

Edição online

Seminário de Sistemas Embarcados e IoT **2020**



Eronides da Silva Neto

Palestra

Sistema de detecção de anomalias em sensor veicular baseado em sistema de telemetria

Apoio



print("Hello World!");



- Engenheiro no CESAR, Recife - PE.

Atuo com projetos envolvendo sistemas embarcados e IoT desde 2015.

Entusiasta do movimento open-source hardware.



- Mestre em Ciência da Computação (CIn/UFPE)
- Engenheiro Eletrônico (UFPE)



AGENDA

- Por que coletar informações veiculares?
- O sistema de detecção de anomalias veiculares
- Experimentos realizados a partir de base de dados carOBD
- Resultados



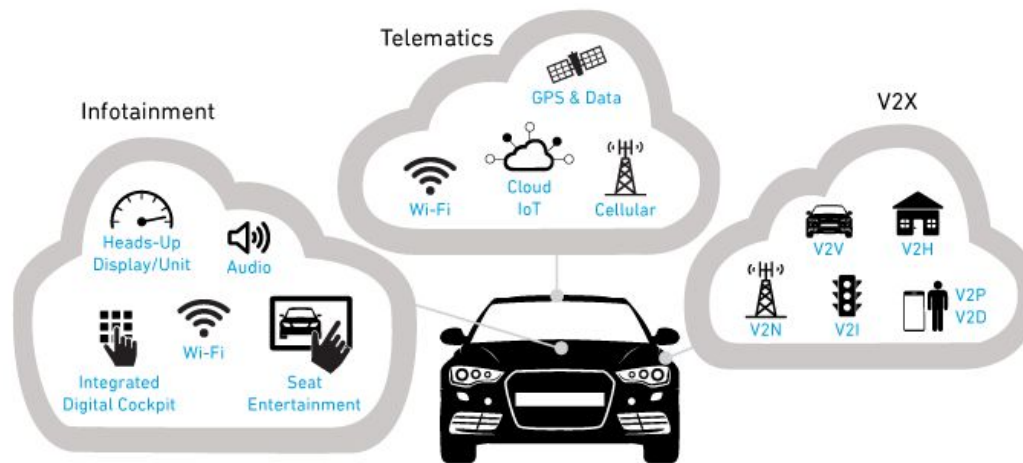
O carro conectado





Introdução

- Tendência dos veículos estabelecerem algum tipo de conexão a fim de fornecer novas experiências ao condutor.



qorvo

©2018 Qorvo, Inc.

