

# Uma plataforma para telemetria veicular e criação de indicadores de desempenho no contexto da Internet dos Veículos Inteligentes

Rodolfo Queiroz\* Marianne Silva\* Pedro Andrade\*  
Jordy Araújo\* Gabriel Signoretti\* Ivanovitch Silva\*\*

\* *Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN*

\*\* *Instituto Metrópole Digital, Natal-RN*

E-mails: rqueiroz@ufrn.edu.br, dinizmarianne@ufrn.edu.br,  
pedrohmeira@ufrn.edu.br, jordyaraujo@ufrn.edu.br,  
gabrielisig@ufrn.edu.br, ivan@imd.ufrn.br

---

**Abstract:** The Internet of Things (IoT) has been causing several transformations in various industrial sectors, such as automotive. The number of sensors and computational power that modern vehicles present grows significantly, providing an opportunity for instrumentation, monitoring, and creation of increasingly efficient diagnostic algorithms. The challenges emerge on several fronts, from the vehicle data collection, embedded processing, communication with computationally distributed platforms, and the analysis of the data itself. Thus, this work proposes a platform for real-time monitoring of vehicle telemetry as well as the creation of a performance indicator related to the driver's profile. The validation of the proposal was conducted with real experiments in stretches located in cities of Paraíba, Rio Grande do Norte, with six drivers and several vehicles. The results demonstrated the feasibility of the proposal as well as the identification of the different driving profiles.

## Resumo:

A Internet das Coisas (IoT, do inglês *Internet of Things*) vem provocando diversas transformações em vários setores industriais, como é o caso do automotivo. A quantidade de sensores e poder computacional que os veículos modernos apresentam cresce significativamente, municiando uma oportunidade de instrumentação, monitoramento e criação de algoritmos de diagnóstico cada vez mais eficientes. Os desafios emergem em diversas frentes, desde a coleta dos dados veiculares, processamento embarcado, comunicação com plataformas computacionalmente distribuídas e a análise propriamente dita dos dados. Assim, nesse trabalho é proposto uma plataforma para o monitoramento em tempo real da telemetria veicular assim como a criação de um indicador de desempenho relacionado com o perfil dos condutores. A validação da proposta foi conduzida com experimentos reais em trechos localizados em municípios da Paraíba, Rio Grande do Norte e com seis condutores e diversos veículos. Os resultados demonstraram a viabilidade da proposta assim como a identificação dos diferentes perfis de condução.

**Keywords:** Internet of Things; Vehicular Telemetry; Smart Vehicle; Driver behavior modeling; performance indicator; data science.

**Palavras-chaves:** Internet das Coisas; Telemetria veicular; Veículos Inteligentes; Perfil de condutores; indicadores de desempenho, ciência dos dados.

---

## 1. INTRODUÇÃO

Os avanços e a ampla inserção da Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT em tradução para o idioma Inglês) e dos sistemas ciber-físicos tem municiado transformações em toda a cadeia produtiva dos setores industriais (Wollschlaeger et al., 2017). Esse cenário é a junção de avanços tecnológicos que permitem a conexão e instrumentação massiva de dispositivos, melhor eficiência no que tange a relação entre capacidade computacional e consumo energético assim como algoritmos inteligentes e distribuídos em

um novo ecossistema de ferramentas computacionais (Zhao et al., 2020).

No setor automotivo, em especial, essa transformação é ainda mais notória. Os veículos modernos apresentam um elevado grau de instrumentação, centenas de sensores são embarcados em um típico veículo além de várias unidades de processamento (*On Board Units* - OBU) (Signoretti et al., 2019). Além disso, protocolos de comunicação habilitam a troca de informação entre veículos e os fabricantes, criando um novo cenário conhecido pela Internet dos Veículos Inteligentes (*Internet of Intelligent Vehicles* - IoIV

em tradução para o idioma Inglês) (Zhou et al., 2020). Os principais benefícios da IoIV estão relacionados desde a utilização de uma telemetria inteligente capaz de criar novas aplicações de diagnóstico, desempenho e manutenção até mecanismos de segurança e privacidade (Rimpas et al., 2020).

A implementação da IoIV tem seguido duas abordagens principais, uma tradicional e outra focada no conceito de computação de borda (*edge computing* em tradução para o idioma Inglês). Conforme ilustrado na Figura 1, em ambas as abordagens um dispositivo embarcado que implementa o protocolo OBD-II (*On-Board Diagnostic*), conhecido como leitor OBD-II, é conectado no veículo com o intuito de coletar e transmitir uma série de dados em tempo real, como o status da luz da injeção eletrônica, códigos de diagnóstico de problemas (*Diagnostic Trouble Codes - DTC* em tradução para o idioma Inglês), rotação do motor, velocidade, carga do motor, entre outros (Silva et al., 2018). As principais diferenças entre as implementações da IoIV estão no fato de que a forma tradicional utiliza um dispositivo móvel como *gateway* para transmitir os dados veiculares para uma infraestrutura computacional distribuída enquanto que na abordagem de computação de borda esse procedimento é realizado no próprio leitor OBD-II. A abordagem tradicional é mais factível de ser implementada haja vista que o preço de um típico leitor OBD-II é bastante baixo, na ordem de pouco mais de R\$ 40,00 reais enquanto que um leitor OBD-II com funcionalidades de computador de borda ultrapassa os R\$ 2000,00 reais<sup>1</sup>.

