximadamente 95,8%) e o potencial de aquecimento global, expresso em CO<sub>2</sub> equivalente, com referência em um horizonte de 100 anos, levando-se em consideração o CO, metano e o N<sub>2</sub>O, é determinado quase que inteiramente pelas emissões de CO<sub>2</sub> em maiores quantidades na fase de uso. Os potenciais de acidificação, que se referem à poluição de gases liberados (dióxido de enxofre, óxido de nitrogênio e ácidos como HCl, HF e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), são expressos em SO<sub>2</sub> equivalentes e também são apresentados em maior porção na fase de uso do pneu (aproximadamente 85,1%). O potencial de nitrificação, se refere ao fornecimento de nutrientes no sistema ecológico, expresso em fosfato equivalente, também é predominante na fase do uso (aproximadamente 89,8%) (Continental, 1999).

Por outro lado, na questão de consumo de água, a fase de aquisição de matérias-primas corresponde à maior parte do impacto negativo

(aproximadamente 94,4%). Os elementos derivados da abrasão do pneu, que são encontrados no solo e na água de chuva, são compostos por aproximadamente 42% de borracha, 34% de negro de carbono e 17% de óleos minerais e os outros 7% de outros compostos derivados do processo de vulcanização. Há uma grande incerteza com relação à determinação dos impactos dessas variáveis (Continental, 1999). Inclusive, o maior contribuidor para a categoria de toxicidade humana é a aquisição de matérias-primas, principalmente devido à fase de produção de químicos orgânicos (Sun et al., 2016).

Segundo Continental (1999), um pneu é considerado usado após um período de uso, ao cumprir com sua capacidade funcional original e pode ser reciclado devido ao valor de seu material e/ou capacidade de geração de energia. Sua reciclagem representa uma expansão nos benefícios do uso de um pneu de carro e por isso as análises de ciclo de vida de um pneu de carro e de um pneu usado são realizadas separadamente. Os três processos de reciclagem estudados pelo autor – a recapagem, a produção de cimento e a geração de energia em fábricas de pneu – são comparados a outros processos da produção de um novo pneu. Como conclusão a reciclagem de pneus usados com 20 a 25% da energia total utilizada na produção de cimento reduz a geração de resíduos em 14%, as emissões atmosféricas em 1,4%, os potenciais de aquecimento global (em 1,9%), acidificação (em 1,9%) e nitrificação (em 1,9%). No que diz respeito à queima de pneus para a geração de energia, há sempre efeitos positivos e negativos na poluição ambiente, pois corresponde de 25 a 30% da eficiência energética das usinas convencionais, a base de combustíveis fósseis, aumento de consumo de água e de geração de resíduos contendo metais pesados. Por outro lado, utiliza 45% menos recursos, reduz a emissão atmosférica em 17% de CO<sub>2</sub>, 20% do potencial de aquecimento global, 33% do potencial de acidificação, e a redução das quantidades de SO<sub>2</sub> e cádmio pode reduzir o potencial de toxicidade. Com relação à recauchutagem, a produção de um pneu novo demanda 2,3 mais energia, 1,85 mais ar, 25 vezes mais água e 1,4 mais recursos em relação à um pneu completamente recauchutado após usado, além de apresentar um potencial de aquecimento global 1,8 vezes maior, um potencial de acidificação 1,75 vezes maior e o de nitrificação 1,07 vezes maior, o que significa que a fabricação de um novo pneu apresenta maior impacto ambiental do que o pneu recauchutado. Em sua vida, a resistência ao rolamento do pneu recauchutado pode aumentar de 3 a 10% na fase de uso, o que aumenta o consumo de combustível. Por outro lado, a vida de um pneu recauchutado exibe aproximadamente 89% menos de consumo de água, reduz a quantidade de resíduos em aproximadamente 95%.

No fim de vida, Sun et al. (2016) concluem que, assumindo-se que 100% dos pneus são coletados e reciclados para a produção de borracha recuperada, as contribuições com relação ao potencial de aquecimento global, ao potencial de eutroficação e o potencial de toxicidade humana são negativos, enquanto que as contribuições para o potencial de acidificação e o potencial de geração de oxidantes fotoquímicos são positivas.

Barros (2000) cita duas formas de reciclagem: valorizando-se o pneu, incorporando nova borracha em substituição a que foi gasta - recauchutagem, ou valorizando o material por trituração e reutilizando a borracha na fabricação de pneus e outros produtos por granulação.

Sun et al. (2016) concluem que o consumo de combustível do veículo e a proporção consumida pelo pneu durante sua fase de uso são fatores-chave que contribuem para o impacto ambiental durante a vida do pneu.

#### 4.5. Indicadores ambientais

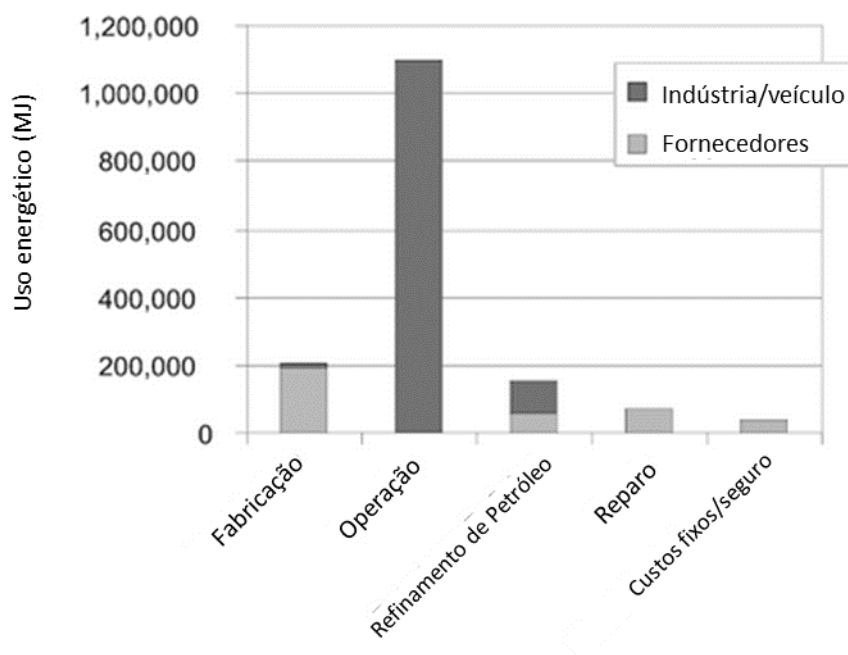
Hendrickson et al. (2006) aplicam o método de Análise Ciclo de Vida para um veículo de passeio. Sua energia de uso é estimada pelos autores segundo a equação (12), em que  $E_{op}$  é a energia de operação do veículo,  $VMT$  é a duração de vida do veículo em milhas percorridas pelo veículo,  $E_{cmb}$  é a energia do combustível, e  $MHFE$  a eficiência de combustível. As emissões oriundas da operação do veículo são calculadas pela equação (13), em que  $E_{CO2}$  são as emissões de  $CO_2$  de um veículo durante sua vida em gramas,  $C_{content}$  é a quantidade de carbono em gramas por galões de combustível e  $44/12$  é o fator de conversão de gramas de carbono para gramas de  $CO_2$ . O carbono vindo de outros componentes como o metano e o monóxido de carbono não foram considerados na análise.

$$E_{op} = (VMT \times E_{cmb}) / MHFE \quad (12)$$

$$E_{CO2} = VMT \times MHFE \times C_{content} \times 44/12 \quad (13)$$

Em sua avaliação os autores concluíram que a operação dos veículos é o componente de maior intensidade energética de um veículo à gasolina, sendo responsáveis por 75% de todo o uso energético do veículo, podendo chegar a 85% se contada a energia necessária para o refinamento do petróleo. O processo

de fabricação se posiciona em segundo lugar na intensidade energética, como mostrado na Figura 22.



**Figura 22 - Uso energético no Ciclo de Vida de um automóvel**

Fonte: Hendrickson et al. (2006) traduzido pelo autor.

Brown et al. (2018), aplicam uma metodologia para estimativa das emissões do transporte de cargas rodoviário do Reino Unido. O consumo de combustível e as emissões de  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$ , assim como gases de efeito estufa indiretos e poluentes do ar, NMVOCs,  $\text{NO}_x$ , CO e  $\text{SO}_2$ , de diferentes tipos de veículo são calculados a partir de fatores de emissão medidos e expressos em g/kg e de dados estatísticos do Departamento de Transportes sobre trânsito rodoviário e composição de frotas. Os fatores de emissão foram usados a partir das fontes COPERT 5 - *Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport* (Emisia - <http://emisia.com/products/copert/copert-5>) e EMEP/EEA (EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016).

De maneira similar, o Ministério do Meio Ambiente, junto com outros parceiros, publicou mais de um estudo que apresenta um quadro completo do total de poluentes emitidos pelo Brasil pelo transporte rodoviário: Os inventários de emissões de poluentes atmosféricos, segundo o MMA (2014), são instrumentos de gestão ambiental que estimam as emissões em uma área geográfica num período de tempo, que permitem orientar medidas de intervenção.

Tabela 7 - Poluentes considerados no Inventário

Poluentes	Automóveis e comerciais leves do ciclo Otto		Motocicletas		Veículos do ciclo Diesel	Veículos a GNV
	Gasolina C	Etanol hidratado	Gasolina C	Etanol hidratado		
<b>Emissões de escapamento</b>						
Monóxido de carbono (CO)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Óxidos de nitrogênio (NO <sub>x</sub> )	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Material particulado (MP) *	✓		✓		✓	
Aldeídos (RCHO)	✓	✓				✓
Hidrocarbonetos não-metano (NMHC <sub>escap</sub> )	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Metano (CH <sub>4</sub> )	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Óxido Nitroso (N <sub>2</sub> O)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Emissões evaporativas (NMHC<sub>evap</sub>)</b>	✓	✓				
<b>Emissões por desgaste de freios e pneus (MP)</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Emissões por desgaste de pista (MP)</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓

\*Material particulado gerado pela queima de combustíveis

Fonte: MMA (2014).

Os poluentes considerados por MMA (2014) em seu estudo são, como mostrado na Tabela 7:

- Material particulado (MP) de escapamento, por automóveis, veículos comerciais leves e motocicletas movidos à gasolina C.
- Emissões de material particulado causadas por desgaste de freios e pneus, e por desgaste de pista.
- Metano (CH<sub>4</sub>) por todas as categorias de veículos.
- Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) por todas as categorias de veículos.
- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por todas as categorias de veículos.

#### 4.5.1.Fatores de emissão

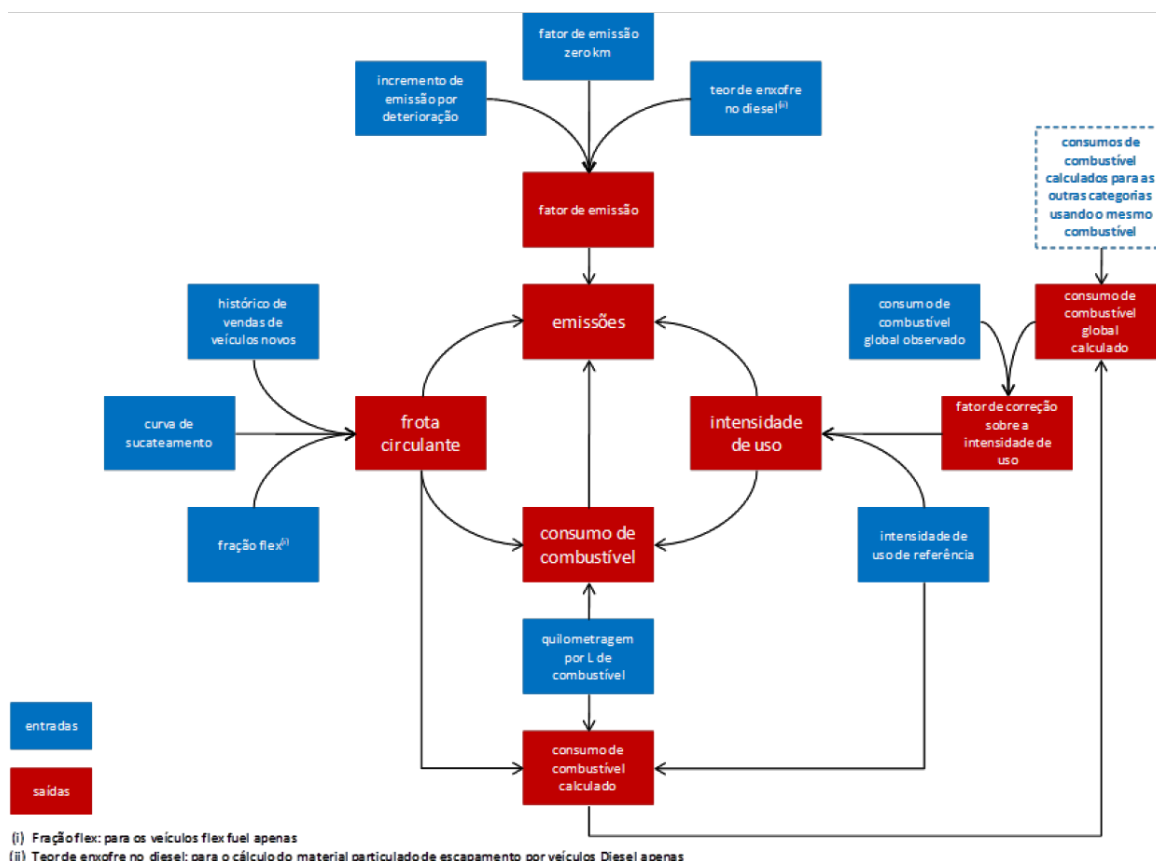
Segundo a metodologia proposta por MMA (2014), as emissões de escapamento da frota circulante são estimadas conforme a Equação 14, em que  $E$  é a taxa anual de emissão do poluente considerado, em gramas por ano (g/ano),  $F_e$  é o fator de emissão do poluente considerado, expresso em massa do poluente em gramas por quilômetros percorridos em quilômetros (g\_poluente/km),  $F_r$  é a frota circulante de veículos do ano-modelo considerado, em número de veículos e  $Iu$  é a intensidade de uso do veículo em quilometragem anual percorrida (km/ano).



Equação (14):

$$E = F_r \times I_u \times F_e \quad (14)$$

A elaboração do inventário depende de quatro conjuntos de dados: a frota de veículos em circulação, os fatores de emissão de poluentes, a intensidade de uso e o consumo de combustível, como mostrado na Figura 23.



**Figura 23 - Procedimentos para estimar emissões**

Fonte: MMA (2014).

A categorização da frota apresentada por MMA (2014) aponta que todos os veículos do transporte rodoviário de cargas analisados no inventário possuem motor à Diesel. As emissões que ocorrem em situações reais de uso dos veículos acontecem conforme as emissões diurnas, perdas em movimento, emissões evaporativas do veículo em repouso com motor quente e frio. O método de cálculo adotado pelo MMA (2014) para a definição dos fatores de emissão foi baseado na metodologia Tier 2, do Guia Europeu para Inventário de Emissões – *Emission Inventory Guidebook*, EMEP/EEA - European Environment Agency (2009), aproveitando também os resultados dos ensaios de homologação nacionais.

Segundo EMEP/EEA (2009), as emissões podem ser estimadas em diferentes níveis de complexidade. O método Tier 1 é um método simples que utiliza apenas fatores de emissão padrão. Ao passar para o nível mais complexo Tier 2, o fator de emissão padrão deve ser substituído por fatores de emissão específicos de cada país ou tecnologia. O método Tier 3 utiliza os mais recentes conhecimentos científicos em abordagens e modelos mais sofisticados.

Para cada poluente considerado pelo inventário, no que diz respeito ao transporte rodoviário de cargas, o MMA (2014) apresentou os seguintes fatores de emissão:

(a) Metano ( $\text{CH}_4$ ):

O fator de emissão de  $\text{CH}_4$ , segundo CETESB (2014), é de 0,06 g/km para caminhões e ônibus.

(b) Material particulado (MP):

Os fatores de emissão de MP por desgaste de pneus, freios e pista considerados no inventário do MMA (2014) são apresentados na Tabela 8.

**Tabela 8 - Fatores de emissão de MP**

<b>Categoria</b>	<b>MP 10 desgaste de pneus e freios (g/km)</b>	<b>MP 10 desgaste de pista (g/km)</b>
Motocicletas	0,0064	0,0030
Automóveis	0,0138	0,0075
Comerciais Leves	0,0138	0,0075
Caminhões Semileves	0,0216	0,0075
Caminhões Leves	0,0216	0,0075
Caminhões Médios	0,5900	0,0380
Caminhões Semipesados	0,5900	0,0380
Caminhões Pesados	0,5900	0,0380
Ônibus Rodoviários	0,5900	0,0380
Ônibus Urbanos / Micro-ônibus	0,5900	0,0380

Fonte: MMA (2014).