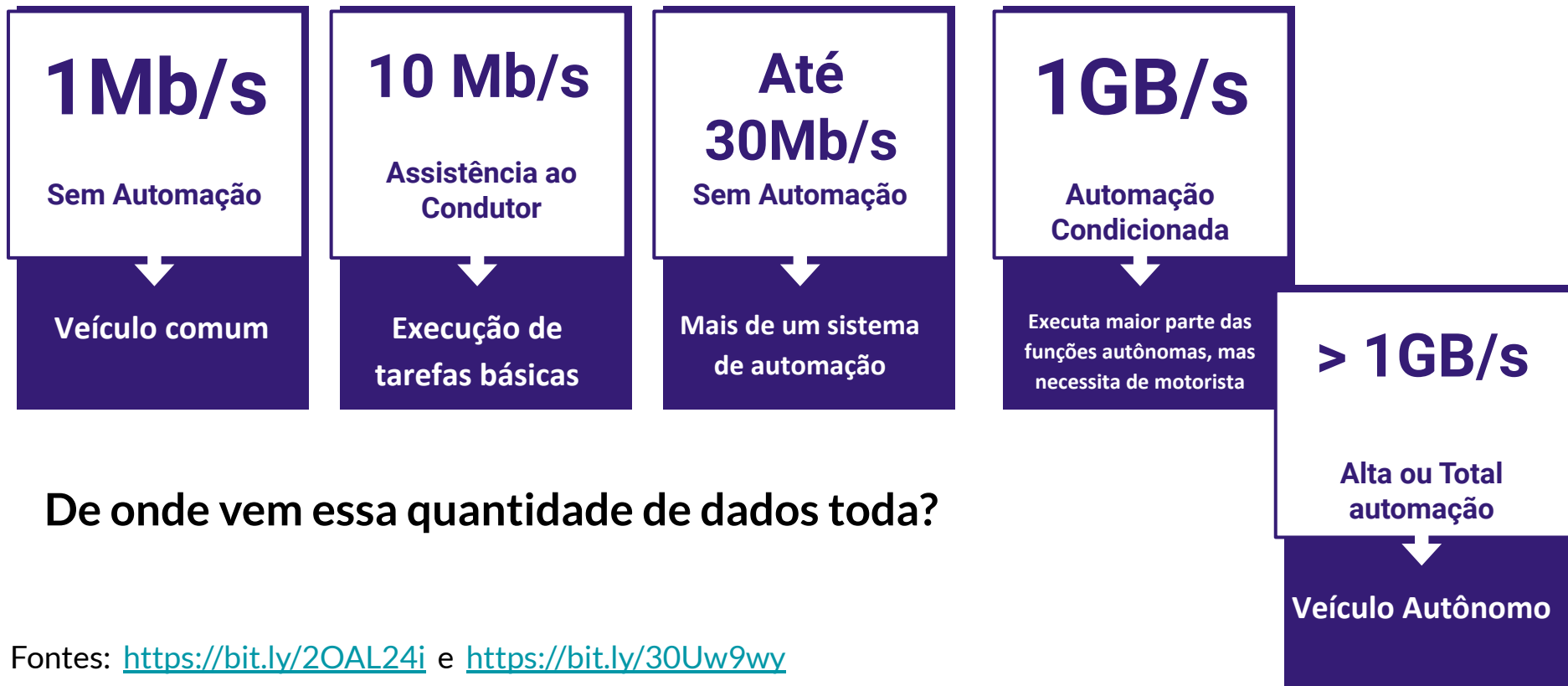


Quantos MB de dados produzimos diariamente?



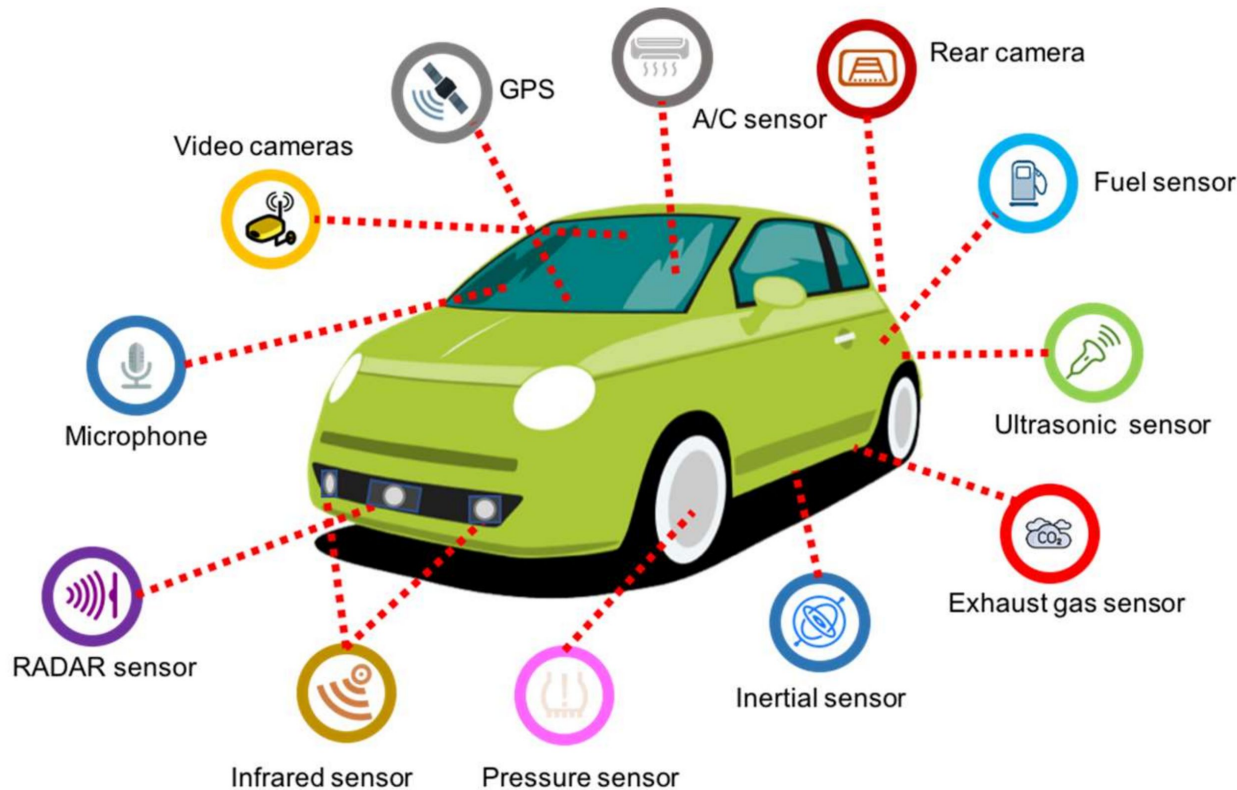


Níveis de Automação do veículo x Dados produzidos





Os sensores...