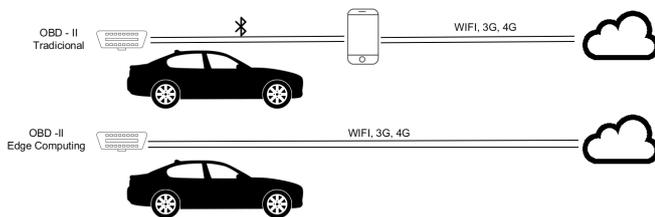


Figura 1. Implementação da IoIV em um típico veículo.

Adicionalmente, a abordagem da implementação tradicional da IoIV necessita também que um módulo de software seja implementado no *gateway* (dispositivo móvel) para a comunicação com o leitor OBD-II (que em geral ocorre através do protocolo Bluetooth). Várias soluções proprietárias disponibilizam interfaces com o leitor OBD-II, como por exemplo: Torque OBD Pro<sup>2</sup>, DashCommand<sup>3</sup>, OBD Car Doctor<sup>4</sup>, entre outras. Apesar do cenário bastante promissor, existem lacunas no que tange o acesso dessas interfaces a plataformas computacionais distribuídas. As soluções citadas são focadas especificamente na visualização das informações diretamente nos dispositivos móveis e o processamento dos dados não é possível de ser customizado e personalizado devido a inexistência de Interface de Programação de Aplicativos (*Application Programming Interface* em tradução para o idioma Inglês) públicas. A exceção ocorre com o Torque OBD Pro, onde uma interface

de comunicação HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) é fornecida para que desenvolvedores façam suas próprias soluções de telemetria.

Dessa forma, em virtude do cenário descrito anteriormente, foi investigado nesse trabalho a implementação da IoIV através de uma abordagem tradicional com o objetivo de criar uma plataforma para a telemetria veicular e a partir dos dados coletados criar indicadores de desempenho do condutor. A abordagem tradicional para implementação da IoIV foi escolhida levando em consideração a flexibilidade de aquisição dos leitores OBD-II assim como a ampla utilização de dispositivos móveis por parte da população. Tais características ajudam na maior inserção da solução entre os possíveis usuários. O aplicativo Torque OBD Pro foi escolhido como interface de comunicação com o leitor OBD-II, pois fornece um meio transparente e holístico do ponto de vista de tecnologia para acesso aos dados veiculares via HTTP.

Considerando as contribuições do referido trabalho, podemos citar:

- Criação de um módulo de comunicação com dados veiculares a partir do protocolo HTTP.
- Projeto, implementação e validação em cenários reais de uma plataforma para a telemetria veicular no contexto da Internet dos Veículos Inteligentes.
- Modelagem e implementação de um indicador para desempenho de condutores a partir de dados veiculares em tempo real e com baixa demanda computacional.

Por fim, o restante desse artigo encontra-se organizado da seguinte forma: na Seção 2, são apresentados os trabalhos relacionados enquanto que na Seção 3 são elucidados detalhes da plataforma proposta; a Seção 4 descreve os experimentos realizados; a Seção 5 discute os principais resultados obtidos enquanto que a Seção 6 enumera as ameaças à validade do respectivo estudo; por fim, a Seção 7 apresenta as considerações finais e indica caminhos promissores para trabalhos futuros.

## 2. TRABALHOS RELACIONADOS

Após uma revisão sistemática da literatura, foram encontrados diversos trabalhos que influenciaram a pesquisa realizada e que, portanto, contribuíram com o desenvolvimento da solução proposta. Adicionalmente, sabe-se que a adoção massiva e global do protocolo OBD-II no setor automotivo e de forma mais incisiva a partir de 2010 tem também propiciado um avanço significativo das pesquisas no setor de telemetria nos últimos anos (Silva et al., 2018; Khandakar et al., 2019), e consequentemente influenciado o respectivo trabalho.

Neste contexto, o trabalho de Abukhalil et al. (2020) apresenta uma análise da telemetria veicular a partir da estimação do consumo de combustível usando as informações obtidas via OBD-II. O consumo é calculado por intermédio de uma combinação da técnica *Support Vector Machine* e a interpolação de Lagrange. Testes em cenários reais foram realizados e comprovaram a viabilidade do método.

No que tange o perfil do condutor, em Molina (2020) foi apresentado um modelo de estimação do perfil do condutor

<sup>1</sup> <https://www.autopi.io/>

<sup>2</sup> <https://torque-bhp.com/>

<sup>3</sup> <https://www.palmerperformance.com/>

<sup>4</sup> <https://www.obdautodoctor.com/>

baseado na técnica de *Random Forest*. Sensores veiculares foram coletados por meio de um leitor OBD-II e processados pelo algoritmo de aprendizagem de máquina para a caracterização do comportamento dos sinais em relação aos diferentes modos de dirigir. De maneira similar, Lee et al. (2020) apresentou uma abordagem para detecção precoce da intenção de realizar manobras por um condutor. O modelo e análise do comportamento foi baseado no reconhecimento de padrões estruturais com base em gramáticas livres e sensíveis ao contexto.

Complementando o trabalho anterior, Valladolid et al. (2020) implementou controladores *fuzzy* para melhorar as características operacionais em veículos elétricos, por meio de estilos de condução utilizando dados experimentais via leitores OBD-II. O controlador foi projetado para os seguintes estilos de direção: agressivo, moderado e conservador; a fim de melhorar o desempenho e conforto do veículo elétrico.