(c) Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ):

Os parâmetros utilizados para o cálculo dos fatores de emissão de  $\text{CO}_2$  são apresentados na Tabela 9, que expressam os fatores de emissão em ton\_C/ TJ, cuja conversão para unidades de massa de  $\text{CO}_2$  por volume de combustível é dado pela equação (15). A Tabela 10 apresenta a densidade energética utilizada para cada ano e a Tabela 11 os fatores de emissão a cada ano expressos em quilogramas por litro (kg/L) (MMA, 2014):

$$\frac{kg_{CO_2}}{L} = \frac{ton_C}{TJ} \times \frac{TJ}{tep} \times \frac{tep}{m^3} \times \%oxidação \times \frac{44 ton_{CO_2}}{12 ton_C} \quad (15)$$

Em que,

- $\frac{kg_{CO_2}}{L}$  é o fator de emissão calculado em kg de dióxido de carbono por litro de combustível.
- $\frac{ton_C}{TJ}$  é o fator de emissão apresentado na Comunicação Nacional do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – MCT (2004), em toneladas de carbono por Terajoule de combustível.
- $\frac{TJ}{tep}$  é o fator de conversão de unidades de energia, de Terajoules para toneladas equivalentes de petróleo (tep), disponível no Balanço Energético Nacional 2012, EPE (2013).
- $\frac{tep}{m^3}$  é a densidade energética em tep/m<sup>3</sup>. Para os anos anteriores a 2005, foram utilizados os valores apresentados na Comunicação Nacional do Brasil – MCT (2004), para os demais anos os valores se encontram no Balanço Energético Nacional 2012, EPE (2013).
- %Oxidação é a fração do carbono presente no combustível realmente oxidado na combustão, disponível na Comunicação Nacional do Brasil – MCT (2004).
- $\frac{44 ton_{CO_2}}{12 ton_C}$  é a relação entre as massas molares do CO<sub>2</sub> e do carbono.

(d) Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O):

Os fatores de emissão do N<sub>2</sub>O para veículos do ciclo Diesel são apresentados na Tabela 12.

**Tabela 9 - Parâmetros para o cálculo dos fatores de emissão de CO<sub>2</sub>**

Combustível	Fator de Emissão (tC/TJ)	TJ/tep	tep/m <sup>3</sup>	% Oxidada
Gasolina Automotiva	18,9	0,04187	Tabela 9	99,0%
Etanol Anidro	18,8			
Etanol Hidratado	20,2			
Diesel Mineral	20,2			
Biodiesel*	20,2			99,5%
GNV	15,3			

\* Para o biodiesel, foi considerado o mesmo fator de emissão, em tC/TJ, do diesel mineral.

Fonte: MMA (2014).

**Tabela 10 - Densidade energética utilizada para cada combustível**

Ano-calendário	Gasolina Automotiva (tep/m³)	Etanol Hidratado (tep/m³)	Etanol Anidro (tep/m³)	Diesel Mineral (tep/m³)	Biodiesel (tep/m³)	GNV (tep/1000m³)
1980	0,77			0,8570		
1981	0,769			0,8620		
1982	0,77			0,8650		
1983	0,787			0,8630		
1984	0,786			0,8710		
1985	0,793			0,8680		
1986	0,792			0,8750		
1987	0,787			0,8730		
1988	0,794	0,51	0,534	0,8700		
1989	0,789			0,8750		
1990	0,787			0,8750		
1991-1997	0,787			0,8710		
1998	0,781			0,8620		0,880
1999	0,777			0,8570		
2000	0,773			0,8510		
2001-2004	0,77			0,8480		
2005-2012	0,77			0,8480	0,7920	

Fonte: MMA (2014).

**Tabela 11 - Fatores de emissão de CO<sub>2</sub> por ano**

Ano-calendário	Gasolina Automotiva (kg/L)	Etanol Hidratado (kg/L)	Etanol Anidro (kg/L)	Diesel Mineral (kg/L)	Biodiesel (kg/L)	GNV (kg/m³)
1980	2,209			2,631		
1981	2,209			2,646		
1982	2,212			2,656		
1983	2,261			2,649		
1984	2,258			2,674		
1985	2,278			2,665		
1986	2,275			2,686		
1987	2,261			2,680		
1988	2,281	1,457	1,526	2,671		
1989	2,266			2,686		
1990	2,261			2,686		
1991-1997	2,261			2,674		
1998	2,243			2,646		1,999
1999	2,232			2,631		
2000	2,220			2,613		
2001-2004	2,212			2,603		
2005-2012	2,212			2,603	2,431	

Fonte: MMA (2014).

**Tabela 12 - Fatores de emissão de N<sub>2</sub>O**

Categoria	N <sub>2</sub> O (g/km)
Comerciais Leves Diesel	0,02
Ônibus	0,03
Caminhões	0,03

Fonte: MMA (2014).

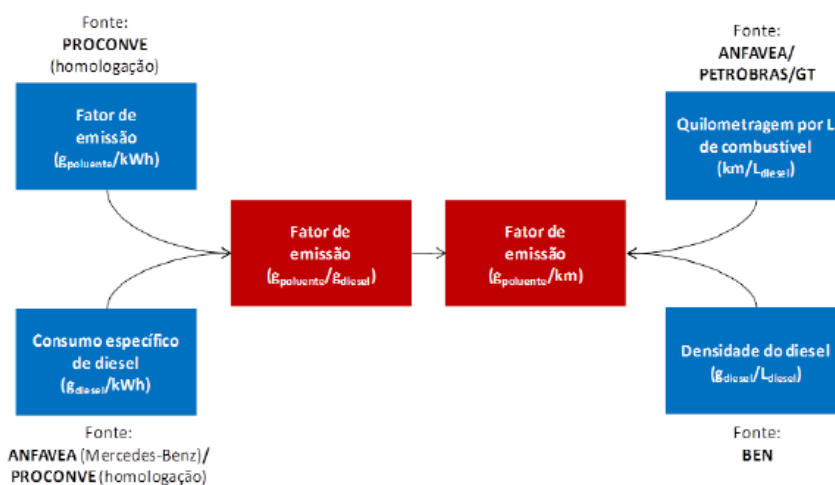
#### 4.5.2. Fatores de emissão de poluentes para caminhões

Os fatores de emissão médios para motores pesados do ciclo Diesel, apresentados pela CETESB (2014), são gerados nos ensaios de homologação segundo os ciclos estabelecidos nas normas técnicas ABNT- NBR 14489 (2000) e ABNT - NBR 15634 (2012). As emissões são medidas em termos da massa de poluentes gerados por unidade de trabalho realizado pelo motor expressas em  $g_{poluente}/kWh$ . A obtenção desses fatores em termos de  $g_{poluente}/km$  é dado a partir das equações (16) e (17).

$$\frac{g_{poluente}}{g_{diesel}} = \frac{g_{poluente}}{kWh} \div \frac{g_{diesel}}{kWh} \quad (16)$$

$$\frac{g_{poluente}}{km} = \frac{g_{poluente}}{g_{diesel}} \times \frac{g_{diesel}}{L_{diesel}} \div \frac{km}{L_{diesel}} \quad (17)$$

A Figura 24 apresenta o esquema para o cálculo dos fatores de emissão em  $g_{poluente}/km$  utilizados no inventário (MMA, 2014).



**Figura 24 - Procedimentos para estimar os fatores de emissão em g/km**

Fonte: MMA (2014).

Os fatores de emissão de poluentes em  $g_{poluente}/km$  até o ano 2010, expresso na Tabela 13, foram obtidos baseados em ensaios de motores realizados pela Mercedes Benz e fornecidos pela ANFAVEA<sup>7</sup>, a partir de 2011 a referência são as homologações da CETESB (2014).

<sup>7</sup> ANFAVEA. Site Autoveículos 2013. Disponível em: <http://www.anfavea.com.br/tabelas.html>. apud MMA, 2014.

**Tabela 13 - Fatores de emissão de CO, NOx, NMHC e MP<sub>comb</sub>.**

Ano/modelo	Fase PROCONVE	Categoria	CO	NOX	NMHC	MPcomb*
Até 1999	P2/P3/P4	Semileves	0,7640	4,3940	0,2790	0,2710
		Leves	1,25	7,19	0,457	0,444
		Médios	1,25	7,19	0,457	0,444
		Semipesados	2,014	11,59	0,736	0,715
		Pesados	2,014	11,59	0,736	0,715
...	...	...	...	...	...	...
2010	P5	Semileves	0,449	1,877	0,088	0,036
		Leves	0,522	3,141	0,103	0,051
		Médios	0,509	3,168	0,096	0,054
		Semipesados	0,919	5,215	0,133	0,1
		Pesados	0,653	5,138	0,155	0,066
2011	P5	Semileves	0,474	1,747	0,058	0,039
		Leves	0,521	3,11	0,093	0,052
		Médios	0,517	3,063	0,105	0,056
		Semipesados	1,015	4,776	0,096	0,087
		Pesados	0,729	4,726	0,135	0,065
2012	P7	Semileves	0,004	0,511	0,004	0,003
		Leves	0,12	0,771	0,027	0,007
		Médios	0,051	1,025	0,006	0,007
		Semipesados	0,275	1,645	0,032	0,016
		Pesados	0,111	1,544	0,011	0,014

\* Valor válido para o teor de enxofre no diesel utilizado no ensaio de homologação.

Fonte: MMA (2014) adaptado pelo autor.

## 4.6. Conclusão do Capítulo 4

A análise de ciclo de vida mostra que a fase de uso dos veículos é a que tem maior importância em impacto ambiental, levando-se em consideração todo aspecto da cadeia de produção, do uso e do fim de vida dos produtos associados. Tal fase contribui mais efetivamente a partir das emissões de gases de efeito estufa advindos da queima de combustíveis fósseis e de outras substâncias nocivas à saúde humana e ao meio ambiente.

Os fatores de emissões apresentados permitem estimar a quantidade de gases emitidos de um dado veículo se o seu consumo de combustível for conhecido. Nesse contexto, o monitoramento desse parâmetro no veículo permite a aquisição de tal informação. O acesso a essa informação, se disponível, permite o cálculo e estimativas das emissões do setor com maior precisão. Isso oferece à sociedade e à comunidade científica meios de redução dos impactos do setor, a partir de leis, ações públicas e o desenvolvimento de tecnologias mais adequadas.

## 5

### Análise dos dados do estudo de caso

A extensa revisão bibliográfica sobre os diversos cálculos de indicadores do transporte no que diz respeito aos aspectos econômicos e ambientais da logística sustentável, abordados nos capítulos anteriores, permite a definição de um conjunto de indicadores a partir do sistema veicular conectado à internet.

Os dados pós tratados de um dos veículos conectados do projeto descrito no Capítulo 2, que é a base do estudo de caso, constituem um banco de dados com os parâmetros físicos disponibilizado pelo sistema de conexão, a partir do qual é possível determinar os principais indicadores de desempenho descritos no Capítulo 3 e os indicadores ambientais descritos no Capítulo 4.

O Estudo de Caso ilustra a possibilidade de definição de indicadores baseados em metodologias aceitáveis e com possibilidade de repetição em todo o espectro da pesquisa. Ilustra ainda a aplicação de filtros baseados nesses indicadores para extração de informações interessantes para a Gestão de Frotas e do impacto ambiental. Não é objetivo esgotar as possibilidades e nem comprovar outras teorias. Várias empresas de ponta com utilização intensiva de tecnologia e inovação estão, neste momento, pesquisando formas de agregar valor de forma efetiva a seus Sistemas de Gestão pela utilização de IoT. A abundância de dados que IoT permite e o valor que poderia ser agregado ainda não está sendo explorada de forma adequada para Gestão de Frotas, por exemplo.

A Tabela 14 define os parâmetros físicos que são diretamente e indiretamente medidos ou estimados a partir do sistema do veículo conectado.

A Tabela 15 é uma amostra dos dados pós tratados (ou processados) fornecidas para esse estudo de caso, que são relativos aos meses de maio a julho de 2018. Os dados que correspondem a todo o período analisado encontram-se no Anexo deste trabalho. As rotinas de pós processamento dos dados brutos não foram disponibilizadas para exploração neste estudo. A partir do banco de dados pós processado, definem-se os indicadores que serão descritos neste capítulo.

As grandezas obtidas a partir do sistema de conexão representam valores acumulados em um determinado período de tempo, representado pelas informações de motor ligado, tempo de motor ligado e veículo desligado. Tais valores podem apresentar uma pequena variação em relação ao seu valor real.

Os valores reais, que podem ser obtidos a partir de uma verificação do veículo, não foram disponibilizados, portanto não foi possível realizar cálculos de erros de medição.

**Tabela 14 - Classificação de parâmetros fornecidos pelo sistema**

Parâmetro	Medidos	
	diretamente	indiretamente/estimados
Localização GPS	Antena	-
Pressão dos pneus	Sensores	-
Consumo de combustível	Sensores veiculares conectados ao CAN	-
Velocidade, aceleração veicular	-	Derivados dos dados de localização
Carga	-	Estimativa de carga baseada em dados de funcionamento do motor, velocidades, características do veículo.

Fonte: Autor (2019).

É importante manter em um primeiro momento a fidelidade com os dados de origem. A aplicação de filtros deve acontecer depois da definição de indicadores adequada e metodologicamente estabelecidos, para evitar desprezar informações valiosas por problemas com fundo de escala ou precisão das medidas.

Os parâmetros relacionados ao funcionamento do motor, quilometragem percorrida e consumo de combustível são captados diretamente do CAN do veículo. Os dados de carga são obtidos a partir de cálculos indiretos que relacionam a massa do veículo com o torque do motor obtido pelo CAN, velocidade, aceleração obtidos pelo GPS, e outros parâmetros estimados, como área frontal do veículo e coeficiente de resistência do ar. A estimativa de massa, segundo as fontes desses dados, apresenta um erro de 7% e é possível de ser obtida a partir de dados do veículo em movimento, e requer uma quantidade mínima de aquisição de dados para ser calculada, que nem sempre foi possível por falhas no envio de dados. Portanto, nessa amostra não foram apresentados os dados de massa relativos a todo o tempo operacional do veículo. Isso não pode ser ignorado, pois para o cálculo dos indicadores que necessitam dessa informação os resultados operacionais seriam enviesados.



**Tabela 15 – Amostra dos dados coletados via IoT**

Veículo	MOTOR LIGADO (hh:mm:ss)	TEMPO DE MOTOR LIGADO (hh:mm:ss)	Hodômetro (km)	Consumo (Litros)	Carga Total (kg)	VEÍCULO DESLIGADO (hh:mm:ss)
0159VID	23/07/2018 22:11:37 (UTC-3)	00:05:15	149.068	0,50	21.739,35	23/07/2018 22:16:52 (UTC-3)
0159VID	23/07/2018 21:57:01 (UTC-3)	00:03:51	149.068	0,50	21.739,35	23/07/2018 22:00:52 (UTC-3)
0159VID	23/07/2018 21:55:44 (UTC-3)	00:00:09	149.068	0,00	21.739,35	23/07/2018 21:55:53 (UTC-3)
0159VID	23/07/2018 21:26:18 (UTC-3)	00:00:29	149.068	0,00	21.739,35	23/07/2018 21:26:47 (UTC-3)
...	...	...	...	...	...	...
0159VID	03/05/2018 12:14:03	00:01:29	119.766	0,00	52.906,93	03/05/2018 12:15:32
0159VID	03/05/2018 12:05:05	00:07:48	119.711	0,50	52.906,93	03/05/2018 12:12:53
0159VID	03/05/2018 09:23:43	00:03:31	119.710	0,50	52.906,93	03/05/2018 09:27:14
0159VID	03/05/2018 08:21:18	01:00:24	119.710	20,00	52.906,93	03/05/2018 09:21:42
0159VID	03/05/2018 05:46:34	02:06:51	119.682	57,00	52.906,93	03/05/2018 07:53:25
0159VID	02/05/2018 19:32:33	00:46:02	119.561	19,00	52.906,93	02/05/2018 20:18:35
0159VID	02/05/2018 16:34:51	02:22:18	119.526	63,50	52.906,93	02/05/2018 18:57:09
0159VID	02/05/2018 12:05:58	04:04:45	119.406	128,00	52.906,93	02/05/2018 16:10:43
0159VID	02/05/2018 09:04:00	02:10:38	119.197	57,50	52.906,93	02/05/2018 11:14:38
0159VID	02/05/2018 08:37:55	00:12:07	119.069	8,00	52.906,93	02/05/2018 08:50:02
0159VID	02/05/2018 04:33:48	03:42:29	119.061	117,00	52.906,93	02/05/2018 08:16:17

Fonte: Michelin (2018a).

Por consequência, sabendo-se que a operação do veículo de estudo possui consistência e constância em carregamento e viagens, é possível admitir que em determinado período o veículo estaria operando vazio ou em plena carga, oscilando em torno de 24 a 74 toneladas. A tabela 16 apresenta a classificação da operação a partir do cruzamento de informações como o tempo de motor ligado e desligado e a distância percorrida.

Nos momentos em que o veículo esteve parado, a carga considerada foi igual às calculadas em momentos anteriores. Após a definição de classificação da operação em relação ao carregamento, os vazios relativos aos dados de carga foram considerados como a média dos dados conhecidos para veículo em plena carga e vazio (Tabela 17).

Baseado nessas considerações, é possível realizar os cálculos dos indicadores operacionais de frota.

**Tabela 16 - Classificação da operação para definição do carregamento**

Operação	Distância (Km)	Delta VEÍCULO DESLIGADO (h)	OBS
carga/descarga	<2	6>h>1	entre paradas e um período de viagens em torno de 825km.
descanso	-	>6	de um dia para outro, curta distância. Pode ser seguido de uma viagem. Nesse caso a operação é classificada como "viagem".
parada	<10	-	Pequenas distâncias, curto período entre os momentos de desligamento do motor.
viagem	>10	-	Distância percorrida maior que 10km com veículo em trânsito.

Fonte: Autor (2019).

**Tabela 17 - Médias de carga do veículo carregado e descarregado**

Operação	Massa total média (kg)	DesvPad massa total (kg)
carregado	68.149	7.422
descarregado	22.367	1.170
Total	33.347	19.948

Fonte: Autor (2019).

## 5.1.Cálculo de indicadores de desempenho de frotas

### 5.1.1.Seleção dos indicadores de desempenho de frotas

Diversos indicadores de desempenho apresentados no Capítulo 4 não são apropriados para o escopo do estudo, pois não é possível captá-los através do sistema de conexão veicular apresentado no estudo de caso. A Tabela 18 mostra os indicadores operacionais, explorados por Silva (1999), que são possíveis de serem calculados a partir de dados de monitoramento enviados à rede internet, a partir do sistema de conexão veicular.