Fonte: Sensor Technologies for Intelligent Transportation Systems

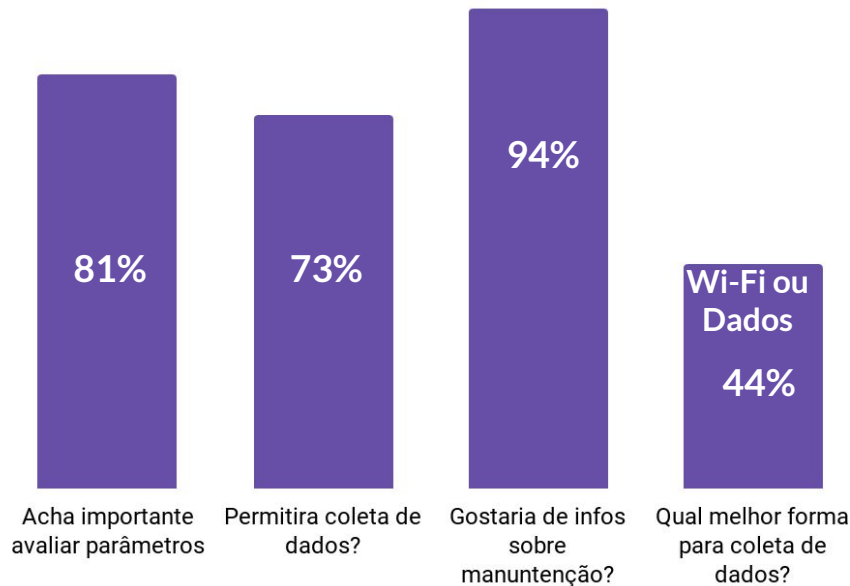


O que fazer com os dados de um veículo comum?



O carro como um produto conectado

Experiência do consumidor ao usar carro conectado



Fonte: Própria

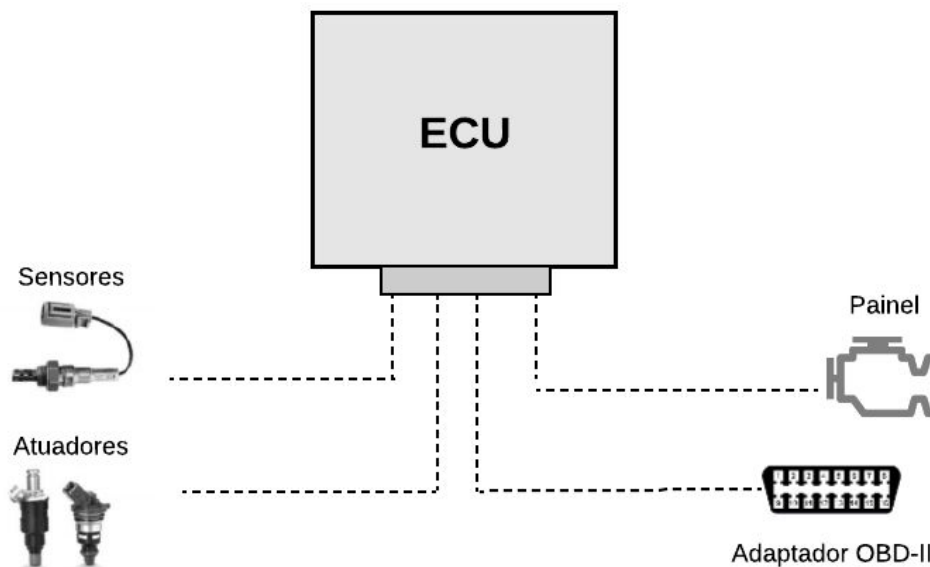


Sistema de Telemetria para captura de dados veiculares



ECUs

- Uma **Electronic Control Unit (ECU)**, é definida como o dispositivo de controle de um grupo de funções específicas do veículo.





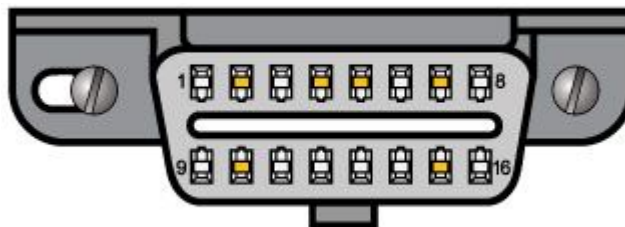
Redes Intraveiculares

- As principais funções do veículo são distribuídas em diferentes unidades de controle (ECUs). Inicialmente a **interconexão** entre as diversas ECUs era realizada por meio de conexões ponto-a-ponto.
- Um **barramento intraveicular** específico para a comunicação das ECUs é proposto como solução, a *Controller Area Network* (CAN).