Por fim, na Tabela 1, é apresentado um resumo comparativo entre as características dos trabalhos mencionados nesta seção. É possível visualizar suas principais semelhanças e diferenças. Cada linha representa um trabalho específico e cada uma das quatro colunas indica as características e como eles foram abordados na pesquisa em questão. Os recursos analisados são: (1) utilização de leitores OBD-II na sua versão mais simples (“prateleira”), (2) Desenvolvimento de plataformas agnósticas do ponto de vista de tecnologias de comunicação, (3) Criação de modelos genéricos para a identificação do perfil do condutor e (4) demanda de baixo recurso computacional.

Tabela 1. Resumo dos Trabalhos Relacionados

Trabalhos	1	2	3	4
Abukhalil et al. (2020)	Não	Não	Não	Sim
Molina (2020)	Sim	Não	Sim	Sim
Lee et al. (2020)	Não	Não	Sim	Não
Valladolid et al. (2020)	Sim	Não	Sim	Não

Os 4 trabalhos apresentados na Tabela 1, demonstram características distintas, e nenhum contempla todas características vislumbradas nesse trabalho (características de 1 a 4 na Tabela 1. De fato, pode ser visto na literatura que nem todos os trabalhos utilizam um leitor OBD-II de “prateleira”. Alguns trabalhos adotam o uso de leitores OBD-II com propósitos específicos. Da mesma forma, observa-se que dos trabalhos supracitados nenhum possui o desenvolvimento de uma plataforma agnóstica do ponto de vista de comunicação de dados com um veículo, tal como é proposto neste trabalho. Com relação ao perfil do condutor, alguns trabalhos propõem modelos, todavia a criação de indicadores não foi observada. Por fim, para a análise da demanda de recursos computacionais, apenas os trabalhos de Abukhalil et al. (2020); Molina (2020) utilizam uma baixa demanda por recursos.

Desta forma, destacam-se a relevância e a relação de cada um dos trabalhos apresentados com o trabalho proposto. Assim, a partir da discussão apresentada anteriormente, fica claro que ainda existem lacunas a serem exploradas nessa área, promovendo o desenvolvimento de novas soluções por meio das tecnologias OBD-II e IoIV. Neste contexto, este trabalho é desenvolvido com a proposta de

criação de uma plataforma agnóstica para tecnologias de comunicação com veículos e também o fomento para a criação de indicadores de perfil do condutor.

### 3. PLATAFORMA

Nesta seção são apresentados detalhes dos módulos que constituem o ciclo de vida da plataforma para telemetria veicular. A plataforma tem como o usuário final o condutor do próprio veículo, porém, uma entidade possuidora de uma frota de veículos pode se beneficiar também da proposta. Um dos principais requisitos da plataforma é o acoplamento de maneira “agnóstica” a aplicativos e interfaces de comunicação com veículos através de leitores OBD-II. Adicionalmente, a solução tem como objetivo modelar, analisar e processar dados veiculares para a identificação de um perfil do condutor, disponibilizando o resultado ao usuário final. A Figura 2 demonstra, de forma simplificada, a composição do fluxo de informação por meio da aplicação e servirá como base para visualização dos módulos descritos a seguir.

#### 3.1 Arquitetura

Nesta subseção será detalhado a arquitetura que constitui a proposta desse trabalho.

A plataforma desenvolvida tem uma arquitetura que pode ser dividida em três camadas: (i) Camada de Geração de Dados (CGD) que é responsável pela leitura dos sensores, assim como pelo envio das informações coletadas à aplicação. Dessa forma, representando, na verdade, as subcamadas de dispositivos físicos e controladores (veículo e leitor OBD-II) e conectividade (dispositivo móvel com conexão à internet). A CGD é responsável também pela comunicação entre o leitor OBD-II e o veículo e, posteriormente, entre o leitor OBD-II e o dispositivo móvel.

Por outro lado, a Camada de Serviços (CS) suporta uma aplicação que é dividida em duas partes: a) cliente da CGD e b) ao mesmo tempo subsidiando serviços a camada de visualização. Os dados recebidos pelas requisições (HTTP) enviadas da CGD passam por um pré-processamento em que há a filtragem, abstração em um modelo prefixado e posterior registro dos modelos em um Banco de Dados relacional. Nesse contexto, verifica-se que a Camada de Serviços se traduz nas camadas de Armazenamento, Abstração e Aplicação.

Em última instância, a Camada de Visualização (CV) é baseada nos clientes servidos pela CS, fornecendo ao usuário final meios para validação de regras de negócio, processos e tomadas de decisões. Em outras palavras, essa camada se reflete na camada de Colaboração e Processos.

#### 3.2 Ferramentas Utilizadas

Nesta subseção são descritas as principais tecnologias utilizadas em cada camada da Figura 2.

O diferencial existente na CGD foi o acoplamento da aplicação para Torque OBD Pro (voltada para o sistema operacional Android), que possibilita a leitura dos sensores alvo e a posterior submissão desses dados a um servidor. Além disso, a CGD também possibilita a definição do

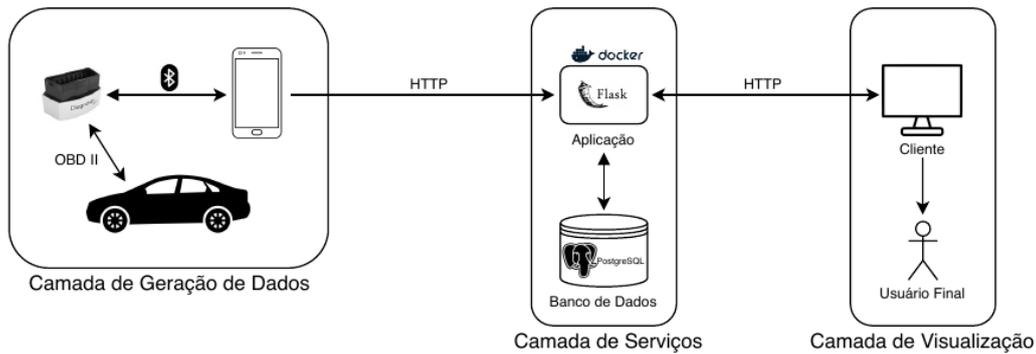


Figura 2. Arquitetura simplificada da plataforma proposta.

intervalo de tempo desejável entre as leituras, o que viabilizou medidas consistentes entre os diversos atores que participaram dos experimentos e que serão descritos na Seção 4.