**Tabela 18 - Indicadores de desempenho selecionados no estudo de caso**

Indicadores	Equações
Índice de aproveitamento do veículo (carga transportada / capacidade de carga) - IA [%]	$\frac{TCT \times 100}{CC}$
Tonagem média transportada por quilômetro – m/S [t/km]	$\frac{TTM}{TKm}$
Tonagem transportada em distância percorrida por veículo por período – m.S/t [ton.km/h]	$\frac{\text{tonelada} \times \text{quilômetro}}{\text{veículo} \times \text{período}} \left[ \frac{t. km}{h} \right]$

Aproveitamento do tempo de operação por veículo – S/t [km/h]	$\frac{\text{veículo} \times \text{quilômetro (1)}}{\text{horas de operação (2)}}$
Índice de consumo de combustível – $V_{\text{conso}}/S$ [l/km]	$\frac{TL \times 100}{TKM}$
Quilometragem média percorrida por litro transportando carga – $S/V_{\text{carga}}$ [km/l]	N/A
Quilometragem média percorrida por litro sem carga transportada – $S/(1-V_{\text{carga}})$ [km/l]	N/A
Distância de transporte (terminal até o destino final) S – [km]	N/A

Fonte: Autor (2019) a partir de Silva (1999).

### 5.1.2. Indicadores de desempenho calculados:

A Tabela 19 apresenta a distância percorrida e o consumo total do veículo para três meses de operação do veículo quando carregado e descarregado, de maio a julho de 2018.

**Tabela 19 - Distância percorrida e consumo de combustível totais**

Mês	Distância (km)	Consumo de combustível (litros)	$V_{\text{conso}}/S$ (l/km)
Maio	8.779 [%]	3.866 [%]	0,440
carregado	4.159 47%	2.429 63%	0,584
descarregado	4.620 53%	1.437 37%	0,311
Junho	12.291	5.528	0,450
carregado	6.318 51%	3.710 67%	0,587
descarregado	5.973 49%	1.818 33%	0,304
Julho	12.661	5.490	0,434
carregado	5.937 47%	3.446 63%	0,580
descarregado	6.725 53%	2.044 37%	0,304
<b>Total</b>	<b>33.730</b>	<b>14.883</b>	<b>0,441</b>

Fonte: Autor (2019).

Observa-se a partir desses resultados o efeito do carregamento sobre o consumo de combustível. Em maio a porção de todas as viagens realizadas pelo veículo carregado corresponde a 47% do trajeto total, mas 63% do combustível consumido para o mesmo período. Tal tendência se repete nos outros meses. O índice de consumo de combustível ( $V_{\text{conso}}/S$ ) indica que o efeito da carga pode chegar a 48% de redução quando o veículo transita descarregado em relação ao veículo carregado.

A Tabela 20 apresenta os resultados totais de carga transportada e o período de operação por mês, a partir dos quais, juntos com os dados de distância percorrida, foram calculados os indicadores operacionais relacionados à carga transportada em toneladas: a média do índice de aproveitamento do veículo (IA), a tonelagem média por quilômetro (m/S), a tonelagem em distância percorrida por veículo por hora e o aproveitamento do tempo de operação por veículo (S/t). Observa-se uma evolução na eficiência de carregamento de maio a julho de 2018, refletido no aumento de todos os indicadores calculados.

**Tabela 20 - Indicadores operacionais relacionados à carga**

Mês	Massa [ton]	Delta t Operação [h]	Avg IA[%]	m/S [ton/km]	m.S/t [ton.km/h]	S/t [km/h]
<b>Maio</b>	2.041	562,02	24%	0,23	31.887,04	15,62
<b>Junho</b>	3.972	729,10	38%	0,32	66.952,00	16,86
<b>Julho</b>	4.060	744,30	37%	0,32	69.064,21	17,01
<b>Total</b>	<b>10.073</b>	<b>2.035,42</b>	<b>34%</b>	<b>0,30</b>	<b>166.929,46</b>	<b>16,57</b>

Fonte: Autor (2019).

A Tabela 21 apresenta quilometragem média percorrida por litro transportando carga ( $S/V_{\text{carga}}$ ) e a quilometragem média percorrida por litro sem carga transportada ( $S/(1-V_{\text{carga}})$ ).

**Tabela 21 - Quilometragem média por litro transportado e não transportado**

Mês	Distância [Km]	Carga [l]	1- Carga[l]	$S/V_{\text{carga}}$ [km/l]	$S/(1-V_{\text{carga}})$ [km/l]
<b>Maio</b>	8.779	1.109.508	3.428.536	0,00791	0,00256
<b>Junho</b>	12.291	2.158.529	3.490.966	0,00569	0,00352
<b>Julho</b>	12.661	2.206.496	3.798.939	0,00574	0,00333
<b>Total</b>	<b>33.730</b>	<b>5.474.533</b>	<b>10.718.440</b>	<b>0,00616</b>	<b>0,00315</b>

Fonte: Autor (2019).

A Tabela 22, finalmente apresenta a média das distâncias de transporte do veículo desde a garagem até o destino final por mês.

A diferença de eficiência operacional do mês de maio e os demais pode ser justificada por dez dias de paralisação do setor de transportes no Brasil. A categoria de trabalhadores caminhoneiros convocou uma greve geral por dez dias no mês de maio (BBC, 2018).

**Tabela 22 - Distância até o ponto de entrega por mês**

Mês	Média distância até o destino final [km]
Maio	801,76
Junho	807,93
Julho	814,67
Média	808

Fonte: Autor (2019).

## 5.2.Cálculo de indicadores ambientais

### 5.2.1.Seleção dos indicadores ambientais

Os indicadores ambientais explorados no Capítulo 4 estão relacionados aos fatores de emissão de gases de efeito estufa e poluentes a partir de estimativas de distância percorrida por todo setor de transporte de cargas e de consumo de combustível, segregadas por categoria de veículo.

Os dados coletados a partir do estudo de caso permitem a medição de tais parâmetros de maneira acurada. Os fatores de emissão selecionados a partir da pesquisa realizado no capítulo anterior são:

(e) Metano (CH<sub>4</sub>):

O fator de emissão de CH<sub>4</sub>, segundo CETESB (2014), é de 0,06 g/km para caminhões e ônibus;

(f) Material particulado (MP):

Os fatores de emissão de MP por desgaste de pneus e freios e por desgaste de pista considerados no inventário do MMA (2014) para caminhões pesados, que é o caso do veículo abordado no estudo de caso, são 0,59 g/km e 0,038 g/km respectivamente;

(g) Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):

Aplicando-se os valores das Tabelas 9 e 10 do Capítulo 4, relativos a caminhões pesados, na Equação 4, tem-se o valor apresentado na Tabela 11 do Capítulo 5;

$$\frac{kg_{CO_2}}{L} = 20,2 \frac{t_c}{TJ} \times 0,04187 \frac{TJ}{tep} \times 0,8480 \frac{tep}{m^3} \times 0,99\% \times \frac{44}{12} \frac{t_{CO_2}}{t_c}$$

$$\therefore \boxed{\frac{kg_{CO_2}}{L} = 2,603 \text{ kg/L};}$$

(h) Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O):

O fator de emissão relativo ao N<sub>2</sub>O é de 0,03 g/km segundo MMA (2014);

(i) Poluentes (CO, NO<sub>x</sub>, NMHC e MP<sub>comb</sub>):

O consumo específico de combustível de motores diesel para caminhões pesados de 2012 é de 208 g<sub>diesel</sub>/kWh relativos (MMA, 2014). A densidade do diesel, segundo EPE (2017) é de 840g/L. Os fatores de emissão de poluentes em g<sub>poluente</sub>/kWh para caminhões pesados da Tabela 13 do Capítulo 5 são:

- 0,10 g/kWh de CO;
- 0,01 g/kWh de NO<sub>x</sub>;
- 1,39 g/kWh de NMHC;
- 0,0122 g/kWh de MP<sub>comb</sub>;

Aplicando-se esses fatores às equações 16 e 17 do Capítulo 4, é possível obter a Equação 18:

$$\frac{g_{poluente}}{L_{diesel}} = \left( \frac{g_{poluente}}{kWh} \div \frac{g_{diesel}}{kWh} \right) \times \frac{g_{diesel}}{L_{diesel}} \quad (18)$$

Aplicando-se a equação 18, é possível obter a emissão de cada poluente. Os fatores de emissão são sintetizados na Tabela 23.

**Tabela 23 - Fatores de emissão de caminhões pesados**

Substância	Fórmula	[g/km]	[g/L]
Metano	CH <sub>4</sub>	0,06	-
Material particulado	Mp <sub>pneus e freios</sub>	0,59	-
Material particulado	Mp <sub>pista</sub>	0,038	-
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	-	2603
Óxido Nitroso	N <sub>2</sub> O	0,03	-
Poluentes	CO	-	0,40
Poluentes	NO <sub>x</sub>	-	0,04
Poluentes	NMHC	-	5,61
Poluentes	Mp <sub>comb</sub>	-	0,05

Fonte: Autor (2019) a partir de MMA (2014).

### 5.2.2. Indicadores ambientais calculados

Aplicando-se os fatores de emissão para cada tipo de poluente, tem-se os seguintes valores de emissão para cada substância, apresentados na Tabela 24.

**Tabela 24 - Indicadores ambientais calculados**

Substância	Fórmula	Maio 2018	Junho 2018	Julho 2018	Total
<b>Metano [kg]</b>	CH <sub>4</sub>	0,53	0,74	0,76	2,02
<b>Material particulado [kg]</b>	Mp <sub>pneus e freios</sub>	5,18	7,25	7,47	19,90
<b>Material particulado [kg]</b>	Mp <sub>pista</sub>	0,33	0,47	0,48	1,28
<b>Dióxido de carbono [ton]</b>	CO <sub>2</sub>	22,85	31,99	32,96	87,80
<b>Óxido nitroso [kg]</b>	N <sub>2</sub> O	0,26	0,37	0,38	1,01
<b>Poluentes CO [kg]</b>	CO	3,55	4,96	5,11	13,62
<b>Poluentes NO<sub>x</sub> [kg]</b>	NO <sub>x</sub>	0,35	0,50	0,51	1,36
<b>Poluentes NMHC [kg]</b>	NMHC	49,28	68,99	71,07	189,34
<b>Poluentes Mp<sub>comb</sub> [kg]</b>	Mp <sub>comb</sub>	0,43	0,61	0,62	1,66

Fonte: Autor (2019).

### 5.3. Conclusões do Capítulo 5

Observa-se que, a partir dos dados enviados pelo sistema de conexão veicular, é possível obter tanto os indicadores operacionais da frota quanto os indicadores de impacto ambiental no que diz respeito às emissões de gases e poluentes. Em função dos resultados obtidos é possível avaliar oscilações mensais desses indicadores.

Constata-se no tratamento dos dados que há um risco de perda de dados em função de má cobertura da rede combinada com a má adequação do sistema a eventuais falhas de envio de dados. Com isso, não é possível considerar que os resultados sejam absolutos, num primeiro momento. É necessária uma evolução do sistema de conexão do jeito que ele é hoje idealizado para uma configuração que permita a captação mais abrangente dos parâmetros necessários para essa avaliação. Essa constatação foi possível graças à utilização de equipamentos redundantes, com diferentes configurações e capacidade de memória, para a captação de dados de distância percorrida, o que permitiu a avaliação dos dados perdidos.

## 6

## Considerações finais

### 6.1. Validade dos resultados e comentários

Este trabalho permitiu demonstrar, em um perímetro restrito de um estudo de caso e de um único veículo conectado à internet, a utilização de dados coletados a partir de um sistema de conexão para o cálculo de indicadores de desempenho de frotas, estabelecidos a partir de pesquisa sobre hábitos do setor de transporte, e indicadores ambientais, definidos por meio da aplicação de fatores de emissão de gases de efeito estufa e poluentes em confronto com os dados disponibilizados de consumo de combustível e distância percorrida pelo veículo em cada mês de análise. Desta forma, a viabilidade de aplicação do sistema de conexão em larga escala, no mercado, não foi considerada nesse estudo.

Não foi possível obter nenhum tipo de informação coletada de forma clássica, a partir de banco de dados de operação da empresa, para confrontar os dados coletados e permitir o cálculo de erros associados. Contudo, a parte dos dados disponibilizados foi obtida a partir do computador de bordo do veículo (CAN), que, desenvolvidos pelas próprias montadoras, possuem alta confiabilidade e consistência.

### 6.2. Respeito aos objetivos

A pesquisa sobre os indicadores operacionais limitou-se aos levantamentos a partir de métodos de cálculo já utilizados tradicionalmente, uma vez que não foram encontrados trabalhos com informações suficientes sobre a relação da internet e o setor de transporte de cargas. Portanto, uma vez que a evolução tecnológica do setor se estabeleça nessa direção, há terreno para novas propostas de indicadores operacionais no futuro.

Como resultado, é possível considerar que, do ponto de vista operacional, o uso dos dados captados atende parte da necessidade de entradas para o cálculo dos indicadores adotados pelo setor. Mesmo que a aplicabilidade do veículo conectado não atenda à totalidade dos indicadores levantados na pesquisa, imagina-se que diferentes bases de dados da empresa frotista integradas em um



mesmo ambiente on-line permitam o cálculo dos indicadores operacionais presentes nos demais domínios não explorados neste trabalho.

Por outro lado, o cálculo dos indicadores ambientais a partir dos fatores de emissão considerados aplicados aos dados captados mostrou uma nova percepção sobre a pegada ambiental de um veículo em operação. A constatação desta afirmação se dá na medida que foi possível estabelecer, por exemplo, a relação entre emissões segundo o carregamento do veículo.

Nesse aspecto, a IoT pode contribuir com a capitalização da pegada ambiental da frota na fase de uso dos veículos e permitir ações que vão de encontro com as premissas estabelecidas no paradigma do desenvolvimento sustentável, como políticas internas da empresa e incentivos públicos e campanhas para a redução do impacto do setor de transporte.

Não foi possível, contudo estabelecer ganhos econômicos mensuráveis como aumento de rentabilidade da empresa em função da utilização dessas tecnologias, assim como os ganhos ambientais mensuráveis, como a redução de emissão. Para a obtenção desse tipo de resultado seria necessário aplicar uma outra abordagem metodológica, inviável a partir de um estudo de caso.

### **6.3.Recomendações para trabalhos futuros**

Em resumo, este trabalho confirmou seu objetivo principal em registrar como a Internet das Coisas pode trazer ganhos ao desenvolvimento sustentável a partir do cálculo de indicadores operacionais e ambientais.

Estudos com abordagem similar a este, a partir de um estudo de caso em perímetro controlado e simplificado, podem seguir diferentes horizontes de análise, podendo abordar outros indicadores operacionais e outras abordagens no tratamento do aspecto ambiental.

Para além dos aspectos econômicos e ambientais da sustentabilidade, recomenda-se o desenvolvimento de pesquisas do tema relacionando-o ao aspecto social, a partir do cálculo de indicadores de qualidade de vida, com estudos sobre congestionamentos, análises sobre impacto de poluentes na saúde da população e acidentologia.

Com relação à metodologia utilizada, o desenvolvimento desse estudo, limitado à análise de apenas um veículo, não permitiu quantificação de ganhos econômicos e de impacto ambiental relacionados à utilização do sistema de conexão veicular em comparação com sistemas clássicos de gestão de frotas. A avaliação de dados coletados via sistema de conexão veicular com a internet

advindos de uma população de diferentes veículos e frotas permite uma avaliação estatística dos ganhos.

Sugere-se, a partir dessas considerações, como sequência para a presente pesquisa:

- Avaliar o uso da IoT na gestão de pneus e da manutenção do veículo;
- Explorar a integração das bases de gestão de frotas das empresas com dados coletados a partir do sistema de conexão veicular;
- Avaliar a performance dos veículos e componentes, como o pneu e motor, a partir de dados de IoT;
- Analisar a segurança relacionados à condução do veículo a partir de dados de IoT;
- Analisar comparativamente de desempenho de frotas que adotam tecnologias de monitoramento, conexão veicular em relação às que não o fazem;
- Investigar medidas eficazes de controle e redução do consumo de combustível e desgaste de pneus;
- Investigar sobre o impacto do estilo de condução no desempenho do veículo e pneus;
- Avaliar impacto dos congestionamentos a partir de dados do veículo;

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14489**: motor diesel - análise e determinação dos gases e do material particulado emitidos por motores do ciclo diesel - ciclo de 13 pontos. [S.l.], 2000. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=28502>>. Acesso em: 7 de mar 2019.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15634**: Veículos rodoviários automotores — Análise e determinação do gás de exaustão segundo os ciclos ETC, ESC e ELR. [S.l.], 2012. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=091772>>. Acesso em: 7 de mar 2019.

ANSARIPOOR, A. ; OLIVEIRA, F. ; LIRET, A. A risk management system for sustainable fleet replacement. **European Journal of Operational Research**. Elsevier B.V. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2014.02.006>. 2014. pp. 701-712.

ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres. **Relatório Anual 2016**. Registro Nacional do Transporte Rodoviário de Cargas – RNTRC. [S.l.:s.n], 2016.

ASHTON, K. That 'Internet of Things' Thing. **RFID Journal**. 2009. Disponível em : <<http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>>. Acesso em : 18 de jul. 2018.

ATZORI, L. ; IERA, A. ; MORABITO, G. The internet of things : a survey. **Computer Networks**. Elsevier B.V. doi:10.1016/j.comnet.2010.05.010 . 2010. pp. 2787–2805.

BARRAND, J.; BOKAR, J. Reducing tire rolling resistance to save fuel and lower emissions. **SAE Int. J. Passeng. Cars, Mech. Syst.** 1(1). 2009. pp.9-17. Disponível em: <<https://doi.org/10.4271/2008-01-0154>>. Acesso em: 21 jan. 2018.