O padrão de diagnóstico OBD-II

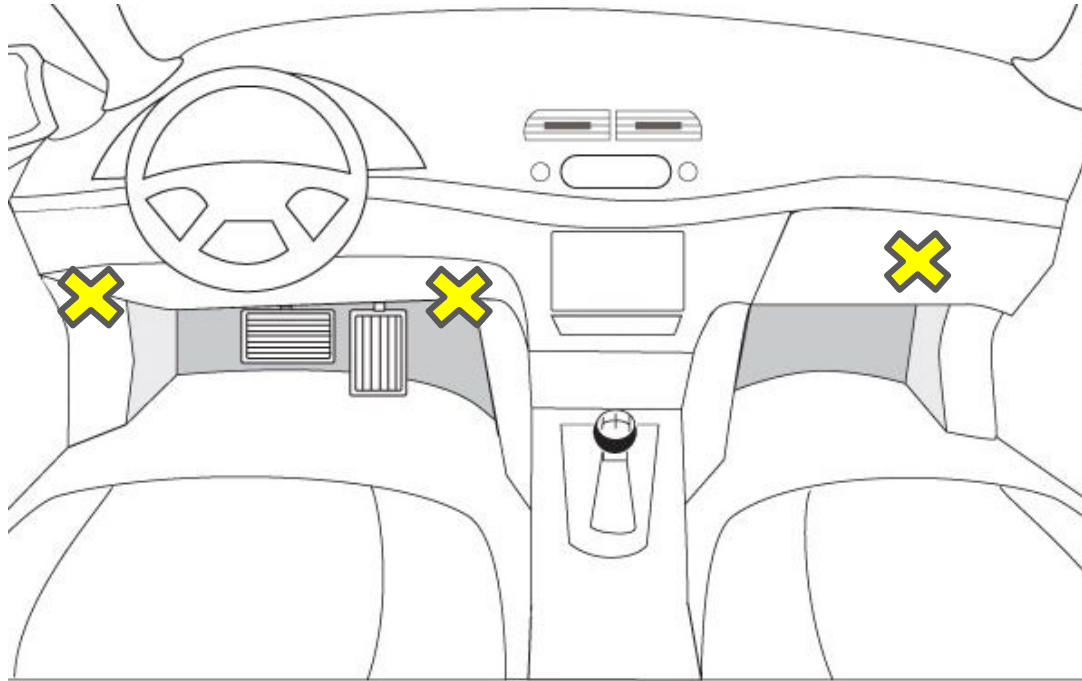
- A partir da rede CAN foi definido um padrão de diagnóstico veicular, *On-Board Diagnosis* (OBD).
- Estabelecimento do padrão *On-Board Diagnosis II* (OBD-II) no início dos anos 2000.
- Captura das informações veiculares a partir do envio de um código PID (Parameter IDs).