Na CS foi projetado o serviço da aplicação por meio de um *container* Docker que engloba uma instância *Flask*. Essa escolha se fez devido ao *Flask* ser um *micro-framework web* que possibilita larga diversidade de recursos, escalabilidade e facilidade de configuração. O Docker, por sua vez, possibilita que o ambiente desejado seja replicável, escalável e contido. Outrossim, o registro das informações é feita a partir de um banco de dados relacional PostgreSQL, que foi escolhido por ser mais seguro quando comparado a seus concorrentes (MySQL, por exemplo), além de seu suporte para transações.

Por fim, o cliente, presente na CV, foi desenvolvido por meio de uma aplicação Vue.js, cuja a comunicação com o *back-end* é feita por intermédio de uma API REST.

### 3.3 Modelagem

Nesta subseção será descrito o processo de modelagem dos dados recebidos para processamento e posterior visualização.

O dispositivo responsável pelo envio dos dados coletados ao servidor possui uma interface de comunicação baseada em dados achatados. Nesse tipo de comunicação não há modulação das entidades e, portanto, a informação de cada sensor é desvinculada de possíveis sensores relacionados. Dessa forma, o pré-processamento dos dados se faz necessário e essencial para uma melhor utilização das informações recebidas.

Dessa forma, criou-se um procedimento composto por duas partes: 1) a filtragem de sensores que serão relevantes para a aplicação; e 2) o grupamento dos sensores em modelos mais característicos dos recursos a serem analisados (como estado do motor e do tanque de combustível, por exemplo).

Na filtragem, verificou-se a importância de 4 grupos de sensores: GPS, Acelerômetro, Combustível e Motor. Cada um desses grupos é composto por dois ou mais sensores que, em conjunto, ajudam a descrever o estado da entidade (grupo).

Além disso, 3 sensores que compõem características diretas do veículo também foram considerados de suma importância à aplicação, sendo eles: sensor de velocidade, sensor de

posição do acelerador e sensor de voltagem (tensão) da bateria.

A partir dessa análise, foi criado um modelo para representar o estado do veículo. Os 3 sensores diretamente ligados ao automóvel residem na raiz do modelo, enquanto cada um dos grupos possuem seu próprio modelo, que se relacionam ao modelo principal por meio de restrições 1:1, conforme ilustrado na Figura 3.

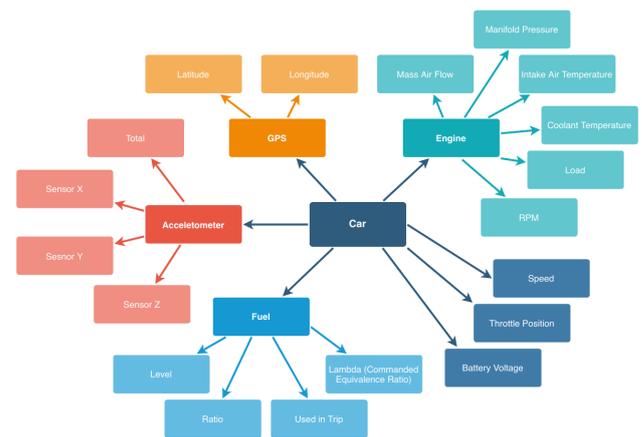


Figura 3. Diagrama do modelo construído.

Por fim, se fez necessário a criação de uma entidade que descreve as viagens (sessões) realizadas. Foi, então, criado um novo modelo para descrever a sessão, que engloba  $N$  representações do modelo descrito na Figura 3 (restrições 1:N), onde cada representação descreve o estado do automóvel em determinado instante de tempo  $t$ .

## 4. EXPERIMENTO

Esta seção descreve a avaliação da plataforma proposta, que foi baseada em um processo experimental como apresentado por Santos et al. (2018). As próximas subseções são focadas na definição e no planejamento do experimento. Finalmente, os resultados experimentais obtidos são discutidos na Seção 5.

### 4.1 Definição do Objetivo

O principal objetivo desse estudo é investigar a plataforma proposta e validar os identificadores do perfil do motorista.

## 4.2 Planejamento

Nesta seção será detalhado o *design* experimental.

*Seleção do Contexto:* o experimento terá como alvo condutores e veículos de duas Unidades Federativas (UF) do Brasil: Rio Grande do Norte (RN) e Paraíba (PB). Deste modo, os municípios selecionados por conveniência são: Natal/RN e Esperança/PB. Ressalta-se que o período está dentro de um cenário de pandemia causado pela Covid-19. Os veículos selecionados possuem anos de fabricação superior a 2010, visto que é o ano em que a implementação do sistema OBD-II em veículos se tornou obrigatória no Brasil.