BARROS, J. **Introdução a análise ciclo de vida do papel, dos óleos e dos pneus.** Relatório de estágio da cadeira de Projecto. Engenharia Metalúrgica e de Materiais. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, Portugal. 2000.

BBC. **Greve dos caminhoneiros: a cronologia dos 10 dias que pararam o Brasil.** Disponível em : <<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-44302137>>. Acesso em : 7 de mar. 2018

BIASI TANQUES. **Super Bitrem Alumínio.** Video publicado no canal do YouTube Biasi Tanques em 15 de março de 2017. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=3dgUYPL0Aq0>>. Acesso em : 20 de mai. 2018.

BORDIN, E. **Análise das empresas transportadoras de carga com ênfase na tecnologia de rastreamento.** Rio de Janeiro, 2008. Dissertação de Mestrado – Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

BRASIL. Lei nº 13.103, de 2 de março 2015. **Presidência da República, Casa Civil.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/lei/l13103.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13103.htm)>. Acesso em : 17 de mar. 2018.

BROWN, P.; BROOMFIELD, M.; CARDENAS, L.; CHOUDRIE, S.; KILROY, E.; JONES, L.; MACCARTHY, J.; PASSANT, N.; THISTLETHWAITE, G.; THOMSON, A.; WAKELING, D.; BUYS, G.; GILHESPY, S.; GLENDINING, M.; GLUCKMAN, R.; HAMPSHIRE, K.; HENSHALL, P.; HOBSON, M.; MALCOLM, H.; MANNING, A.; MATTHEWS, R.; MILNE, A.; MISSELBROOK, T.; MOXLEY, J.;

MURRELLS, T.; SALISBURY, E.; WALKER, C.; WATTERSON, J. **UK greenhouse gas inventory, 1990 to 2016 : annual report for submission under framework convention on climate change**. National Atmospheric Emissions Inventory. Oxfordshire, UK. 2018. Disponível em <[http://naei.beis.gov.uk/reports/reports?report\\_id=954](http://naei.beis.gov.uk/reports/reports?report_id=954)>. Acesso em : 7 de nov. 2018.

CABAN, J. ; DROŹDZIEL, P. ; BARTA, D. ; LIŠČÁK, S. Vehicle tire pressure monitoring systems. **Diagnostyka**, vol.15, No 3. 2014. pp. 11 - 14.

CALDAS FILHO, F. MARTINS, L. ; ARAUJO, I. ; MENDONÇA, F. ; COSTA, J. ; SOUSA JUNIOR, R. **Gerenciamento de serviços IoT com gateway semântico**. Conferências Ibero-Americanas WWW/Internet e Computação Aplicada. Vilamoura, Algarve, Portugal. 2017. pp.199-206.

CARISSIMI, A. **Internet das Coisas, middlewares e outras coisas**. Minicurso (M2 – Minicurso 2) apresentado no evento XVI ERAD-RS - Escola Regional de Alto Desempenho do Estado do Rio Grande do Sul. 2016.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Relatorio emissões veiculares 2013**. São Paulo. 2014. Disponível em: < <https://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/> >. Acesso em : 2 de fev. 2019.

CHOI, S. ; KIM, J. ; KWAK, D. ; ANGKITITRAKUL, P. ; HANSEN, J. Analysis and Classification of Driver Behavior Using in-Vehicle CAN-BUS Information. **ResearchGate**. 2007.

CONTINENTAL. **Life cycle assessment of a car tire**. Hannover, Germany. [1999].

CURRY, T.; LIBERMAN, I.; HOFFMAN-ANDREWS, L., LOWELL, D. **Reducing aerodynamic drag & rolling resistance from heavy-duty trucks**: summary of available technologies & applicability to Chinese

trucks. Manchester, 2012. Submitted to International Concil on Clean Transportation, prepared by M.J.Bradley & Associates LLC.

DARIO, M. **Práticas, indicadores de desempenho e custos na gestão de pneus:** estudo em uma empresa de transportes. Mestrado Profissional em Administração, Faculdade de Gestão e Negócios, Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, 2012a.

DARIO, M. **Práticas, indicadores de desempenho e custos na gestão de pneus:** estudo em uma empresa de transportes. XXXVI Encontro da ANPAD, Rio de Janeiro, RJ. 2012b.

DNIT. **Quadro de fabricantes de veículos.** Diretoria de Infraestrutura rodoviária. 2012. Documento disponível em <<http://www.dnit.gov.br/download/rodovias/operacoes-rodoviaras/pesagem/qfv-2012-abril.pdf>>. Acesso em : 21 de mai. 2018.

DONATO, V. **Logística Verde:** Uma abordagem sócio-ambiental. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2008, 15p.

EMEP/EEA - EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EMEP/EEA). **Air pollutant emission inventory guidebook 2009.** Chapter 2: Key category analysis and methodological choice. Copenhagen, Denmark. 2009. Disponível em : <<https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009>>. Acesso em : 2 de fev. 2019.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco Energético Nacional 2013:** Ano base 2012. Rio de Janeiro. 2013. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-129/topico-101/Relat%C3%B3rio%20Final%202013.pdf>>. Acesso em ; 2 de fev.. 2019.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco Energético Nacional 2017:** Ano base 2016. Rio de Janeiro, Brasil. 2017. Disponível em:

<<https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioFinal.aspx?anoColeta=2017&anoFimColeta=2016>>. Acesso em : 19 de nov. 2018.

ERSANILLI, V. **Automotive Tyre Fault Detection**. Unpublished PhD Thesis. Coventry: Coventry University Jaguar Land Rover. Whitley, Coventry, UK. 2015.

FELLMETH,P.; LOFFLER, T. **Networking Heavy-Duty Vehicles Based on SAE J1939**. Technical article. Vector. 2008. pp.1-12.

FERNANDES, V. **Eco-Driving: uma ferramenta para aprimorar a sustentabilidade do transporte de carga – estudo de caso aplicado a veículos de coleta de resíduos em áreas urbanas**. Rio de Janeiro, 2013. Dissertação de Mestrado – Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

FERREIRA, H. **Arquitetura de middleware para internet das coisas**. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Elétrica. Distrito Federal. 2014.

FERREIRA, J. **Análise de ciclo de vida dos produtos**. Material do curso de Gestão Ambiental. Instituto Politécnico de Viseu. [s.l.]. 2004.

FINKENZELLER, K. **RFID Handbook: Fundamentals and applications in contactless smart cards, radio frequency identification and near-field communication**. A John Wiley and Sons, Ltd., Publication, 3rd edition, 462p. 2010.

FLATSCHER, M. ; DIEACHER, M. ; HERNDL, T. ; LENTSCH,T. ; MATISCHEK, R. ; PRAINSACK, J. ; PRIBYL, W. ; THEUSS, H. ; WEBER, W. **A robust wireless sensor node for in-tire-pressure monitoring**. In Proceedings of the Solid-State. Circuits Conference– Digest of Technical Papers, Sanfrancisco, CA, USA, 8–12 February 2009.

FLORENCIO, H. **Sistemas embarcados** : protocolos de comunicação – serial. Disciplina DCA0119 –Sistemas Digitais. Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Departamento de Engenharia da Computação e Automação. [s.l] [2016].

FRANCESCHINI, F.; GALETTO, M.; MAISANO, D.; VITICCHI, L. The Condition of Uniqueness in Manufacturing Process Representation by Performance/Quality Indicators. **Quality and Reliability Engineering International**, v. 22. 2006. pp. 567-580

GOMES, J. ; PASTANA, E. **Proposta de sistema de tomada de decisão baseada em tecnologia RFID para gestão de pneus**. X SBAI – Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente, ISSN: 2175-8905 - Vol. X. São João del Rei, MG. 2011. pp.410 – 415.

GOTO, A. **A importância do sistema de gestão ambiental para o desenvolvimento da cadeia de suprimentos verde automotiva**. São Paulo, 2012. Tese de Doutorado – Programa de Mestrado e Doutorado em Administração, Universidade Nove de Julho.

GUBBI, J. ; BUYYA, R. ; MARUSIC, S. ; PALANISWAMI, M. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. **Future Generation Computer Systems**. Elsevier B.V. <http://dx.doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>. 2013. pp.1645-1660.

GUIMARÃES, A. ; SARAIVA, A. **Um roteiro de implementação de uma rede CAN (Controller Area Network)**. XXI Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva – SIMEA. [2013].

HENDRICKSON, C. ; LAVE, L. ; MATTHEWS, H. **Environmental life cycle assessment of goods and services: an input-output**. Resources for the Future. Washington, DC, USA. 2006. pp.65-73.

INNODISK CORPORATION. **J1939-standard CANbus solutions**. White paper. New Tapei City, Taiwan. 2017.



ISHIHARA, G. **Protocolo de comunicação para uma rede de sensores sem fio** : teoria e implementação em SOC. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica. Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Elétrica. Brasília/ DF. 2006.

IUCN - INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE AND NATURAL RESOURCES (IUCN). **World Conservation Strategy**: living resource conservation for sustainable development. [S.l.:s.n], 1980.

KAMAKATÉ, F. ; SCHIPPER, L. Trends in truck freight energy use and carbon emissions in selected OECD countries from 1973 to 2005. **Energy Policy**. Elsevier. Vol 37. doi:10.1016/j.enpol.2009.07.029. 2009. pp.3743–3751.

KEMP, R. Thechnology and the transition to environmental sustainability : the problem od technological regime shifts. **Futures**. 1994. pp.1023-1046.

KHADER, S; BOTTA-GENOULAZ, V.; REKIK, Y.; CAMPAGNE, J. **Impact de la technologie RFID sur le management des chaines logistiques**: une revue de littérature. 9ème congrès international de Génie Industriel, CIGI'2011, Oct 2011, Saint Sauveur, Canada. 8p, 2011.

KING, A. ; LENOX, M. Lean and green? An empirical examination of the relationship between lean production and environmental performance. **Production and operations management**. Vol. 10, No. 3. 2001. pp.244-256.

KLEINDORFER, R. ; SINGHAL, K. ; WASSENHOVE, L. Sustainable Operation Management. **Production and Operations Management**. Vol 14, No.4. 2005. pp. 482–492. Disponível em : < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1937-5956.2005.tb00235.x> >. Acesso em : 24 de set. 2018.

KOPETZ, H. **Real-Time Systems**. Design Principles for Distributed Embedded Applications. 2<sup>nd</sup> edition. Springer, 376p. New York, USA. 2011.

KUBBA, A.; JIANG, K. A comprehensive study on Technologies of tyre monitoring systems and possible energy solutions. **Sensors**. doi:10.3390/s140610306. 2014. pp.10306-10345.

LEE, I (a) ; LEE, K (b). The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. **Business Horizons**. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bushor.2015.03.008>. 2015. pp.431-440.

LENTINO, I. **Mobilidade Urbana Sustentável**: integração do planejamento urbano com o planejamento de transportes. Rio de Janeiro, 2016. Aula em disciplina Planejamento Urbano Sustentável I - Mestrado Engenharia Urbana e Ambiental, Puc-Rio e TU Braunschweig.

LINTON, J. ; KLASSEN, R. ; JAYARAMAN, V. Sustainable supply chains: an introduction. **Journal of Operations Management**. Elsevier B.V. doi:10.1016/j.jom.2007.01.012. 2007. pp.1075–1082.

LOPEZ RESEARCH LLC (LLC). **An introduction to the internet of things**. San Francisco, 2013. Part 1. Of the IoT series.

LOWELL, D; BALON, T. MJ.BRADLEY&ASSOCIATES LLC. **Setting the stage for regulation of heavy-duty vehicle fuel economy & GHG emissions**: issues and opportunities. For submission to International Council on Clean Transportation, Washington, EUA, 2009.

MACAULAY, J.; BUCKALEW, L.; CHUNG, G. **Internet of Things in Logistics**. A collaborative report by DHL and Cisco on implications and use cases for the logistic industry. Troisdorf, Germany, 2015.

MACEDO, W. **Go things**: uma arquitetura de gateway de camada de aplicação para internet das coisas. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Sergipe. 2016.

MARTINS, R. A.; COSTA NETO, P. L. O. Indicadores de desempenho para a gestão pela qualidade total: uma proposta de sistematização. **Gestão & Produção**, São Paulo: v.5, n.3. 1998. pp. 298-311.

MATTOS, A. **Telemetria e conceitos relacionados**. São José dos Campos, SP, Licença Creative Commons, 2004, 07p.

MAURICI, A. **Suportes a rede CAN para aplicações embarcadas**. Trabalho de conclusão de curso de Bacharelado em Ciência da Computação, Departamento de Informática e Estatística – INE, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis. 2005.

MCKINNON, A. ; PIECYK, M. Measurement of CO2 emissions from road freight transport: a review of UK experience. **Energy Policy**. Elsevier. Vol 37. doi:10.1016/j.enpol.2009.07.007. 2009. pp 3733–3742.

MCT - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). **Comunicação nacional inicial do Brasil à convenção-quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima**. Brasília. 2004. Disponível em: <http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/pt/publicacoes/documentos-publicos/item/primeira-comunicacao-nacional-do-brasil>>. Acesso em: 3 de fev. 2019.

MICHAELIS, M., COATES, J. Creating integrated performance systems: the business of the future. **Technology Analysis & Strategic Management** 2. 1994. 245–250p.

MICHELIN, **Michelin performance and responsibility**. Neuilly-sur-Seine, France. 2013. 148p.

MICHELIN : banco de dados. Disponível em : <http://spotyres.com>>. Acesso em :2 de set. 2018a.

MICHELIN. **Quais as funções de um pneu?** 2018b. Disponível em <https://www.michelin.pt/pneus-turismo/conselhos/tudo-sobre-o-pneu/quais-as-funcoes-de-um-pneu>>. Acesso em : 31 mar. 2018b.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **1º inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários**. Relatório final. [S.l.:s.n], 2011.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários 2013**: Ano base 2012. Relatório final. [s.l.]. 2014. Disponível em : <<http://www.mma.gov.br/mma-em-numeros/emissoes-veiculares>>. Acesso em : 14 de nov. 2018.

NEELY, A.; GREGORY, M. Performance Measurement System Design - A Literature Review and Research Agenda. **International journal of operations & Production Management**. Wagon Lane: Emerald, v. 25, n. 12. 2005. pp. 1228-1263.

NGAI, E. ; MOON, K. ; RIGGINS, F. ; YI, C. RFID research: An academic literature review (1995–2005) and future research directions. **International Journal of Production Economics**. Elsevier. 2007. pp. 510–520.

PIRELLI. **Conhecendo os pneus**. Disponível em <<https://www.pirelli.com/tyres/pt-br/car/about-tyre>>. Acesso em : 31 de mar. 2018.

RAO, P. ; HOLT, D. Do green supply chains lead to competitiveness and economic performance?. **International Journal of Operations & Production Management**. Vol. 25 Issue: 9. 2005. pp.898-916. <https://doi.org/10.1108/01443570510613956>.

REBITZER,G. ; EKVALL, T. ; FRISCHKNECHTC,R. ; HUNKELERD, D. ; NORRISE, G. ; RYDBERGF, T. ; SCHMIDTG, W. ; SUHH, S. ; WEIDEMAI, B. ; PENNINGTON, D. Life cycle assessment part 1: framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. **Environment International**. Elsevier. Vol 37. doi:10.1016/j.envint.2003.11.005. 2004. pp. 701-720.

RODRIGUES, S. ; PIRES, S. **Gestão da cadeia de suprimentos como um novo modelo competitivo** : um estudo empírico. Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Enegep. [S.l.] [1997]. Disponível em : [http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENESEP1997\\_T6306.PDF](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENESEP1997_T6306.PDF). Acesso em : 11 de jul. 2018.

RIOS, R. **Protocolos e serviços de rede** : curso técnico em informática. Instituto Federal do Espírito Santo. Colatina, ES. 2012.

SAE INTERNATIONAL (SAE). **Surface vehicle recommended practice J1939-71**. [s.l.]. 2004.

SALUNKHE, A. ; KAMBLE, P. ; JADHAV, R. **Design and implamentation of CAN bus protocol for monitoring vehicle parameters**. IEEE International Conference On Recent Trends In Electronics Information Communication Technology. Bengaluru, India. 2016. pp.301-304.

SANTOS, G.; NUNES, R.; ASSIS, C.; CAVALCANTE, E. ; ADRIANO, N. **Os benefícios da utilização de indicadores de desempenho na gestão de frota para controle de custos logísticos de transporte – o caso de uma indústria de alimentos**. In: XXXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Bento Gonçalves, RS, Brasil. 2012.

SCHIPPER, L.; SCHOLL, L. ; PRICE, L. Energy use and carbon emissions from freight in 10 industrialized countries: an analysis of trends from 1973 to 1992. **Transportation Research**. Part-D: Transport and Environment . Vol 2, No 1. 1997. pp. 57–76.

SERNA, M. ; MORENO, S. ; VÁSQUEZ, L. ; CORTES, J. Indicadores de desempeño para empresas del sector logístico: un enfoque desde el transporte de carga terrestre. **Ingeniare. Revista chilena de ingeniería**, vol.25 nº4. [S.l.]. 2017, pp. 707-720.

SHARMILA. **Design of a real-time tyre pressure monitoring system for LMVs**. Online International Conference on Green Engineering and Technologies (IC-GET). Coimbatore, India. 2016.

SHIH, L. ; Reverse logistics system planning for recycling electrical appliances and computers in Taiwan. **Resources, Conservation and Recycling**. Elsevier. 32. 2001. pp. 55–72.

SILVA, A. L. M. **Indicadores de desempenho no transporte rodoviário de cargas**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, SP. 1999.