Fonte: ScanTool.Net

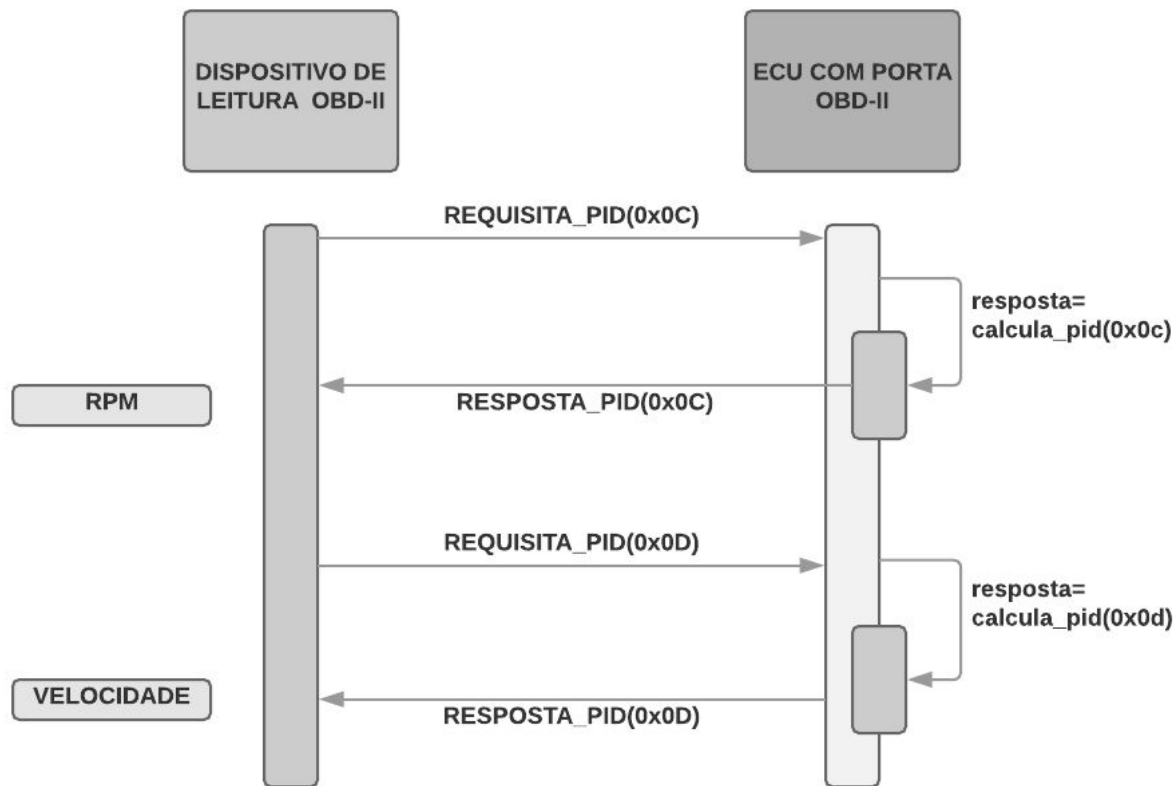


Como localizar a OBD-II





Como obter dados da OBD-II





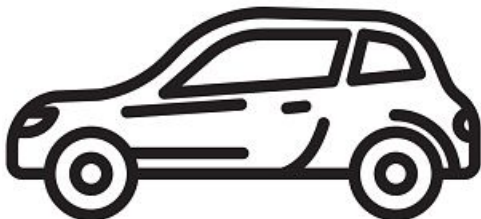
Como obter dados da OBD-II





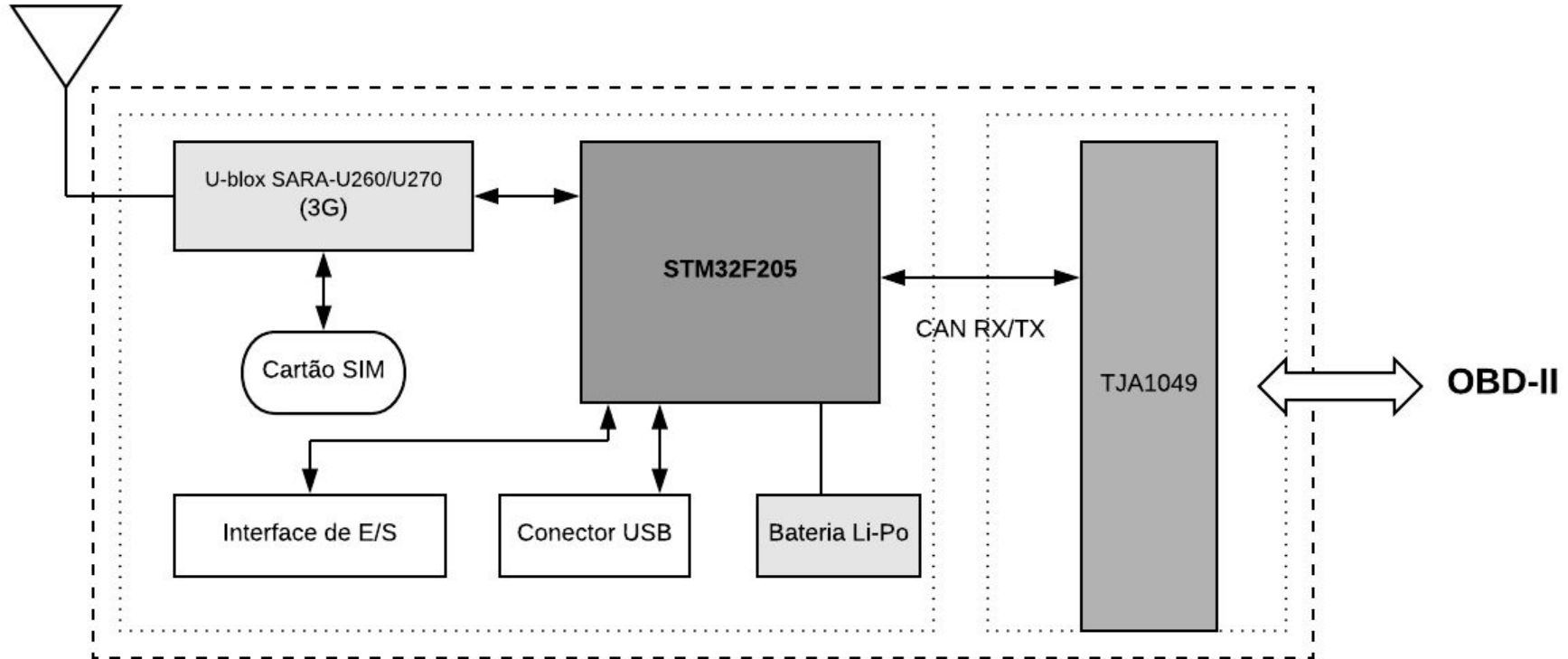
Um carro, uma plaquinha, uma ideia!

- Aquisição a partir da interface OBD-II do veículo (Toyota Etios 2014 1.5 16v Flex).
- Uso da plataforma de desenvolvimento **Carloop**.
- Além da possibilidade da criação de base de dados local, a plataforma possui um módulo 3G.