*Seleção das Variáveis:* para investigar o fenômeno em questão, as seguintes variáveis dependentes, independentes e intervenientes foram consideradas:

- Variáveis Dependentes: acelerômetro, velocidade, rotação por minuto (RPM), posição do acelerador, *manifold absolute pressure* (MAP) e distância percorrida
- Variáveis Independentes: OBD-II, veículos e rota (consulte a subseção Instrumentação).
- Variáveis Intervenientes: condições de tráfego, possíveis problemas nos veículos e comportamento “mascarado” dos participantes, ou seja, as pessoas fingem a maneira de dirigir.

*Questões de Pesquisa (QP):*

- **QP1:** a plataforma proposta é viável para obtenção dos dados oriundos do OBD-II?
- **QP2:** a partir das variáveis acelerômetro, velocidade, RPM, posição do acelerador, MAP e distância percorrida é possível definir indicadores para identificar o perfil do condutor?
- **QP3:** quais os perfis dos condutores?

*Seleção dos Participantes e Objetos:* após a definição das questões e variáveis da pesquisa a serem analisadas, foi iniciado o processo de seleção de participantes e objetos. Por conveniência e em um contexto de pandemia provocada pelo COVID-19, foram determinados dois cenários de experimento. No primeiro cenário, em Esperança/PB e Natal/RN, o experimento foi composto por um veículo por UF, sendo conduzido por dois motoristas de uma mesma família. Por outro lado, no segundo cenário foi utilizado dois motoristas conduzindo dois veículos diferentes na cidade de Natal/RN. Desta forma, a população que representou o estudo foi formada por 6 motoristas e 4 carros conforme descrito na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização dos veículos usados no experimento.

Modelo do Veículo	Ano	Motor	Câmbio	Cidade
Ford Ka	2019	1.5	Automático	Esperança
Volkswagem Fox	2015	1.0	Manual	Natal
Chevrolet Classic	2015	1.0	Manual	Natal
Honda CRV	2020	1.8	Automático	Natal

Por questões de privacidade, não usaremos os nomes dos participantes neste trabalho. A numeração de 1-6 foi utilizada para identificar cada indivíduo.

*Design Experimental:* primeiro, foi definido para o experimento uma rota em cada cidade (Esperança e Natal)

e cenário, conhecida pelos participantes. Cada rota tem aproximadamente 5 quilômetros de extensão e possui trechos pavimentados e asfaltados. Além disso, os condutores completaram o percurso no período entre 14h e 16h e em cenários de baixo tráfego devido o contexto de pandemia provocada pelo COVID-19.

Antes de cada voluntário iniciar o percurso definido, um leitor OBD-II foi conectado ao veículo e pareado através de comunicação Bluetooth ao dispositivo móvel do condutor. Adicionalmente, o aplicativo Torque OBD Pro foi configurado para coletar dados do acelerômetro, velocidade, RPM, posição do acelerador, MAP e distância percorrida a cada 1 segundo. Vale ressaltar que, durante cada viagem, o aplicativo Torque OBD Pro enviou a plataforma proposta os dados obtidos durante os experimentos.

*Instrumentação:* o processo de instrumentação foi realizado inicialmente com a configuração do ambiente para o experimento e o planejamento da coleta de dados.

Os recursos para utilização são descritos a seguir:

- a) **OBD-II:** dispositivo usado para coletar dados do acelerômetro, velocidade, rotação por minuto (RPM), posição do acelerador, *Manifold Absolute Pressure* (MAP) e distância percorrida, sensores disponíveis nos carros.
- b) **App Torque Pro:** aplicativo do dispositivo móvel usado para armazenar os dados coletados pelo OBD-II.
- c) **Visualização:** plataforma de armazenamento e visualização dos dados, descrita na Seção 3
- d) **Rota:** como mencionado anteriormente, a rota definida em cada cidade é conhecida pelos participantes e permitindo que os mesmos dirijam normalmente.

## 4.3 Operação

Esta subseção descreve o processo de execução do experimento.

*Preparação:* os voluntários foram apresentados ao período de tempo definido, o experimento e seu principal objetivo, sem explicar que se tratava de uma análise do comportamento do motorista. Eles também preencheram um formulário de consentimento que também não informava que o experimento era uma análise do comportamento do motorista. Além disso, os leitores OBD-II foram conectados em seus carros e os dispositivos móveis com o aplicativo Torque OBD Pro foram entregues aos participantes.

*Execução:* depois de executar as etapas anteriores, o experimento foi iniciado de acordo com o projeto apresentado.

*Coleta de Dados:* dados foram coletados e enviados ao servidor em nuvem para análise a cada solicitação do Torque OBD-II Pro.

O resultado desses dados coletados será apresentado na próxima seção.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção tem como objetivo responder às perguntas de pesquisa propostas anteriormente na Seção 4.

Como mencionado anteriormente na Seção 4.2, o experimento estabeleceu uma rota padrão a ser executada em cada cenário. Assim, para responder as questões de pesquisa foi analisado os 3 percursos realizados pelos 6 motoristas.