SUN, X. ; LIU, J. ; HONG, J. ; LU, B. Life cycle assessment of Chinese radial passenger vehicle tire. **The International Journal of Life Cycle Assessment**. Springer. 21. 2016. pp. 1749–1758.

SUNDARAKANI, B. ; SOUZA, R. GOH, M. WAGNER, S. ; MANIKANDAN, S. Modeling carbon footprints across the supply chain. **Int. J. Production Economics**. Elsevier. Vol 128. doi:10.1016/j.ijpe.2010.01.018. 2010. pp. 43–50.

SUNDMAEKER, H. ; GUILLEMIN, P. ; WOELFLÉ, S. ; FRIESS, P. Vision and Challenges for Realizing the Internet of Things. **Research Gate**. DOI: 10.2759/26127. 2010.

SUVINEN, A. ; SAARILAHTI, M. Measuring the mobility parameters of forwarders using GPS and CAN bus techniques. **Journal of Terramechanics**. Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.jterra.2005.12.005. 2006. pp. 237–252.

VALENTE, A. ; NOVAES, A. ; PASSAGLIA, E. ; VIEIRA, H. **Gerenciamento de transporte e frotas**. 2ª edição revista. Cengage Learning. 340p. 2008.

VARGHESE, A. **Influence of the tyre inflation pressure on fuel consumption, vehicle handling and riding quality**. Master's thesis at Chalmers University of Technology. Goteborg, Sweeden. 2013.

VIVALDINI, M.; PIRES, S. **Operadores Logísticos, Integrando Operações em Cadeias de Suprimento**. São Paulo: Atlas, 232p. 2010.

VITO. **Identificação de Pneus com Numeração a Fogo**. Instrução de Trabalho. [S.l.]. 2006. Disponível em : < <http://www.vito.com.br/vitonet/GEF/IT-GEF221.pdf>>. Acesso em : 13 de fev. 2019.

WAMBA, S. **Les impacts de la technologie RFID et du réseau EPC sur la gestion de la chaîne d’approvisionnement**: Le cas de l’industrie du commerce de detail. Montreal, 2009. Tese apresentada para obtenção de diploma Philosophiae Doctor (Ph.D) (Génie Industriel) – Département de Mathématiques et de Génie Industriel, Université de Montreal.

WCED - WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our common future**. Oxford: Oxford University Press. [S.l.] 1987. 43p. Disponível em : <[http://www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/42/427&La=E](http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/42/427&La=E)>. Acesso em : 24 de set. 2018.

WEBER, R. **Fundamentos de arquitetura de computadores**. Bookman, 4ª edição. Porto Alegre. 2012.

WISE, R., BAUMGARTNER, P. Go downstream: the new profit imperative in manufacturing. **Harvard Business Review** 77 (5). 1999. pp.133–141.

WORLD BANK. **Brazil Green Freight Transport Report**: World Bank NLTA: “Mainstreaming Green Trucks in Brazil”. [S.l.:s.n], 2011a.

WORLD BANK. **Guangzhou Green Trucks Pilot Project**: Technology Pilot Report for the World Bank “Truck GHG Emission Reduction Pilot Project”. [S.l.:s.n], 2011b.

WORLD BANK. **Getting to Green - A Sourcebook of Pollution Management Policy Tools for Growth and Competitiveness**. Guidance

notes on tools for pollution management. Life Cycle Assessment. Washigton, DC, USA. 45-56p. 2012.

XIA, F. ; YANG, L ; WANG, L. ; VINEL, A. Internet of Things. **International Journal of Communication Systems**. Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com). DOI: 10.1002/dac.2417. 25. 2012. pp. 1101–1102.

ZHANG, J. ; ZHANG, Z. ; CHEN, T. ; KONG, X. ; REN, T. ; LIU, L. A Tire Pressure Monitoring System Based on MEMS Sensor. **Key Engineering Materials**, Trans Tech Publications. Switzerland. 2011. pp. 370-373.



## Anexo: Dados coletados a partir do estudo de caso

Veículo	MOTOR LIGADO (hh:mm:ss)	Hodômetro (km)	Consumo (Litros)	Carga total (kg)	VEÍCULO DESLIGADO (hh:mm:ss)
0159VID	23/07/2018 22:11:37 (UTC-3)	149.068	0,50	68.149,12	23/07/2018 22:16:52 (UTC-3)
0159VID	23/07/2018 21:57:01 (UTC-3)	149.068	0,50	68.149,12	23/07/2018 22:00:52 (UTC-3)
0159VID	23/07/2018 21:55:44 (UTC-3)	149.068	0,00	68.149,12	23/07/2018 21:55:53 (UTC-3)
0159VID	23/07/2018 21:26:18 (UTC-3)	149.068	0,00	68.149,12	23/07/2018 21:26:47 (UTC-3)
0159VID	23/07/2018 21:17:00 (UTC-3)	149.068	1,50	68.149,12	23/07/2018 21:25:27 (UTC-3)
0159VID	23/07/2018 19:02:56 (UTC-3)	149.067	0,00	68.149,12	23/07/2018 19:03:29 (UTC-3)
0159VID	23/07/2018 18:37:31 (UTC-3)	149.066	0,00	21.739,35	23/07/2018 18:38:53 (UTC-3)
0159VID	23/07/2018 16:19:23 (UTC-3)	149.066	1,00	21.739,35	23/07/2018 16:24:35 (UTC-3)
0159VID	23/07/2018 16:00:00 (UTC-3)	149.066	0,00	21.739,35	23/07/2018 16:02:56 (UTC-3)
0159VID	23/07/2018 15:38:08 (UTC-3)	149.065	0,00	21.739,35	23/07/2018 15:40:14 (UTC-3)
0159VID	23/07/2018 15:31:28 (UTC-3)	149.065	0,00	21.739,35	23/07/2018 15:32:09 (UTC-3)
0159VID	23/07/2018 13:28:06 (UTC-3)	149.065	19,00	21.739,35	23/07/2018 15:21:59 (UTC-3)
0159VID	23/07/2018 11:18:08 (UTC-3)	148.989	0,00	21.739,35	23/07/2018 11:19:12 (UTC-3)
0159VID	23/07/2018 08:23:11 (UTC-3)	148.989	0,00	21.739,35	23/07/2018 08:25:30 (UTC-3)
0159VID	23/07/2018 07:58:49 (UTC-3)	148.989	0,00	21.739,35	23/07/2018 07:59:23 (UTC-3)
0159VID	23/07/2018 07:39:24 (UTC-3)	148.989	0,50	21.739,35	23/07/2018 07:45:36 (UTC-3)
0159VID	22/07/2018 16:52:18 (UTC-3)	148.989	0,50	21.739,35	22/07/2018 17:04:13 (UTC-3)
0159VID	22/07/2018 08:59:11 (UTC-3)	148.989	73,00	21.739,35	22/07/2018 13:06:57 (UTC-3)
0159VID	21/07/2018 17:55:19 (UTC-3)	148.835	20,00	21.739,35	21/07/2018 19:02:07 (UTC-3)
0159VID	21/07/2018 15:19:27 (UTC-3)	148.676	45,00	21.739,35	21/07/2018 17:30:05 (UTC-3)
0159VID	21/07/2018 12:38:45 (UTC-3)	148.535	36,00	21.739,35	21/07/2018 14:50:48 (UTC-3)
0159VID	21/07/2018 08:30:44 (UTC-3)	148.418	45,00	21.739,35	21/07/2018 10:53:11 (UTC-3)
0159VID	21/07/2018 07:24:10 (UTC-3)	148.270	11,50	21.739,35	21/07/2018 08:07:31 (UTC-3)
0159VID	21/07/2018 00:01:59 (UTC-3)	148.235	0,00	21.739,35	21/07/2018 00:05:10 (UTC-3)
0159VID	20/07/2018 23:54:11 (UTC-3)	148.235	0,00	74.329,99	21/07/2018 00:00:53 (UTC-3)
0159VID	20/07/2018 21:30:36 (UTC-3)	148.235	0,50	74.329,99	20/07/2018 21:34:49 (UTC-3)
0159VID	20/07/2018 21:17:45 (UTC-3)	148.234	0,50	74.329,99	20/07/2018 21:27:32 (UTC-3)
0159VID	20/07/2018 18:20:46 (UTC-3)	148.234	18,50	74.329,99	20/07/2018 19:16:22 (UTC-3)
0159VID	20/07/2018 15:29:39 (UTC-3)	148.222	54,00	74.329,99	20/07/2018 17:41:41 (UTC-3)
0159VID	20/07/2018 14:20:45 (UTC-3)	148.085	19,50	74.329,99	20/07/2018 15:13:29 (UTC-3)

Veículo	MOTOR LIGADO (hh:mm:ss)	Hodômetro (km)	Consumo (Litros)	Carga total (kg)	VEÍCULO DESLIGADO (hh:mm:ss)
0159VID	20/07/2018 11:23:35 (UTC-3)	148.050	46,00	74.329,99	20/07/2018 13:04:15 (UTC-3)
0159VID	20/07/2018 09:33:57 (UTC-3)	147.963	51,00	74.329,99	20/07/2018 11:22:44 (UTC-3)
0159VID	20/07/2018 05:57:56 (UTC-3)	147.877	94,50	74.329,99	20/07/2018 09:18:39 (UTC-3)
0159VID	19/07/2018 13:27:58 (UTC-3)	147.724	186,00	74.329,99	19/07/2018 19:45:31 (UTC-3)
0159VID	19/07/2018 12:24:29 (UTC-3)	147.410	0,50	74.329,99	19/07/2018 12:32:34 (UTC-3)
0159VID	19/07/2018 12:15:49 (UTC-3)	147.410	1,50	74.329,99	19/07/2018 12:22:36 (UTC-3)
0159VID	19/07/2018 11:29:11 (UTC-3)	147.409	0,00	74.329,99	19/07/2018 11:29:45 (UTC-3)
0159VID	19/07/2018 10:53:56 (UTC-3)	147.409	0,50	74.329,99	19/07/2018 11:00:08 (UTC-3)
0159VID	19/07/2018 10:38:30 (UTC-3)	147.409	0,00	22.637,25	19/07/2018 10:41:03 (UTC-3)
0159VID	19/07/2018 08:45:16 (UTC-3)	147.407	0,00	22.637,25	19/07/2018 08:48:38 (UTC-3)
0159VID	19/07/2018 07:30:46 (UTC-3)	147.407	0,00	22.637,25	19/07/2018 07:34:40 (UTC-3)
0159VID	19/07/2018 05:47:12 (UTC-3)	147.407	19,00	22.637,25	19/07/2018 07:24:33 (UTC-3)
0159VID	18/07/2018 18:53:49 (UTC-3)	147.332	0,00	22.637,25	18/07/2018 18:59:00 (UTC-3)
0159VID	18/07/2018 18:15:41 (UTC-3)	147.332	0,50	22.637,25	18/07/2018 18:35:04 (UTC-3)
0159VID	18/07/2018 17:14:16 (UTC-3)	147.332	0,50	22.637,25	18/07/2018 17:24:43 (UTC-3)
0159VID	18/07/2018 16:29:17 (UTC-3)	147.331	0,00	22.637,25	18/07/2018 16:31:43 (UTC-3)
0159VID	18/07/2018 16:07:40 (UTC-3)	147.331	0,50	22.637,25	18/07/2018 16:10:36 (UTC-3)
0159VID	18/07/2018 14:11:14 (UTC-3)	147.331	25,00	22.637,25	18/07/2018 16:05:58 (UTC-3)
0159VID	18/07/2018 11:24:47 (UTC-3)	147.241	30,50	22.637,25	18/07/2018 13:02:41 (UTC-3)
0159VID	18/07/2018 06:40:36 (UTC-3)	147.138	81,50	22.637,25	18/07/2018 10:43:59 (UTC-3)
0159VID	18/07/2018 05:23:53 (UTC-3)	146.881	21,50	22.637,25	18/07/2018 06:31:28 (UTC-3)
0159VID	17/07/2018 15:23:44 (UTC-3)	146.877	60,00	22.637,25	17/07/2018 18:35:50 (UTC-3)
0159VID	17/07/2018 14:45:58 (UTC-3)	146.636	0,50	22.637,25	17/07/2018 14:49:56 (UTC-3)
0159VID	17/07/2018 13:27:49 (UTC-3)	146.609	0,00	22.637,25	17/07/2018 13:29:18 (UTC-3)
0159VID	17/07/2018 12:36:11 (UTC-3)	146.608	10,50	22.637,25	17/07/2018 13:15:02 (UTC-3)
0159VID	17/07/2018 12:06:43 (UTC-3)	146.578	0,50	22.637,25	17/07/2018 12:09:20 (UTC-3)
0159VID	17/07/2018 11:58:36 (UTC-3)	146.578	0,00	68.149,12	17/07/2018 12:04:23 (UTC-3)
0159VID	17/07/2018 08:55:46 (UTC-3)	146.577	0,00	68.149,12	17/07/2018 09:01:19 (UTC-3)
0159VID	17/07/2018 08:50:40 (UTC-3)	146.577	0,00	68.149,12	17/07/2018 08:52:52 (UTC-3)
0159VID	17/07/2018 08:07:50 (UTC-3)	146.577	0,00	68.149,12	17/07/2018 08:10:26 (UTC-3)
0159VID	17/07/2018 06:44:42 (UTC-3)	146.577	17,50	68.149,12	17/07/2018 07:35:26 (UTC-3)
0159VID	16/07/2018 19:50:42 (UTC-3)	146.546	5,00	68.149,12	16/07/2018 20:08:02 (UTC-3)
0159VID	16/07/2018 19:05:09 (UTC-3)	146.539	10,00	68.149,12	16/07/2018 19:36:46 (UTC-3)
0159VID	16/07/2018 14:14:54 (UTC-3)	146.515	64,50	68.149,12	16/07/2018 16:30:44 (UTC-3)
0159VID	16/07/2018 12:32:19 (UTC-3)	146.393	0,00	68.149,12	16/07/2018 12:32:50 (UTC-3)
0159VID	16/07/2018 08:53:27 (UTC-3)	146.393	96,50	68.149,12	16/07/2018 12:23:05 (UTC-3)

Veículo	MOTOR LIGADO (hh:mm:ss)	Hodômetro (km)	Consumo (Litros)	Carga total (kg)	VEÍCULO DESLIGADO (hh:mm:ss)
0159VID	15/07/2018 14:11:22 (UTC-3)	146.219	170,00	68.149,12	15/07/2018 19:34:25 (UTC-3)
0159VID	15/07/2018 13:48:56 (UTC-3)	145.931	0,00	68.149,12	15/07/2018 13:49:18 (UTC-3)
0159VID	15/07/2018 09:50:46 (UTC-3)	145.921	101,50	68.149,12	15/07/2018 12:45:15 (UTC-3)
0159VID	15/07/2018 09:01:54 (UTC-3)	145.778	13,50	22.637,25	15/07/2018 09:40:58 (UTC-3)
0159VID	15/07/2018 05:24:22 (UTC-3)	145.754	0,00	22.637,25	15/07/2018 05:26:07 (UTC-3)
0159VID	15/07/2018 05:08:26 (UTC-3)	145.754	0,50	22.637,25	15/07/2018 05:21:36 (UTC-3)
0159VID	15/07/2018 04:11:03 (UTC-3)	145.754	2,50	22.637,25	15/07/2018 04:32:23 (UTC-3)
0159VID	15/07/2018 02:32:15 (UTC-3)	145.752	0,00	22.637,25	15/07/2018 02:33:07 (UTC-3)
0159VID	15/07/2018 01:39:32 (UTC-3)	145.752	0,00	22.637,25	15/07/2018 01:43:05 (UTC-3)
0159VID	15/07/2018 00:01:38 (UTC-3)	145.752	0,00	22.637,25	15/07/2018 00:02:37 (UTC-3)
0159VID	14/07/2018 22:36:04 (UTC-3)	145.752	1,00	22.637,25	14/07/2018 22:43:05 (UTC-3)
0159VID	14/07/2018 22:23:51 (UTC-3)	145.752	0,00	22.637,25	14/07/2018 22:30:45 (UTC-3)
0159VID	14/07/2018 17:10:49 (UTC-3)	145.751	19,00	22.637,25	14/07/2018 18:50:09 (UTC-3)
0159VID	14/07/2018 14:55:42 (UTC-3)	145.750	0,50	22.637,25	14/07/2018 15:02:29 (UTC-3)
0159VID	14/07/2018 14:17:05 (UTC-3)	145.675	0,00	22.637,25	14/07/2018 14:18:00 (UTC-3)
0159VID	14/07/2018 13:56:48 (UTC-3)	145.675	0,00	22.637,25	14/07/2018 13:57:33 (UTC-3)
0159VID	14/07/2018 13:45:18 (UTC-3)	145.675	0,00	22.637,25	14/07/2018 13:45:47 (UTC-3)
0159VID	14/07/2018 11:26:41 (UTC-3)	145.675	22,50	22.637,25	14/07/2018 13:14:39 (UTC-3)
0159VID	14/07/2018 04:54:33 (UTC-3)	145.599	28,00	22.637,25	14/07/2018 06:38:51 (UTC-3)
0159VID	13/07/2018 21:52:47 (UTC-3)	145.503	0,00	22.637,25	13/07/2018 21:58:34 (UTC-3)
0159VID	13/07/2018 21:32:38 (UTC-3)	145.502	0,50	22.637,25	13/07/2018 21:38:02 (UTC-3)
0159VID	13/07/2018 14:04:29 (UTC-3)	145.502	141,00	22.637,25	13/07/2018 21:26:13 (UTC-3)
0159VID	13/07/2018 11:09:18 (UTC-3)	145.031	38,00	22.637,25	13/07/2018 13:17:36 (UTC-3)
0159VID	13/07/2018 08:37:53 (UTC-3)	144.935	14,00	22.637,25	13/07/2018 09:36:41 (UTC-3)
0159VID	12/07/2018 20:40:10 (UTC-3)	144.887	9,00	22.637,25	12/07/2018 21:16:37 (UTC-3)
0159VID	12/07/2018 20:06:16 (UTC-3)	144.865	0,00	22.637,25	12/07/2018 20:07:29 (UTC-3)
0159VID	12/07/2018 19:58:55 (UTC-3)	144.842	0,00	68.149,12	12/07/2018 20:04:56 (UTC-3)
0159VID	12/07/2018 17:22:16 (UTC-3)	144.841	0,50	68.149,12	12/07/2018 17:26:36 (UTC-3)
0159VID	12/07/2018 17:16:30 (UTC-3)	144.841	0,50	68.149,12	12/07/2018 17:18:05 (UTC-3)
0159VID	12/07/2018 16:52:02 (UTC-3)	144.841	0,00	68.149,12	12/07/2018 16:57:31 (UTC-3)
0159VID	12/07/2018 15:35:44 (UTC-3)	144.841	20,50	68.149,12	12/07/2018 16:21:42 (UTC-3)
0159VID	12/07/2018 12:33:36 (UTC-3)	144.803	76,50	68.149,12	12/07/2018 15:07:18 (UTC-3)
0159VID	12/07/2018 08:17:40 (UTC-3)	144.659	96,00	68.149,12	12/07/2018 11:27:59 (UTC-3)
0159VID	12/07/2018 04:44:09 (UTC-3)	144.484	101,00	68.149,12	12/07/2018 07:52:05 (UTC-3)
0159VID	11/07/2018 16:03:01 (UTC-3)	144.326	187,50	68.149,12	11/07/2018 21:51:25 (UTC-3)
0159VID	11/07/2018 15:19:37 (UTC-3)	144.017	0,00	68.149,12	11/07/2018 15:19:57 (UTC-3)