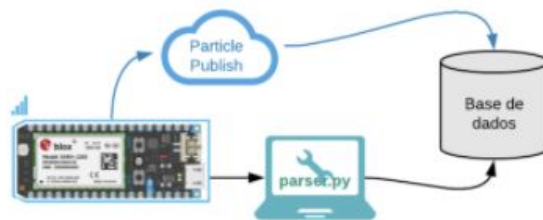
Arquitetura de Hardware detalhada





Criação da base de dados veiculares

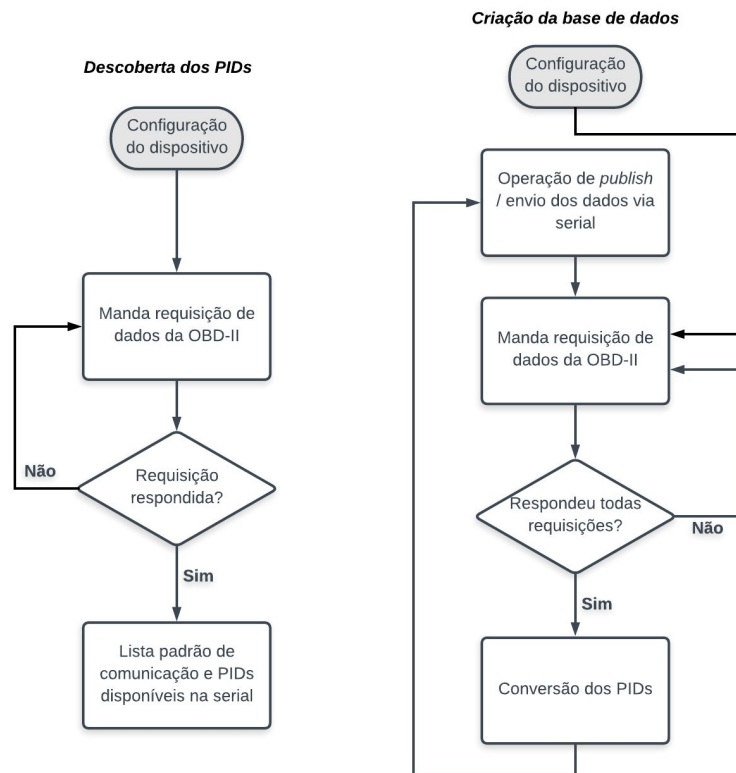
- Veículo com rede CAN com identificador de 11-bit e velocidade de transmissão de 500 kbit/s.
- São definidos dois modos de operação do veículo: modo em movimento e modo veículo parado (IDLE);
- Captura de **27 diferentes parâmetros** veiculares utilizando taxa de amostragem de **1Hz**.



Fonte: adaptada de (Particle, 2019)



Criação da base de dados veiculares





Quais dados estão disponíveis?

- Criação de uma base de dados com dois modos veiculares. Modo em movimento possui **quatro cenários distintos**, considerando diferentes tipos de trajetória e o modo IDLE representa o veículo parado.
- Ciclo veicular (***trip***): uma trajetória completa, para ambos modos veiculares.
 - Trajeto em Áreas Urbanas
 - Trajeto em Vias Expressas
 - Trajeto em Universidade
 - Trajeto Fixo



Quais dados foram obtidos?

- Carga do Motor
- Velocidade
- Rotações por Minuto (RPM)
- Posição do pedal
- Nível do tanque de combustível

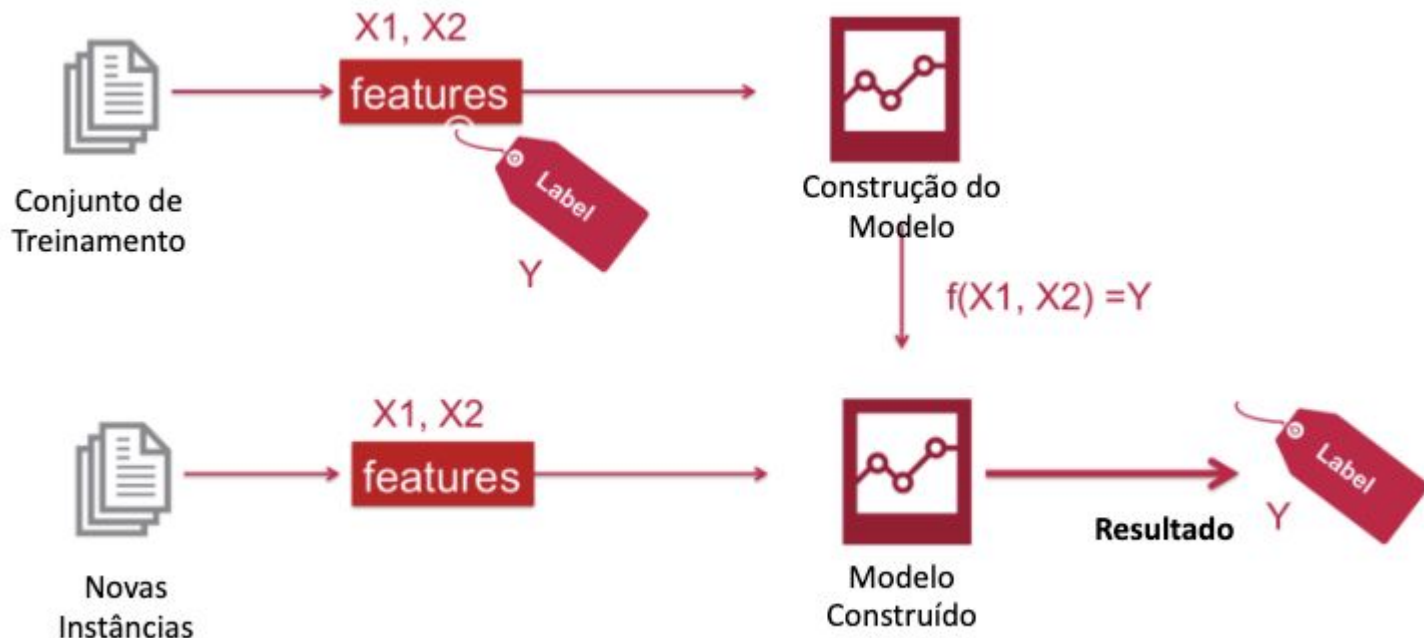
A lista completa está disponível em github.com/eron93br/carOBD



Como detectar uma anomalia?