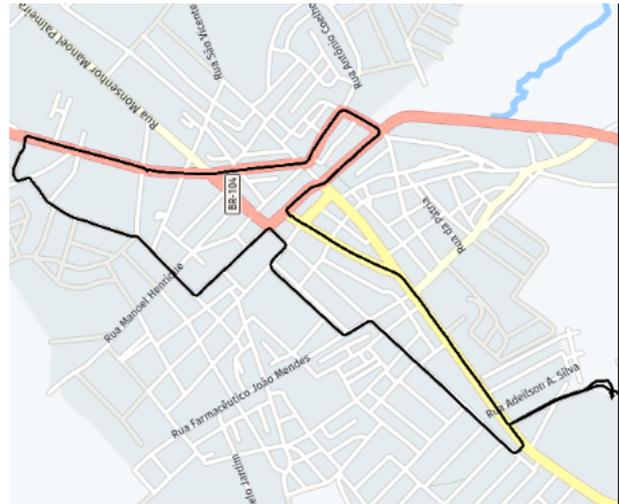
Com relação a *QP1* (a plataforma é viável para obtenção dos dados), a plataforma demonstrou obter êxito na realização do registro de dados recebidos pelo aplicativo Torque OBD Pro, assim como em posterior modelagem e disponibilização. Cada uma das amostras contidas na Figura 4 são referentes às rotas definidas pelos experimentos e foram obtidas por meio de registros de tela da página principal da aplicação em questão, que, dentre outras informações, dispõe de um mapa com detalhamento das viagens do usuário.

Além disso, é possível identificar na Figura 5 a distância percorrida por instante de tempo, para cada rodada por condutor. Observa-se que os condutores 1 e 2 tiveram comportamentos diferente dos demais no que se refere ao tempo para se atingir a meta dos 5km. Isso pode ser justificado pelo fato da rota usada pelos mesmos possuir vários semáforos e redutores de velocidade. Os condutores 3 e 4 executaram a rota com tempo bem reduzido quando comparado aos resultados dos condutores 1 e 2. Todavia, o condutor 4 se mostrou um pouco mais lento que o condutor 3. Os dados dos condutores 5 e 6 não apresentam semelhanças entre si e o traço característico do condutor 6 sugere que houve algum erro na leitura dos dados por parte do OBD-II ou configuração entre o dispositivo e o Torque OBD Pro.

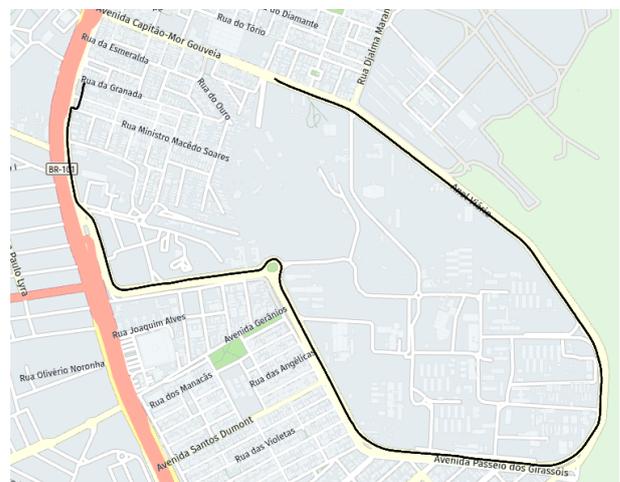
Para responder a *QP2* foi verificado se as variáveis acelerômetro, velocidade, rotação por minuto (RPM), posição do acelerador, *Manifold Absolute Pressure* (MAP) e distância percorrida) eram suficientes para identificar o perfil do condutor. Assim, para fins didáticos, foi realizado a análise para os condutores 2 e 4, sincronizando o tempo percorrido no instante 200 segundos. Os resultados apresentados na Figura 6 demonstram que o condutor 4 utilizou mais recursos do veículo. Mesmo utilizando um veículo com Motor 1.0, o condutor 4 obteve valores superiores em quase todos indicadores. Além disso, destaca-se o indicador de Distância Percorrida, quando comparada ao condutor 2 é quase 3 vezes superior. Diante desta análise, vale ressaltar que o condutor 2 é recém habilitado, está em fase de aprendizado e adaptação com o trânsito.

Após essa análise, para definir o perfil do motorista se faz necessário encontrar a área de cada polígono da Figura 6, por condutor. Sabe-se que um triângulo é um polígono cuja soma dos ângulos internos sempre totaliza  $180^\circ$ , independentemente de sua classificação. Desta forma, os indicadores geram um polígono irregular para cada figura característica do perfil de motorista. Ademais, como esse polígono pode ser dividido em seis triângulos (número de sensores utilizados), foi utilizada a lei dos senos para calcular a área de cada um dos triângulos que compõem o polígono original (ver Figura 7), somando-as para obter a área total.

É factível que, ao conhecer dois lados de um triângulo e o ângulo entre esses dois lados, sua área será dada por metade do produto entre os lados conhecidos e o seno do ângulo em questão. Tomando como referência os rótulos



(a) Rota em Esperança/PB.



(b) Rota 01 em Natal/RN 1.



(c) Rota 02 em Natal/RN

Figura 4. Rotas utilizadas nos experimentos.

utilizados pela Figura 7, resume-se a área de um triângulo na Equação 1 e, conseqüentemente, a área do polígono final é definida pela Equação 2.

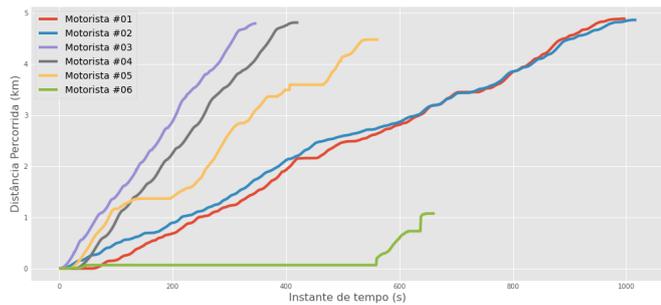


Figura 5. Distância percorrida.