Veículo	MOTOR LIGADO (hh:mm:ss)	Hodômetro (km)	Consumo (Litros)	Carga total (kg)	VEÍCULO DESLIGADO (hh:mm:ss)
0159VID	11/07/2018 14:37:15 (UTC-3)	144.017	2,00	68.149,12	11/07/2018 14:51:49 (UTC-3)
0159VID	11/07/2018 14:07:15 (UTC-3)	144.017	0,00	68.149,12	11/07/2018 14:15:15 (UTC-3)
0159VID	11/07/2018 10:01:54 (UTC-3)	144.016	1,00	22.637,25	11/07/2018 10:17:01 (UTC-3)
0159VID	11/07/2018 07:25:44 (UTC-3)	144.016	0,00	22.637,25	11/07/2018 07:28:50 (UTC-3)
0159VID	11/07/2018 07:13:07 (UTC-3)	144.014	0,00	22.296,61	11/07/2018 07:13:31 (UTC-3)
0159VID	11/07/2018 05:28:04 (UTC-3)	144.014	20,00	22.296,61	11/07/2018 07:02:48 (UTC-3)
0159VID	10/07/2018 18:59:13 (UTC-3)	143.939	0,50	22.296,61	10/07/2018 19:07:06 (UTC-3)
0159VID	10/07/2018 18:21:45 (UTC-3)	143.939	1,00	22.296,61	10/07/2018 18:36:37 (UTC-3)
0159VID	10/07/2018 17:17:56 (UTC-3)	143.939	0,00	22.296,61	10/07/2018 17:18:37 (UTC-3)
0159VID	10/07/2018 16:21:17 (UTC-3)	143.939	0,00	22.296,61	10/07/2018 16:22:35 (UTC-3)
0159VID	10/07/2018 15:31:43 (UTC-3)	143.939	0,00	22.296,61	10/07/2018 15:32:10 (UTC-3)
0159VID	10/07/2018 09:49:17 (UTC-3)	143.939	92,00	22.296,61	10/07/2018 15:14:47 (UTC-3)
0159VID	09/07/2018 13:52:25 (UTC-3)	143.807	133,00	22.296,61	09/07/2018 20:45:43 (UTC-3)
0159VID	09/07/2018 12:30:49 (UTC-3)	143.217	0,50	22.296,61	09/07/2018 12:33:53 (UTC-3)
0159VID	09/07/2018 12:23:20 (UTC-3)	143.186	0,50	68.149,12	09/07/2018 12:28:30 (UTC-3)
0159VID	09/07/2018 09:14:35 (UTC-3)	143.185	0,50	68.149,12	09/07/2018 09:18:40 (UTC-3)
0159VID	09/07/2018 09:04:37 (UTC-3)	143.185	0,50	68.149,12	09/07/2018 09:12:23 (UTC-3)
0159VID	09/07/2018 08:29:51 (UTC-3)	143.185	0,00	68.149,12	09/07/2018 08:30:44 (UTC-3)
0159VID	09/07/2018 07:09:43 (UTC-3)	143.185	32,50	68.149,12	09/07/2018 08:26:49 (UTC-3)
0159VID	09/07/2018 06:11:57 (UTC-3)	143.136	10,00	68.149,12	09/07/2018 06:41:05 (UTC-3)
0159VID	08/07/2018 16:45:05 (UTC-3)	143.105	74,50	68.149,12	08/07/2018 19:16:56 (UTC-3)
0159VID	08/07/2018 16:29:26 (UTC-3)	142.967	0,00	68.149,12	08/07/2018 16:34:10 (UTC-3)
0159VID	08/07/2018 12:56:31 (UTC-3)	142.967	55,50	68.149,12	08/07/2018 14:43:56 (UTC-3)
0159VID	08/07/2018 05:51:15 (UTC-3)	142.896	172,50	68.149,12	08/07/2018 11:07:55 (UTC-3)
0159VID	07/07/2018 13:39:27 (UTC-3)	142.586	149,00	68.149,12	07/07/2018 18:30:04 (UTC-3)
0159VID	07/07/2018 12:09:55 (UTC-3)	142.353	0,00	21.473,69	07/07/2018 12:10:26 (UTC-3)
0159VID	07/07/2018 11:10:26 (UTC-3)	142.351	1,00	21.473,69	07/07/2018 11:17:18 (UTC-3)
0159VID	07/07/2018 10:54:59 (UTC-3)	142.351	0,00	21.473,69	07/07/2018 10:59:01 (UTC-3)
0159VID	07/07/2018 10:10:30 (UTC-3)	142.350	0,50	21.473,69	07/07/2018 10:15:09 (UTC-3)
0159VID	07/07/2018 09:58:20 (UTC-3)	142.350	0,00	21.473,69	07/07/2018 10:05:23 (UTC-3)
0159VID	07/07/2018 08:03:36 (UTC-3)	142.350	20,00	21.473,69	07/07/2018 09:38:30 (UTC-3)
0159VID	06/07/2018 19:47:03 (UTC-3)	142.275	0,00	21.473,69	06/07/2018 19:50:48 (UTC-3)
0159VID	06/07/2018 17:17:17 (UTC-3)	142.275	0,00	21.473,69	06/07/2018 17:19:40 (UTC-3)
0159VID	06/07/2018 16:37:51 (UTC-3)	142.275	0,00	21.473,69	06/07/2018 16:39:27 (UTC-3)
0159VID	06/07/2018 16:16:42 (UTC-3)	142.274	0,00	21.473,69	06/07/2018 16:17:48 (UTC-3)
0159VID	06/07/2018 14:04:02 (UTC-3)	142.274	0,00	21.473,69	06/07/2018 14:05:08 (UTC-3)

Veículo	MOTOR LIGADO (hh:mm:ss)	Hodômetro (km)	Consumo (Litros)	Carga total (kg)	VEÍCULO DESLIGADO (hh:mm:ss)
0159VID	06/07/2018 13:48:04 (UTC-3)	142.274	0,50	21.473,69	06/07/2018 13:53:28 (UTC-3)
0159VID	06/07/2018 09:50:09 (UTC-3)	142.274	58,00	21.473,69	06/07/2018 12:54:26 (UTC-3)
0159VID	06/07/2018 07:57:54 (UTC-3)	142.080	34,50	21.473,69	06/07/2018 09:34:43 (UTC-3)
0159VID	06/07/2018 05:14:17 (UTC-3)	141.962	51,00	21.473,69	06/07/2018 07:24:47 (UTC-3)
0159VID	05/07/2018 20:03:50 (UTC-3)	141.820	22,50	21.473,69	05/07/2018 21:05:09 (UTC-3)
0159VID	05/07/2018 15:53:42 (UTC-3)	141.754	72,50	21.473,69	05/07/2018 19:18:19 (UTC-3)
0159VID	05/07/2018 15:14:16 (UTC-3)	141.522	1,50	21.473,69	05/07/2018 15:24:41 (UTC-3)
0159VID	05/07/2018 12:22:10 (UTC-3)	141.521	1,00	68.149,12	05/07/2018 12:35:37 (UTC-3)
0159VID	05/07/2018 09:12:16 (UTC-3)	141.520	36,50	68.149,12	05/07/2018 10:27:41 (UTC-3)
0159VID	05/07/2018 08:00:15 (UTC-3)	141.484	1,50	68.149,12	05/07/2018 08:17:37 (UTC-3)
0159VID	04/07/2018 15:59:17 (UTC-3)	141.458	133,00	68.149,12	04/07/2018 20:06:17 (UTC-3)
0159VID	04/07/2018 09:39:02 (UTC-3)	141.217	200,00	68.149,12	04/07/2018 15:39:46 (UTC-3)
0159VID	04/07/2018 05:21:51 (UTC-3)	140.874	123,50	68.149,12	04/07/2018 09:17:05 (UTC-3)
0159VID	03/07/2018 17:15:33 (UTC-3)	140.696	0,00	22.112,19	03/07/2018 17:19:16 (UTC-3)
0159VID	03/07/2018 15:25:44 (UTC-3)	140.694	1,00	22.112,19	03/07/2018 15:35:26 (UTC-3)
0159VID	03/07/2018 13:01:19 (UTC-3)	140.693	20,50	22.112,19	03/07/2018 14:30:59 (UTC-3)
0159VID	03/07/2018 10:50:05 (UTC-3)	140.629	1,50	22.112,19	03/07/2018 11:19:27 (UTC-3)
0159VID	03/07/2018 10:32:31 (UTC-3)	140.617	0,00	22.112,19	03/07/2018 10:33:45 (UTC-3)
0159VID	03/07/2018 09:55:26 (UTC-3)	140.617	0,00	22.112,19	03/07/2018 09:58:28 (UTC-3)
0159VID	03/07/2018 06:40:55 (UTC-3)	140.617	59,50	22.112,19	03/07/2018 09:50:38 (UTC-3)
0159VID	02/07/2018 17:52:49 (UTC-3)	140.422	32,50	22.112,19	02/07/2018 19:46:23 (UTC-3)
0159VID	02/07/2018 14:02:39 (UTC-3)	140.305	58,50	22.112,19	02/07/2018 16:53:22 (UTC-3)
0159VID	02/07/2018 12:41:19 (UTC-3)	140.121	18,00	22.112,19	02/07/2018 13:47:36 (UTC-3)
0159VID	02/07/2018 08:57:00 (UTC-3)	140.053	35,00	22.112,19	02/07/2018 10:57:49 (UTC-3)
0159VID	02/07/2018 07:33:44 (UTC-3)	139.931	23,00	22.112,19	02/07/2018 08:50:32 (UTC-3)
0159VID	01/07/2018 21:24:26 (UTC-3)	139.865	1,50	22.112,19	01/07/2018 21:41:43 (UTC-3)
0159VID	01/07/2018 20:16:57 (UTC-3)	139.864	1,50	68.149,12	01/07/2018 20:32:33 (UTC-3)
0159VID	01/07/2018 17:15:19 (UTC-3)	139.862	0,50	68.149,12	01/07/2018 17:23:42 (UTC-3)
0159VID	01/07/2018 15:32:31 (UTC-3)	139.862	31,50	68.149,12	01/07/2018 16:43:47 (UTC-3)
0159VID	01/07/2018 14:31:06 (UTC-3)	139.841	0,00	68.149,12	01/07/2018 14:33:29 (UTC-3)
0159VID	01/07/2018 07:46:51 (UTC-3)	139.800	75,50	68.149,12	01/07/2018 10:29:17 (UTC-3)
0159VID	30/06/2018 14:25	139.652	140,00	68.149,12	30/06/2018 19:07
0159VID	30/06/2018 10:17	139.419	105,50	68.149,12	30/06/2018 13:38
0159VID	30/06/2018 06:33	139.213	107,00	68.149,12	30/06/2018 09:58
0159VID	29/06/2018 22:45	139.062	1,00	68.149,12	29/06/2018 22:59
0159VID	29/06/2018 16:54	139.062	3,50	68.149,12	29/06/2018 17:26
0159VID	29/06/2018 08:13	139.057	0,00	24.167,80	29/06/2018 08:18

Veículo	MOTOR LIGADO (hh:mm:ss)	Hodômetro (km)	Consumo (Litros)	Carga total (kg)	VEÍCULO DESLIGADO (hh:mm:ss)
0159VID	29/06/2018 05:10	139.057	15,50	24.167,80	29/06/2018 07:08
0159VID	28/06/2018 20:17	139.002	0,00	24.167,80	28/06/2018 20:21
0159VID	28/06/2018 20:01	139.002	0,00	24.167,80	28/06/2018 20:02
0159VID	28/06/2018 12:32	139.002	108,00	24.167,80	28/06/2018 19:42
0159VID	28/06/2018 05:47	138.648	119,50	24.167,80	28/06/2018 11:05
0159VID	28/06/2018 04:58	138.285	10,50	24.167,80	28/06/2018 05:33
0159VID	27/06/2018 23:48	138.251	0,50	68.149,12	27/06/2018 23:58
0159VID	27/06/2018 21:16	138.250	0,50	68.149,12	27/06/2018 21:19
0159VID	27/06/2018 21:06	138.250	0,50	68.149,12	27/06/2018 21:12
0159VID	27/06/2018 13:38	138.249	20,00	68.149,12	27/06/2018 14:26
0159VID	27/06/2018 13:01	138.212	10,50	68.149,12	27/06/2018 13:32
0159VID	27/06/2018 09:21	138.188	80,00	68.149,12	27/06/2018 12:12
0159VID	26/06/2018 09:19	138.121	377,50	68.149,12	26/06/2018 21:57
0159VID	26/06/2018 06:36	137.472	0,00	68.149,12	26/06/2018 06:39
0159VID	26/06/2018 05:25	137.424	1,50	68.149,12	26/06/2018 05:37
0159VID	25/06/2018 15:20	137.423	0,50	19.070,39	25/06/2018 15:26
0159VID	25/06/2018 10:50	137.423	19,50	19.070,39	25/06/2018 12:27
0159VID	25/06/2018 08:02	137.388	0,00	19.070,39	25/06/2018 08:03
0159VID	24/06/2018 20:06	137.348	218,50	19.070,39	25/06/2018 07:39
0159VID	24/06/2018 11:55	137.181	0,50	19.070,39	24/06/2018 11:59
0159VID	24/06/2018 11:46	136.596	0,50	19.070,39	24/06/2018 11:54
0159VID	24/06/2018 08:55	136.596	0,00	73.742,00	24/06/2018 08:55
0159VID	24/06/2018 08:50	136.596	0,50	73.742,00	24/06/2018 08:53
0159VID	24/06/2018 08:45	136.596	0,00	73.742,00	24/06/2018 08:47
0159VID	24/06/2018 08:23	136.596	0,00	73.742,00	24/06/2018 08:24
0159VID	24/06/2018 05:22	136.595	76,00	73.742,00	24/06/2018 08:15
0159VID	23/06/2018 20:00	136.458	18,50	73.742,00	23/06/2018 20:48
0159VID	23/06/2018 17:12	136.411	63,50	73.742,00	23/06/2018 19:27
0159VID	23/06/2018 14:05	136.292	85,50	73.742,00	23/06/2018 16:50
0159VID	23/06/2018 09:33	136.143	112,00	73.742,00	23/06/2018 13:16
0159VID	23/06/2018 06:09	135.940	100,50	73.742,00	23/06/2018 09:04
0159VID	22/06/2018 21:02	135.813	0,00	23.109,78	22/06/2018 21:03
0159VID	22/06/2018 19:28	135.806	7,50	23.109,78	22/06/2018 20:01
0159VID	22/06/2018 19:27	135.795	0,00	23.109,78	22/06/2018 19:27
0159VID	22/06/2018 18:53	135.795	2,00	23.109,78	22/06/2018 19:09
0159VID	22/06/2018 17:32	135.793	1,00	23.109,78	22/06/2018 17:44
0159VID	22/06/2018 15:32	135.793	0,00	23.109,78	22/06/2018 15:35
0159VID	22/06/2018 13:52	135.792	14,50	23.109,78	22/06/2018 15:25
0159VID	22/06/2018 11:36	135.738	1,00	23.109,78	22/06/2018 11:50
0159VID	22/06/2018 10:00	135.737	0,50	23.109,78	22/06/2018 10:18
0159VID	22/06/2018 08:36	135.737	0,00	23.109,78	22/06/2018 08:37
0159VID	22/06/2018 08:07	135.737	0,00	23.109,78	22/06/2018 08:08
0159VID	22/06/2018 04:38	135.737	56,50	23.109,78	22/06/2018 07:53
0159VID	21/06/2018 23:22	135.540	0,50	23.109,78	21/06/2018 23:26