Como então detectar uma anomalia?



Fonte: adaptado de (MAPR Technologies, 2019)



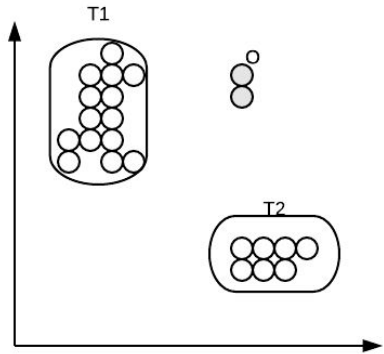
Alguns conceitos básicos de Aprendizagem de Máquina

Podemos utilizar alguns fundamentos de aprendizado de máquina para a análise de anomalias em sinais veiculares.

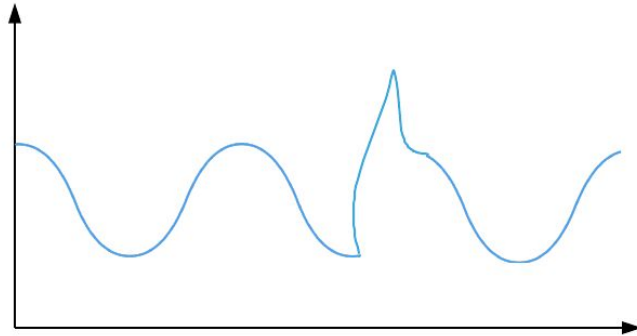
- **Medida de Desempenho P:** porcentagem de instâncias classificadas de maneira correta;
- **Tarefa T:** reconhecer a operação em condição normal de um componente veicular;
- **Experiência de treinamento E:** o processo de aprendizado é realizado a partir de base de dados com informações da rede veicular.