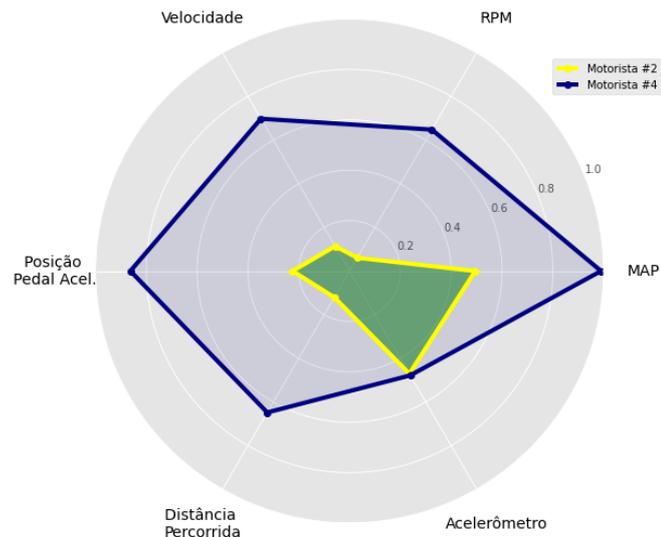


Figura 6. Comparação de Indicadores do Motorista.

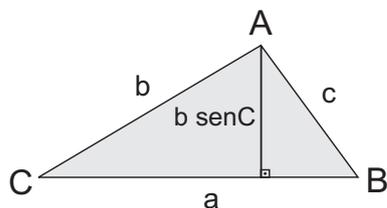


Figura 7. Detalhamento das partes constituintes de um triângulo.

$$A\Delta_{ABC} = \frac{1}{2}ab \sin C \quad (1)$$

$$A_{polygon} = \sum_{n=1}^{n=6} A\Delta_n \quad (2)$$

Por fim, o indicador foi definido a partir da divisão da área do polígono pela área máxima do espectro analisado (*baseline*), demonstrada pela Equação 3. Dessa forma, a definição de tais indicadores a partir das informações obtidas pelo experimento e processos descritos é facilmente alcançável e responde de forma positiva à *QP2*.

$$Indicador = \frac{A_{polygon}}{B_{baseline}} \quad (3)$$

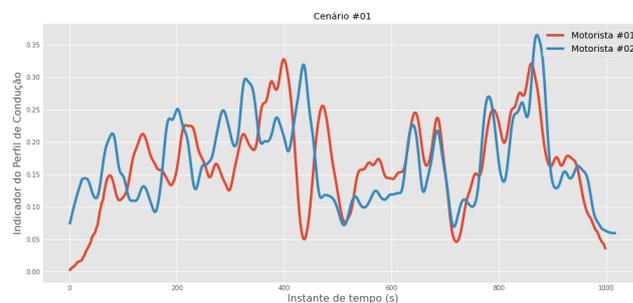
A *QP3* é respondida pela Figura 8, a qual revela os perfis dos condutores encontrados para cada rota. Observa-se

na Figura 8(a), Rota em Esperança/PB, que o perfil dos condutores 1 e 2 são bem semelhantes, o que pode ser considerado como moderado, com variações em alguns trechos. Adicionalmente, percebe-se que a duração do experimento não teve grandes variações entre os condutores.

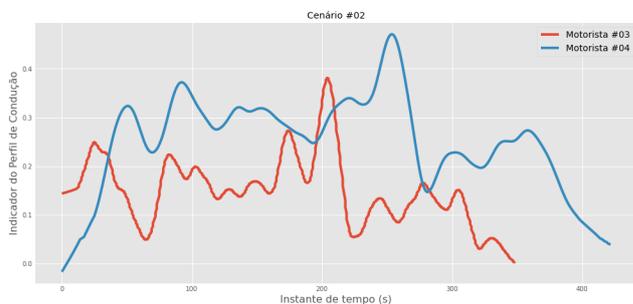
Na Rota 01 em Natal/RN, Figura 8(b), o condutor 3 apresentou um perfil mais tênue, com relação ao condutor 4. Um fato a ser destacado é que o condutor 4 mesmo apresentando um perfil mais agressivo, concluiu a rota com um instante de tempo superior ao condutor 3. Este fato pode ser esclarecido por questões de trânsito.

Na Figura 8(c), Rota 02 em Natal/RN, o condutor 5 apresentou um perfil mais agressivo em relação ao condutor 6. Além disso, o tempo de execução do condutor 5 foi bem menor comparado ao 6.

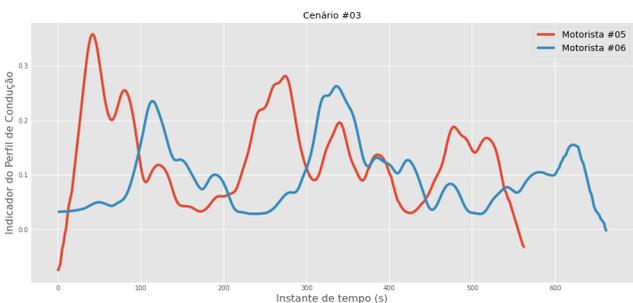
Figura 8. Perfis dos condutores.



(a) Rota em Esperança/PB.



(b) Rota 01 em Natal/RN.



(c) Rota 02 em Natal/RN.