Veículo	MOTOR LIGADO (hh:mm:ss)	Hodômetro (km)	Consumo (Litros)	Carga total (kg)	VEÍCULO DESLIGADO (hh:mm:ss)
0159VID	21/06/2018 17:00	135.540	0,50	23.109,78	21/06/2018 17:16
0159VID	21/06/2018 16:44	135.540	0,50	23.109,78	21/06/2018 16:59
0159VID	21/06/2018 15:20	135.540	1,00	23.109,78	21/06/2018 15:39
0159VID	21/06/2018 14:51	135.539	0,00	23.109,78	21/06/2018 14:52
0159VID	21/06/2018 14:36	135.539	0,50	23.109,78	21/06/2018 14:46
0159VID	21/06/2018 14:32	135.539	0,50	23.109,78	21/06/2018 14:35
0159VID	21/06/2018 14:00	135.539	0,50	23.109,78	21/06/2018 14:11
0159VID	21/06/2018 13:43	135.539	0,50	23.109,78	21/06/2018 13:49
0159VID	21/06/2018 12:19	135.539	0,00	23.109,78	21/06/2018 12:22
0159VID	21/06/2018 10:26	135.539	0,50	23.109,78	21/06/2018 10:34
0159VID	21/06/2018 04:50	135.539	70,00	23.109,78	21/06/2018 08:27
0159VID	20/06/2018 18:12	135.316	24,50	23.109,78	20/06/2018 19:30
0159VID	20/06/2018 15:47	135.240	37,00	23.109,78	20/06/2018 17:42
0159VID	20/06/2018 14:01	135.124	0,00	23.109,78	20/06/2018 14:12
0159VID	20/06/2018 11:11	135.124	47,00	23.109,78	20/06/2018 13:46
0159VID	20/06/2018 09:42	134.975	0,50	23.109,78	20/06/2018 09:47
0159VID	20/06/2018 07:41	134.975	12,00	23.109,78	20/06/2018 08:25
0159VID	20/06/2018 07:03	134.951	1,00	23.109,78	20/06/2018 07:09
0159VID	19/06/2018 20:16	134.939	0,50	23.109,78	19/06/2018 20:20
0159VID	19/06/2018 20:10	134.938	0,00	23.109,78	19/06/2018 20:15
0159VID	19/06/2018 16:34	134.938	0,50	23.109,78	19/06/2018 16:37
0159VID	19/06/2018 16:27	134.938	0,00	68.149,12	19/06/2018 16:31
0159VID	19/06/2018 13:19	134.938	0,00	68.149,12	19/06/2018 13:19
0159VID	19/06/2018 13:18	134.938	0,00	68.149,12	19/06/2018 13:18
0159VID	19/06/2018 13:15	134.938	0,00	68.149,12	19/06/2018 13:17
0159VID	19/06/2018 09:10	134.938	19,50	68.149,12	19/06/2018 09:58
0159VID	19/06/2018 06:46	134.905	59,50	68.149,12	19/06/2018 08:58
0159VID	18/06/2018 19:32	134.788	19,00	68.149,12	18/06/2018 20:21
0159VID	18/06/2018 14:52	134.752	109,50	68.149,12	18/06/2018 18:41
0159VID	18/06/2018 09:46	134.560	142,00	68.149,12	18/06/2018 14:36
0159VID	18/06/2018 04:53	134.313	126,00	68.149,12	18/06/2018 09:02
0159VID	17/06/2018 21:34	134.112	0,50	68.149,12	17/06/2018 21:38
0159VID	17/06/2018 21:17	134.112	1,50	68.149,12	17/06/2018 21:30
0159VID	17/06/2018 18:43	134.110	0,00	22.961,65	17/06/2018 18:43
0159VID	17/06/2018 17:48	134.110	1,00	22.961,65	17/06/2018 18:00
0159VID	17/06/2018 16:03	134.110	0,00	22.961,65	17/06/2018 16:07
0159VID	17/06/2018 10:06	134.109	19,00	22.961,65	17/06/2018 11:35
0159VID	17/06/2018 08:38	134.066	0,00	22.961,65	17/06/2018 08:40
0159VID	17/06/2018 08:18	134.034	0,00	22.961,65	17/06/2018 08:19
0159VID	17/06/2018 08:03	134.034	0,50	22.961,65	17/06/2018 08:06
0159VID	17/06/2018 05:21	134.033	49,50	22.961,65	17/06/2018 08:00
0159VID	17/06/2018 05:13	133.867	1,50	22.961,65	17/06/2018 05:20
0159VID	16/06/2018 13:55	133.867	104,50	22.961,65	16/06/2018 18:56
0159VID	16/06/2018 08:15	133.567	59,00	22.961,65	16/06/2018 11:16

Veículo	MOTOR LIGADO (hh:mm:ss)	Hodômetro (km)	Consumo (Litros)	Carga total (kg)	VEÍCULO DESLIGADO (hh:mm:ss)
0159VID	15/06/2018 20:21	133.378	7,00	22.961,65	15/06/2018 20:47
0159VID	15/06/2018 17:18	133.329	16,50	22.961,65	15/06/2018 18:23
0159VID	15/06/2018 16:21	133.274	0,50	22.961,65	15/06/2018 16:29
0159VID	15/06/2018 16:12	133.273	0,00	71.982,08	15/06/2018 16:20
0159VID	15/06/2018 13:46	133.273	0,50	71.982,08	15/06/2018 13:52
0159VID	15/06/2018 13:42	133.272	0,00	71.982,08	15/06/2018 13:43
0159VID	15/06/2018 10:51	133.272	19,00	71.982,08	15/06/2018 11:41
0159VID	15/06/2018 08:48	133.235	53,50	71.982,08	15/06/2018 10:44
0159VID	15/06/2018 07:29	133.124	30,50	71.982,08	15/06/2018 08:36
0159VID	15/06/2018 07:08	133.064	2,00	71.982,08	15/06/2018 07:28
0159VID	14/06/2018 11:03	133.064	236,50	71.982,08	14/06/2018 19:06
0159VID	14/06/2018 09:33	132.665	8,00	71.982,08	14/06/2018 09:46
0159VID	14/06/2018 05:08	132.622	119,50	71.982,08	14/06/2018 09:02
0159VID	14/06/2018 04:43	132.457	1,50	71.982,08	14/06/2018 04:53
0159VID	14/06/2018 04:03	132.448	0,00	71.982,08	14/06/2018 04:03
0159VID	14/06/2018 02:22	132.448	0,00	71.982,08	14/06/2018 02:23
0159VID	14/06/2018 01:15	132.448	1,50	71.982,08	14/06/2018 01:35
0159VID	13/06/2018 13:17	132.448	0,00	71.982,08	13/06/2018 13:18
0159VID	13/06/2018 12:26	132.447	1,00	71.982,08	13/06/2018 12:41
0159VID	13/06/2018 11:59	132.446	0,00	71.982,08	13/06/2018 12:01
0159VID	13/06/2018 11:41	132.446	0,00	71.982,08	13/06/2018 11:41
0159VID	13/06/2018 10:01	132.446	17,50	22.637,25	13/06/2018 11:37
0159VID	13/06/2018 08:21	132.372	0,00	22.637,25	13/06/2018 08:22
0159VID	13/06/2018 08:20	132.371	0,00	22.637,25	13/06/2018 08:21
0159VID	13/06/2018 08:09	132.371	0,00	22.637,25	13/06/2018 08:09
0159VID	13/06/2018 04:46	132.371	54,00	22.637,25	13/06/2018 08:03
0159VID	12/06/2018 18:44	132.179	0,00	22.637,25	12/06/2018 18:45
0159VID	12/06/2018 18:32	132.179	0,00	22.637,25	12/06/2018 18:35
0159VID	12/06/2018 16:39	132.179	33,00	22.637,25	12/06/2018 18:29
0159VID	12/06/2018 12:04	132.059	78,00	22.637,25	12/06/2018 16:07
0159VID	12/06/2018 08:10	131.801	45,00	22.637,25	12/06/2018 10:31
0159VID	12/06/2018 07:07	131.652	10,50	22.637,25	12/06/2018 07:52
0159VID	12/06/2018 06:54	131.618	1,00	22.637,25	12/06/2018 07:00
0159VID	12/06/2018 00:44	131.618	0,50	22.637,25	12/06/2018 00:47
0159VID	12/06/2018 00:34	131.617	0,50	74.246,55	12/06/2018 00:42
0159VID	11/06/2018 21:23	131.617	0,50	74.246,55	11/06/2018 21:26
0159VID	11/06/2018 21:19	131.616	0,00	74.246,55	11/06/2018 21:21
0159VID	11/06/2018 11:41	131.616	15,00	74.246,55	11/06/2018 12:17
0159VID	11/06/2018 11:04	131.592	6,00	74.246,55	11/06/2018 11:26
0159VID	11/06/2018 08:55	131.578	57,00	74.246,55	11/06/2018 10:50
0159VID	11/06/2018 04:54	131.472	115,00	74.246,55	11/06/2018 08:41
0159VID	10/06/2018 10:41	131.259	281,00	74.246,55	10/06/2018 19:19
0159VID	10/06/2018 08:04	130.882	2,00	74.246,55	10/06/2018 08:17
0159VID	10/06/2018 00:48	130.794	2,00	22.367,25	10/06/2018 01:03



Veículo	MOTOR LIGADO (hh:mm:ss)	Hodômetro (km)	Consumo (Litros)	Carga total (kg)	VEÍCULO DESLIGADO (hh:mm:ss)
0159VID	09/06/2018 22:40	130.793	0,00	22.367,25	09/06/2018 22:40
0159VID	09/06/2018 22:08	130.793	0,00	22.367,25	09/06/2018 22:10
0159VID	09/06/2018 17:22	130.793	18,50	22.367,25	09/06/2018 18:59
0159VID	09/06/2018 16:08	130.742	0,00	22.367,25	09/06/2018 16:10
0159VID	09/06/2018 13:58	130.716	22,50	22.367,25	09/06/2018 15:33
0159VID	09/06/2018 05:02	130.641	62,00	22.367,25	09/06/2018 08:50
0159VID	08/06/2018 13:01	130.411	150,00	22.367,25	08/06/2018 21:02
0159VID	08/06/2018 12:15	129.938	0,50	22.367,25	08/06/2018 12:19
0159VID	08/06/2018 12:07	129.905	0,50	68.149,12	08/06/2018 12:13
0159VID	08/06/2018 08:49	129.904	0,50	68.149,12	08/06/2018 08:54
0159VID	08/06/2018 07:48	129.904	20,00	68.149,12	08/06/2018 08:45
0159VID	08/06/2018 05:15	129.904	20,00	68.149,12	08/06/2018 06:14
0159VID	07/06/2018 18:39	129.825	65,00	68.149,12	07/06/2018 20:43
0159VID	07/06/2018 15:31	129.711	67,00	68.149,12	07/06/2018 17:45
0159VID	07/06/2018 09:35	129.591	179,00	68.149,12	07/06/2018 15:01
0159VID	07/06/2018 08:40	129.289	22,00	68.149,12	07/06/2018 09:24
0159VID	07/06/2018 04:59	129.246	106,00	68.149,12	07/06/2018 08:04
0159VID	06/06/2018 19:50	129.101	2,50	21.477,37	06/06/2018 20:10
0159VID	06/06/2018 16:46	129.096	1,00	21.477,37	06/06/2018 17:01
0159VID	06/06/2018 16:10	129.095	1,50	21.477,37	06/06/2018 16:25
0159VID	06/06/2018 15:38	129.094	0,00	21.477,37	06/06/2018 15:40
0159VID	06/06/2018 14:49	129.094	0,50	21.477,37	06/06/2018 14:57
0159VID	06/06/2018 14:00	129.094	1,00	21.477,37	06/06/2018 14:12
0159VID	06/06/2018 13:26	129.094	0,00	21.477,37	06/06/2018 13:30
0159VID	06/06/2018 07:46	129.093	14,00	21.477,37	06/06/2018 09:44
0159VID	06/06/2018 05:33	129.039	0,00	21.477,37	06/06/2018 05:40
0159VID	06/06/2018 04:31	129.039	0,00	21.477,37	06/06/2018 04:31
0159VID	06/06/2018 04:26	129.039	0,50	21.477,37	06/06/2018 04:30
0159VID	05/06/2018 21:38	129.039	0,50	21.477,37	05/06/2018 21:40
0159VID	05/06/2018 21:30	129.039	0,00	21.477,37	05/06/2018 21:33
0159VID	05/06/2018 18:46	129.039	0,00	21.477,37	05/06/2018 18:51
0159VID	05/06/2018 17:23	129.039	0,50	21.477,37	05/06/2018 17:25
0159VID	05/06/2018 16:47	129.039	0,50	21.477,37	05/06/2018 16:56
0159VID	05/06/2018 15:40	129.036	1,50	21.477,37	05/06/2018 15:56
0159VID	05/06/2018 14:38	129.032	0,00	21.477,37	05/06/2018 14:38
0159VID	05/06/2018 14:33	129.032	0,00	21.477,37	05/06/2018 14:35
0159VID	05/06/2018 12:13	129.032	0,00	21.477,37	05/06/2018 12:15
0159VID	05/06/2018 11:56	129.032	0,50	21.477,37	05/06/2018 12:11
0159VID	05/06/2018 10:47	129.032	1,50	21.477,37	05/06/2018 11:21
0159VID	05/06/2018 10:34	129.031	0,50	21.477,37	05/06/2018 10:39
0159VID	05/06/2018 07:32	129.031	55,50	21.477,37	05/06/2018 10:30
0159VID	04/06/2018 15:57	128.839	83,00	21.477,37	04/06/2018 19:48
0159VID	04/06/2018 14:33	128.617	12,00	21.477,37	04/06/2018 15:09
0159VID	04/06/2018 13:15	128.546	27,00	21.477,37	04/06/2018 14:27

Veículo	MOTOR LIGADO (hh:mm:ss)	Hodômetro (km)	Consumo (Litros)	Carga total (kg)	VEÍCULO DESLIGADO (hh:mm:ss)
0159VID	04/06/2018 09:50	128.461	37,00	21.477,37	04/06/2018 11:37
0159VID	04/06/2018 07:29	128.461	2,00	21.477,37	04/06/2018 07:50
0159VID	03/06/2018 20:55	128.349	0,00	21.477,37	03/06/2018 21:00
0159VID	03/06/2018 19:13	128.349	3,50	21.477,37	03/06/2018 19:27
0159VID	03/06/2018 17:47	128.344	21,50	21.477,37	03/06/2018 19:00
0159VID	03/06/2018 17:46	128.271	0,00	21.477,37	03/06/2018 17:46
0159VID	03/06/2018 17:27	128.271	0,50	21.477,37	03/06/2018 17:31
0159VID	03/06/2018 17:19	128.270	0,50	68.149,12	03/06/2018 17:25
0159VID	03/06/2018 14:04	128.270	0,00	68.149,12	03/06/2018 14:05
0159VID	03/06/2018 13:55	128.270	0,50	68.149,12	03/06/2018 14:02
0159VID	03/06/2018 12:56	128.269	20,00	68.149,12	03/06/2018 13:50
0159VID	03/06/2018 07:58	128.269	1,00	68.149,12	03/06/2018 08:01
0159VID	03/06/2018 06:43	128.232	20,00	68.149,12	03/06/2018 07:31
0159VID	03/06/2018 06:36	128.190	0,50	68.149,12	03/06/2018 06:38
0159VID	03/06/2018 06:11	128.190	1,00	68.149,12	03/06/2018 06:19
0159VID	02/06/2018 20:40	128.190	1,00	68.149,12	02/06/2018 21:00
0159VID	02/06/2018 18:33	128.190	0,00	68.149,12	02/06/2018 18:39
0159VID	02/06/2018 15:46	128.190	67,00	68.149,12	02/06/2018 18:05
0159VID	02/06/2018 14:57	128.076	0,50	68.149,12	02/06/2018 15:00
0159VID	02/06/2018 08:54	128.076	99,50	68.149,12	02/06/2018 12:01
0159VID	01/06/2018 11:03	128.062	285,00	68.149,12	01/06/2018 19:36
0159VID	01/06/2018 09:59	127.439	1,50	68.149,12	01/06/2018 10:12
0159VID	01/06/2018 08:47	127.439	0,00	21.366,76	01/06/2018 08:48
0159VID	01/06/2018 06:41	127.437	0,50	21.366,76	01/06/2018 06:46
0159VID	01/06/2018 06:36	127.436	0,00	21.366,76	01/06/2018 06:39
0159VID	01/06/2018 04:53	127.436	20,00	21.366,76	01/06/2018 06:27
0159VID	30/05/2018 09:54:35	127.319	0,50	21.366,76	30/05/2018 10:01:24
0159VID	30/05/2018 09:00:08	127.319	0,50	21.366,76	30/05/2018 09:05:11
0159VID	30/05/2018 07:17:24	127.319	16,50	21.366,76	30/05/2018 08:39:05
0159VID	30/05/2018 06:12:08	127.255	12,50	21.366,76	30/05/2018 06:58:36
0159VID	29/05/2018 19:21:41	127.215	0,50	21.366,76	29/05/2018 19:28:40
0159VID	29/05/2018 19:16:03	127.214	0,50	21.366,76	29/05/2018 19:19:02
0159VID	29/05/2018 17:40:00	127.214	0,50	21.366,76	29/05/2018 17:52:20
0159VID	29/05/2018 17:12:45	127.214	0,50	21.366,76	29/05/2018 17:14:52
0159VID	29/05/2018 17:07:42	127.213	0,00	21.366,76	29/05/2018 17:11:16
0159VID	29/05/2018 17:00:58	127.213	0,50	21.366,76	29/05/2018 17:04:54
0159VID	29/05/2018 14:51:30	127.213	8,00	21.366,76	29/05/2018 15:16:25
0159VID	29/05/2018 14:27:27	127.201	7,00	21.366,76	29/05/2018 14:49:45
0159VID	29/05/2018 11:56:36	127.189	38,50	21.366,76	29/05/2018 13:36:50
0159VID	29/05/2018 11:41:51	127.097	0,00	21.366,76	29/05/2018 11:44:43
0159VID	29/05/2018 11:35:13	127.097	0,50	21.366,76	29/05/2018 11:41:01