Diante disso, constata-se que foi possível identificar o perfil dos condutores nos experimentos propostos. Diferenças entre os condutores são perceptíveis, na qual podem provir análises diversas para aplicações no contexto automotivo.

## 6. AMEAÇAS À VALIDADE

## REFERÊNCIAS

### 6.1 Validade de Construção

Para esse tipo de ameaça, existem as opções de rotas e ferramentas de coleta de dados. O primeiro está relacionado à possibilidade de escolher uma rota desconhecida para os motoristas. Para atenuar essa ameaça, foi definido rotas familiares aos participantes assim como o melhor período do dia para concluir a rota, a fim de evitar congestionamentos no tráfego. A outra ameaça poderia ser causada por uma escolha inadequada de ferramentas de coleta de dados. Assim, antes de cada experimento, foi realizado um teste piloto com um pesquisador não envolvido neste estudo com o objetivo de avaliar a eficácia do aplicativo Torque OBD Pro na coleta de dados na viagem definida anteriormente.

### 6.2 Validade Interna

As condições de tráfego, devido à limitação no gerenciamento de seus riscos e, portanto, pode ter influenciado nos resultados desse experimento.

### 6.3 Validade Externa

Apesar da aleatoriedade, o tamanho da amostra foi uma limitação deste estudo e, portanto, não pode ser generalizado as conclusões para a população analisada no estudo. No entanto, os resultados nos permitem extrair ideias para orientar investigações adicionais, o que deve ser feito para aumentar a generalização das conclusões promissoras apresentadas aqui.

## 7. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou uma plataforma para Veículos Inteligentes. Foram realizados experimentos em cenários reais com o objetivo de investigar a viabilidade da plataforma na geração de um o perfil de direção para diversos condutores. Os resultados indicaram a viabilidade da proposta. Com relação ao perfil do motorista, criado por meio dos indicadores de acelerômetro, velocidade, RPM, posição do acelerador, MAP e distância percorrida, foi verificado a diferença de utilização dos recursos por cada condutor. Por fim, houve a comparação do perfil dos condutores por rota, no qual foi possível também verificar perfis mais moderados nas Rotas da cidade de Esperança/PB e perfil agressivo na cidade de Natal/RN, que condizem com as características correspondente dos motoristas.

Trabalhos futuros incluem, mas não se limitam a: transformar a plataforma para receber dados das duas abordagens (tradicional e computação de borda); e implementar análises de consumo de combustível e tipos de rota utilizando algoritmos de aprendizado de máquina não supervisionados.

## AGRADECIMENTOS

O presente artigo foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processo nº 435683/2018-7.

- Abukhalil, T., Al-Mahafzah, H., Alksasbeh, M., and Alqaralleh, B. (2020). Fuel consumption using obd-ii and support vector machine model. *Journal of Robotics*, 2020, 1–9. doi:10.1155/2020/9450178.
- Khandakar, A., Chowdhury, M.E., Ahmed, R., Dhib, A., Mohammed, M., Al-Emadi, N.A.M.A., and Michelson, D. (2019). Portable system for monitoring and controlling driver behavior and the use of a mobile phone while driving. *Sensors*, 19(7). doi:10.3390/s19071563. URL <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/7/1563>.
- Lee, S., Khan, M.Q., and Husen, M.N. (2020). Continuous car driving intent detection using structural pattern recognition. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*.
- Molina, J. (2020). *Driving Mode Estimation Model Based in Machine Learning Through PID's Signals Analysis Obtained From OBD II*, 80–91. doi:10.1007/978-3-030-42520-3\_7.
- Rimpas, D., Papadakis, A., and Samarakou, M. (2020). Obd-ii sensor diagnostics for monitoring vehicle operation and consumption. *Energy Reports*, 6, 55 – 63. Technologies and Materials for Renewable Energy, Environment and Sustainability.
- Santos, B.S., Junior, M.C., and de Souza, J.G. (2018). An experimental evaluation of the neuromessenger: A collaborative tool to improve the empathy of text interactions. In *2018 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC)*, 00573–00579. IEEE.
- Signoretti, G., Silva, M., Araujo, J., Silva, I., Silva, D., Ferrari, P., and Sisinni, E. (2019). A dependability evaluation for obd-ii edge devices: An internet of intelligent vehicles perspective. In *2019 9th Latin-American Symposium on Dependable Computing (LADC)*, 1–9.
- Silva, M., Vieira, E., Signoretti, G., Silva, I., Silva, D., and Ferrari, P. (2018). A customer feedback platform for vehicle manufacturing compliant with industry 4.0 vision. *Sensors (Basel)*, 18, 13. doi:10.3390/s18103298.
- Valladolid, J., Paladines, D., Vidal, J., and Patino, D. (2020). Proposal of fuzzy controllers for improve features of driven style in electric vehicles using experimental route data. 77–82. doi:10.1109/ICIT45562.2020.9067208.
- Wollschlaeger, M., Sauter, T., and Jasperneite, J. (2017). The future of industrial communication: Automation networks in the era of the internet of things and industry 4.0. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 11(1), 17–27.
- Zhao, S., Wen, J., Mumtaz, S., Garg, S., and Choi, B.J. (2020). Spatially coupled codes via partial and recursive superposition for industrial iot with high trustworthiness. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 16(9), 6143–6153.
- Zhou, H., Xu, W., Chen, J., and Wang, W. (2020). Evolutionary v2x technologies toward the internet of vehicles: Challenges and opportunities. *Proceedings of the IEEE*, 108(2), 308–323.