Veículo	MOTOR LIGADO (hh:mm:ss)	Hodômetro (km)	Consumo (Litros)	Carga total (kg)	VEÍCULO DESLIGADO (hh:mm:ss)
0159VID	29/05/2018 09:58:56	127.097	3,00	21.366,76	29/05/2018 10:41:38
0159VID	25/05/2018 07:27:15	127.097	1,00	21.366,76	25/05/2018 07:35:27
0159VID	24/05/2018 13:00:33	127.097	1,00	21.366,76	24/05/2018 13:06:43
0159VID	24/05/2018 06:38:06	127.097	2,00	21.366,76	24/05/2018 06:57:33
0159VID	23/05/2018 18:06:08	127.097	0,00	21.366,76	23/05/2018 18:12:24
0159VID	23/05/2018 10:02:29	127.097	0,50	21.366,76	23/05/2018 10:06:41
0159VID	23/05/2018 05:01:46	127.097	25,00	21.366,76	23/05/2018 06:29:42
0159VID	22/05/2018 20:55:42	127.059	1,00	21.366,76	22/05/2018 21:03:06
0159VID	22/05/2018 20:15:00	127.058	0,50	21.366,76	22/05/2018 20:25:43
0159VID	22/05/2018 18:26:13	127.058	11,50	21.366,76	22/05/2018 19:25:16
0159VID	22/05/2018 16:49:19	127.043	2,00	21.366,76	22/05/2018 17:35:13
0159VID	22/05/2018 15:39:10	127.020	2,50	21.366,76	22/05/2018 16:19:29
0159VID	22/05/2018 13:40:58	127.018	0,00	21.366,76	22/05/2018 13:46:20
0159VID	22/05/2018 13:35:31	127.018	0,50	21.366,76	22/05/2018 13:38:58
0159VID	22/05/2018 09:12:15	127.018	0,00	21.366,76	22/05/2018 09:12:51
0159VID	22/05/2018 09:03:49	127.018	0,00	21.366,76	22/05/2018 09:11:29
0159VID	22/05/2018 05:40:07	127.018	58,00	21.366,76	22/05/2018 09:01:46
0159VID	21/05/2018 17:14:06	126.879	49,50	21.366,76	21/05/2018 19:48:10
0159VID	21/05/2018 13:15:43	126.658	29,50	21.366,76	21/05/2018 14:40:52
0159VID	21/05/2018 07:38:51	126.571	97,50	21.366,76	21/05/2018 12:11:49
0159VID	20/05/2018 20:02:54	126.295	0,00	21.366,76	20/05/2018 20:06:12
0159VID	20/05/2018 19:53:17	126.265	0,50	69.875,99	20/05/2018 20:01:28
0159VID	20/05/2018 16:57:16	126.264	0,50	69.875,99	20/05/2018 16:59:24
0159VID	20/05/2018 16:51:24	126.264	0,50	69.875,99	20/05/2018 16:54:05
0159VID	20/05/2018 12:41:55	126.264	16,50	69.875,99	20/05/2018 13:16:24
0159VID	20/05/2018 11:03:14	126.264	18,00	69.875,99	20/05/2018 11:49:42
0159VID	20/05/2018 07:12:49	126.209	53,00	69.875,99	20/05/2018 08:52:39
0159VID	19/05/2018 16:00:17	126.115	115,00	69.875,99	19/05/2018 19:45:26
0159VID	19/05/2018 12:02:02	125.906	126,50	69.875,99	19/05/2018 15:40:08
0159VID	19/05/2018 10:17:39	125.701	23,50	69.875,99	19/05/2018 11:00:20
0159VID	19/05/2018 08:54:53	125.657	23,50	69.875,99	19/05/2018 09:39:37
0159VID	19/05/2018 05:38:13	125.614	106,00	69.875,99	19/05/2018 08:35:37
0159VID	19/05/2018 00:24:59	125.466	1,00	24.587,42	19/05/2018 00:33:34
0159VID	18/05/2018 21:25:17	125.465	0,50	24.587,42	18/05/2018 21:34:27
0159VID	18/05/2018 21:02:12	125.465	0,00	24.587,42	18/05/2018 21:05:55
0159VID	18/05/2018 20:52:37	125.465	0,50	24.587,42	18/05/2018 21:00:32

Veículo	MOTOR LIGADO (hh:mm:ss)	Hodômetro (km)	Consumo (Litros)	Carga total (kg)	VEÍCULO DESLIGADO (hh:mm:ss)
0159VID	18/05/2018 19:03:03	125.464	1,50	24.587,42	18/05/2018 19:12:50
0159VID	18/05/2018 13:24:14	125.462	13,50	24.587,42	18/05/2018 14:49:02
0159VID	18/05/2018 11:28:58	125.408	0,00	24.587,42	18/05/2018 11:29:15
0159VID	18/05/2018 11:13:02	125.408	1,00	24.587,42	18/05/2018 11:26:02
0159VID	18/05/2018 11:06:45	125.407	0,50	24.587,42	18/05/2018 11:09:16
0159VID	18/05/2018 11:03:11	125.407	0,00	24.587,42	18/05/2018 11:05:19
0159VID	18/05/2018 10:37:09	125.407	0,50	24.587,42	18/05/2018 10:45:09
0159VID	18/05/2018 09:37:53	125.407	0,00	24.587,42	18/05/2018 09:43:46
0159VID	18/05/2018 09:07:21	125.407	0,50	24.587,42	18/05/2018 09:14:21
0159VID	18/05/2018 08:18:56	125.407	2,50	24.587,42	18/05/2018 09:05:19
0159VID	17/05/2018 21:56:36	125.405	0,00	24.587,42	17/05/2018 21:57:48
0159VID	17/05/2018 21:36:26	125.405	0,00	24.587,42	17/05/2018 21:38:27
0159VID	17/05/2018 18:46:56	125.405	50,50	24.587,42	17/05/2018 21:26:40
0159VID	17/05/2018 16:31:52	125.240	41,00	24.587,42	17/05/2018 18:38:37
0159VID	17/05/2018 14:04:13	125.094	54,00	24.587,42	17/05/2018 16:22:48
0159VID	17/05/2018 09:44:04	124.933	76,50	24.587,42	17/05/2018 12:59:39
0159VID	17/05/2018 08:33:45	124.700	5,50	24.587,42	17/05/2018 08:54:54
0159VID	17/05/2018 07:36:22	124.685	10,50	24.587,42	17/05/2018 08:09:58
0159VID	16/05/2018 19:34:35	124.654	0,50	24.587,42	16/05/2018 19:42:00
0159VID	16/05/2018 17:19:43	124.653	1,00	67.750,01	16/05/2018 17:34:43
0159VID	16/05/2018 14:32:09	124.653	21,50	67.750,01	16/05/2018 15:21:49
0159VID	16/05/2018 14:00:32	124.615	11,50	67.750,01	16/05/2018 14:27:21
0159VID	16/05/2018 08:05:23	124.591	172,50	67.750,01	16/05/2018 13:01:06
0159VID	16/05/2018 06:43:11	124.296	32,50	67.750,01	16/05/2018 07:39:19
0159VID	16/05/2018 06:32:41	124.248	0,50	67.750,01	16/05/2018 06:40:29
0159VID	15/05/2018 14:28:31	124.248	137,00	67.750,01	15/05/2018 18:55:14
0159VID	15/05/2018 09:32:21	124.003	120,50	67.750,01	15/05/2018 12:57:57
0159VID	15/05/2018 08:52:42	123.836	2,00	22.854,77	15/05/2018 09:09:21
0159VID	14/05/2018 22:31:24	123.834	1,00	22.854,77	14/05/2018 22:37:18
0159VID	14/05/2018 22:23:58	123.833	1,00	22.854,77	14/05/2018 22:28:11
0159VID	14/05/2018 21:37:41	123.833	0,00	22.854,77	14/05/2018 21:38:36
0159VID	14/05/2018 20:45:19	123.833	0,50	22.854,77	14/05/2018 20:53:01
0159VID	14/05/2018 20:39:25	123.833	0,00	22.854,77	14/05/2018 20:40:35
0159VID	14/05/2018 20:33:12	123.833	0,00	22.854,77	14/05/2018 20:35:45
0159VID	14/05/2018 20:28:29	123.832	0,00	22.854,77	14/05/2018 20:29:35
0159VID	14/05/2018 20:21:01	123.832	0,50	22.854,77	14/05/2018 20:25:32

Veículo	MOTOR LIGADO (hh:mm:ss)	Hodômetro (km)	Consumo (Litros)	Carga total (kg)	VEÍCULO DESLIGADO (hh:mm:ss)
0159VID	14/05/2018 17:19:19	123.832	20,00	22.854,77	14/05/2018 19:38:20
0159VID	14/05/2018 16:17:19	123.765	0,00	22.854,77	14/05/2018 16:18:50
0159VID	14/05/2018 16:04:32	123.765	0,00	22.854,77	14/05/2018 16:06:31
0159VID	14/05/2018 15:46:59	123.765	0,00	22.854,77	14/05/2018 15:49:48
0159VID	14/05/2018 15:19:41	123.765	0,50	22.854,77	14/05/2018 15:37:39
0159VID	14/05/2018 09:23:47	123.765	0,50	22.854,77	14/05/2018 09:25:28
0159VID	14/05/2018 08:42:32	123.765	2,00	22.854,77	14/05/2018 09:15:34
0159VID	11/05/2018 21:40:51	123.763	0,00	22.854,77	11/05/2018 21:43:15
0159VID	11/05/2018 14:08:42	123.763	105,50	22.854,77	11/05/2018 21:01:56
0159VID	11/05/2018 09:03:02	123.504	30,50	22.854,77	11/05/2018 10:33:23
0159VID	11/05/2018 04:51:40	123.310	70,50	22.854,77	11/05/2018 08:30:02
0159VID	10/05/2018 17:42:40	123.078	21,00	22.854,77	10/05/2018 19:00:08
0159VID	10/05/2018 17:31:46	123.012	0,50	22.854,77	10/05/2018 17:35:36
0159VID	10/05/2018 17:26:57	123.011	0,50	22.854,77	10/05/2018 17:30:12
0159VID	10/05/2018 13:44:43	123.011	1,00	68.149,12	10/05/2018 14:01:32
0159VID	10/05/2018 09:24:13	123.010	19,50	68.149,12	10/05/2018 10:14:12
0159VID	10/05/2018 08:03:48	123.003	11,00	68.149,12	10/05/2018 08:31:09
0159VID	10/05/2018 04:52:20	122.949	49,00	68.149,12	10/05/2018 06:27:28
0159VID	09/05/2018 11:26:51	122.862	277,00	68.149,12	09/05/2018 20:32:50
0159VID	09/05/2018 06:53:55	122.362	119,50	68.149,12	09/05/2018 10:38:37
0159VID	09/05/2018 05:58:43	122.189	2,00	22.465,59	09/05/2018 06:12:18
0159VID	09/05/2018 05:21:08	122.188	0,00	22.465,59	09/05/2018 05:21:38
0159VID	09/05/2018 04:48:55	122.188	1,00	22.465,59	09/05/2018 04:57:05
0159VID	09/05/2018 03:16:09	122.188	0,50	22.465,59	09/05/2018 03:24:55
0159VID	08/05/2018 20:58:43	122.186	0,00	22.465,59	08/05/2018 21:06:40
0159VID	08/05/2018 20:38:05	122.186	0,50	22.465,59	08/05/2018 20:44:24
0159VID	08/05/2018 16:45:12	122.186	19,50	22.465,59	08/05/2018 18:28:54
0159VID	08/05/2018 16:26:22	122.112	0,00	22.465,59	08/05/2018 16:27:36
0159VID	08/05/2018 16:07:07	122.112	0,00	22.465,59	08/05/2018 16:09:03
0159VID	08/05/2018 15:47:17	122.111	0,00	22.465,59	08/05/2018 15:50:21
0159VID	08/05/2018 15:42:37	122.111	0,50	22.465,59	08/05/2018 15:44:33
0159VID	08/05/2018 14:43:08	122.111	0,00	22.465,59	08/05/2018 14:53:09
0159VID	08/05/2018 14:10:01	122.111	0,00	22.465,59	08/05/2018 14:11:18
0159VID	08/05/2018 07:05:03	122.111	146,00	22.465,59	08/05/2018 14:02:22
0159VID	08/05/2018 02:50:24	121.659	37,50	22.465,59	08/05/2018 06:44:55
0159VID	07/05/2018 15:03:16	121.549	18,00	22.465,59	07/05/2018 16:11:01

Veículo	MOTOR LIGADO (hh:mm:ss)	Hodômetro (km)	Consumo (Litros)	Carga total (kg)	VEÍCULO DESLIGADO (hh:mm:ss)
0159VID	07/05/2018 13:07:06	121.391	0,00	22.465,59	07/05/2018 13:08:44
0159VID	07/05/2018 13:01:22	121.361	0,50	66.192,97	07/05/2018 13:05:37
0159VID	07/05/2018 09:17:38	121.360	0,00	66.192,97	07/05/2018 09:20:36
0159VID	07/05/2018 09:12:40	121.360	0,50	66.192,97	07/05/2018 09:15:49
0159VID	07/05/2018 07:18:08	121.360	33,00	66.192,97	07/05/2018 08:50:23
0159VID	06/05/2018 17:13:11	121.322	130,00	66.192,97	06/05/2018 21:33:31
0159VID	06/05/2018 09:49:26	121.074	175,50	66.192,97	06/05/2018 15:24:33
0159VID	06/05/2018 04:46:18	120.773	139,50	66.192,97	06/05/2018 09:09:15
0159VID	05/05/2018 19:44:37	120.539	2,00	66.192,97	05/05/2018 19:59:20
0159VID	05/05/2018 19:05:54	120.537	0,00	66.192,97	05/05/2018 19:10:06
0159VID	05/05/2018 18:38:36	120.537	0,00	66.192,97	05/05/2018 18:39:08
0159VID	05/05/2018 18:07:14	120.537	0,00	66.192,97	05/05/2018 18:07:55
0159VID	05/05/2018 17:00:54	120.537	0,00	66.192,97	05/05/2018 17:02:01
0159VID	05/05/2018 15:35:56	120.537	0,50	66.192,97	05/05/2018 15:41:01
0159VID	05/05/2018 15:01:48	120.537	0,00	66.192,97	05/05/2018 15:05:33
0159VID	05/05/2018 13:18:55	120.536	19,00	66.192,97	05/05/2018 14:55:04
0159VID	05/05/2018 12:47:47	120.461	0,00	22.637,25	05/05/2018 12:51:44
0159VID	05/05/2018 12:28:49	120.461	0,00	22.637,25	05/05/2018 12:29:44
0159VID	05/05/2018 04:47:23	120.461	136,00	22.637,25	05/05/2018 11:57:47
0159VID	04/05/2018 19:27:36	120.008	37,00	22.637,25	04/05/2018 21:30:02
0159VID	04/05/2018 16:11:52	119.892	0,50	22.637,25	04/05/2018 16:15:24
0159VID	04/05/2018 16:04:42	119.892	0,50	22.637,25	04/05/2018 16:09:31
0159VID	03/05/2018 13:37:00	119.892	54,00	22.637,25	03/05/2018 16:36:21
0159VID	03/05/2018 12:14:03	119.766	0,00	22.637,25	03/05/2018 12:15:32
0159VID	03/05/2018 12:05:05	119.711	0,50	52.906,93	03/05/2018 12:12:53
0159VID	03/05/2018 09:23:43	119.710	0,50	52.906,93	03/05/2018 09:27:14
0159VID	03/05/2018 08:21:18	119.710	20,00	52.906,93	03/05/2018 09:21:42
0159VID	03/05/2018 05:46:34	119.682	57,00	52.906,93	03/05/2018 07:53:25
0159VID	02/05/2018 19:32:33	119.561	19,00	52.906,93	02/05/2018 20:18:35
0159VID	02/05/2018 16:34:51	119.526	63,50	52.906,93	02/05/2018 18:57:09
0159VID	02/05/2018 12:05:58	119.406	128,00	52.906,93	02/05/2018 16:10:43
0159VID	02/05/2018 09:04:00	119.197	57,50	52.906,93	02/05/2018 11:14:38
0159VID	02/05/2018 08:37:55	119.069	8,00	52.906,93	02/05/2018 08:50:02
0159VID	02/05/2018 04:33:48	119.061	117,00	52.906,93	02/05/2018 08:16:17
0159VID	02/05/2018 04:07:30	118.889	0,50	22.637,25	02/05/2018 04:11:11
0159VID	02/05/2018 03:55:21	118.888	1,50	22.637,25	02/05/2018 04:05:59

Veículo	MOTOR LIGADO (hh:mm:ss)	Hodômetro (km)	Consumo (Litros)	Carga total (kg)	VEÍCULO DESLIGADO (hh:mm:ss)
0159VID	02/05/2018 03:05:43	118.887	0,00	22.637,25	02/05/2018 03:06:54
0159VID	02/05/2018 02:13:52	118.887	1,50	22.637,25	02/05/2018 02:27:00
0159VID	01/05/2018 17:29:26	118.885	0,00	22.637,25	01/05/2018 17:29:55
0159VID	01/05/2018 16:22:10	118.885	0,00	22.637,25	01/05/2018 16:23:34
0159VID	01/05/2018 12:11:24	118.885	0,00	22.637,25	01/05/2018 12:14:57
0159VID	01/05/2018 10:20:50	118.885	18,00	22.637,25	01/05/2018 12:00:20
0159VID	01/05/2018 10:08:27	118.810	0,00	22.637,25	01/05/2018 10:11:31
0159VID	01/05/2018 05:08:49	118.810	73,50	22.637,25	01/05/2018 09:50:19