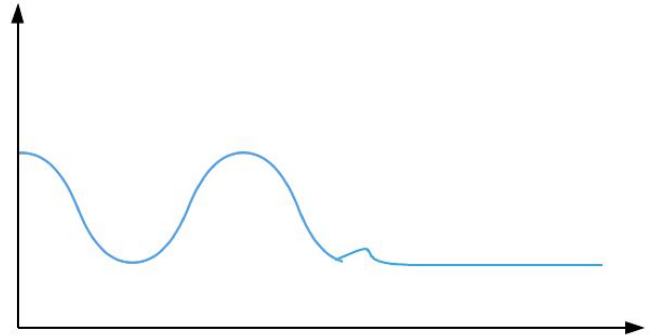
Tipos de Anomalia



Anomalia Pontual



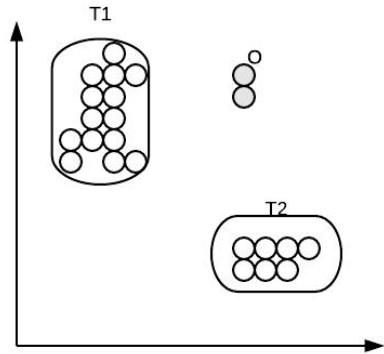
Anomalia Contextual



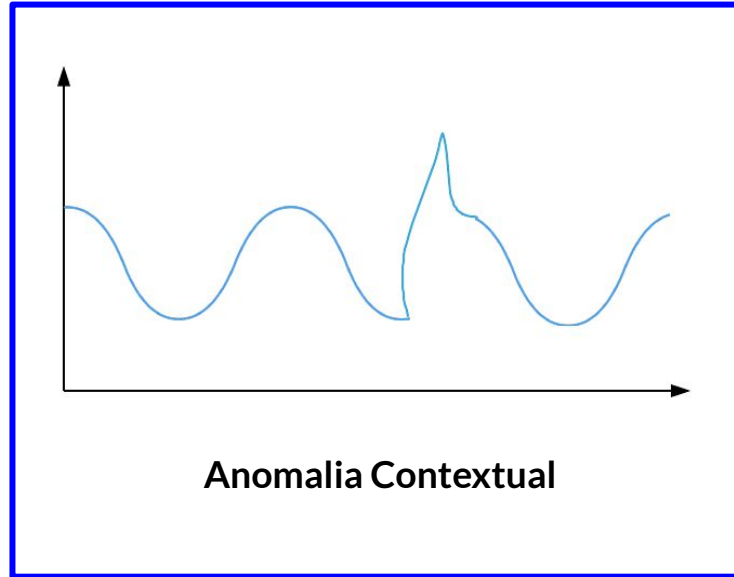
Anomalia Coletiva



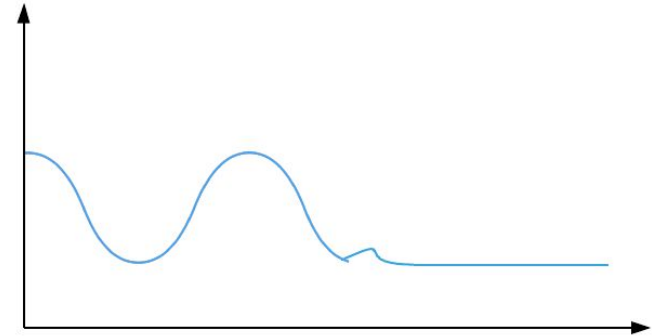
Tipos de Anomalia



Anomalia Pontual



Anomalia Contextual

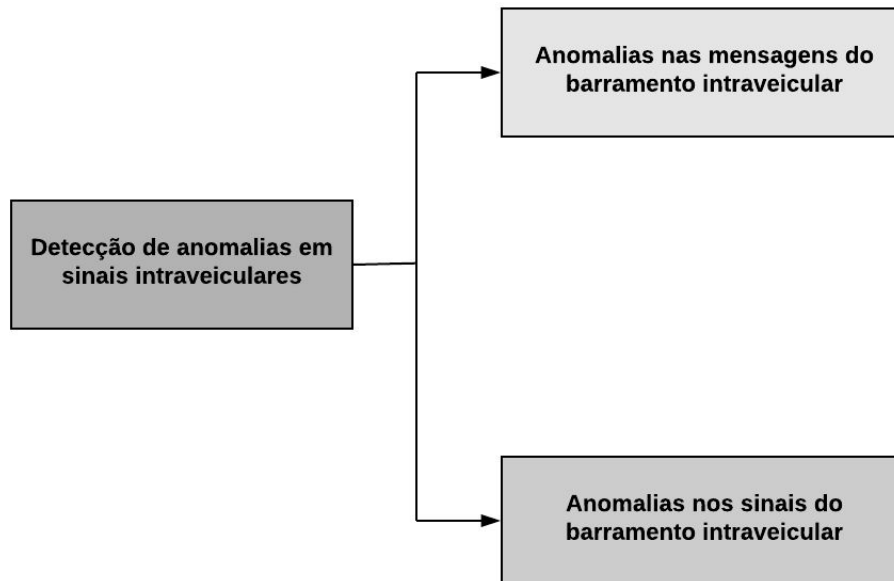


Anomalia Coletiva

Objetivo deste trabalho

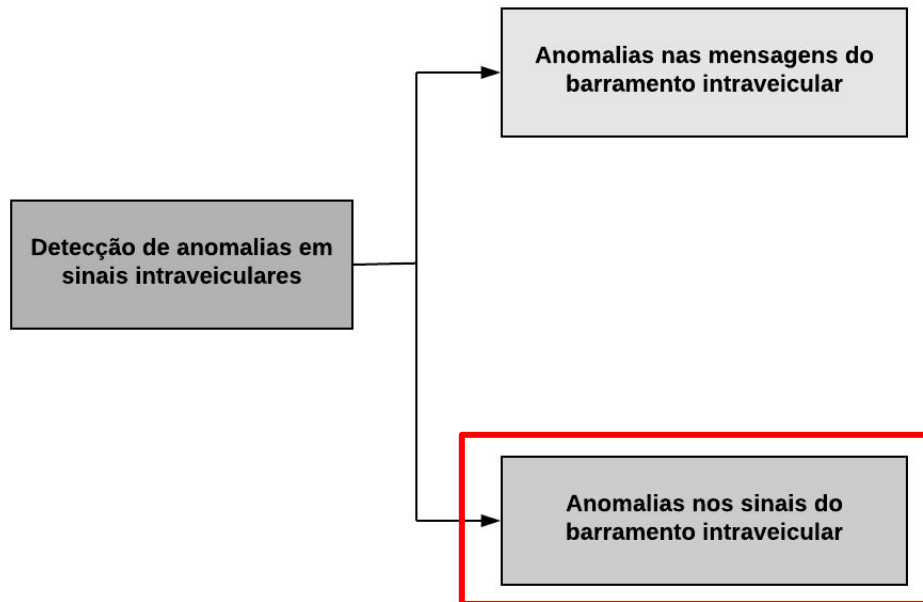


Como então detectar uma anomalia?





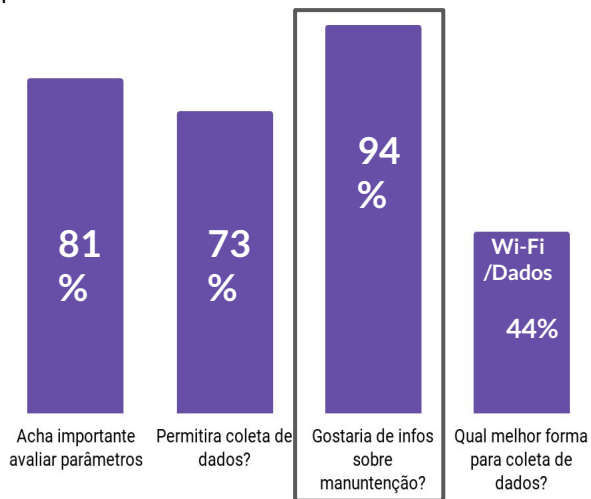
Como então detectar uma anomalia?





Qual sensor veicular pode ser monitorado?

Experiência do consumidor ao usar carro conectado

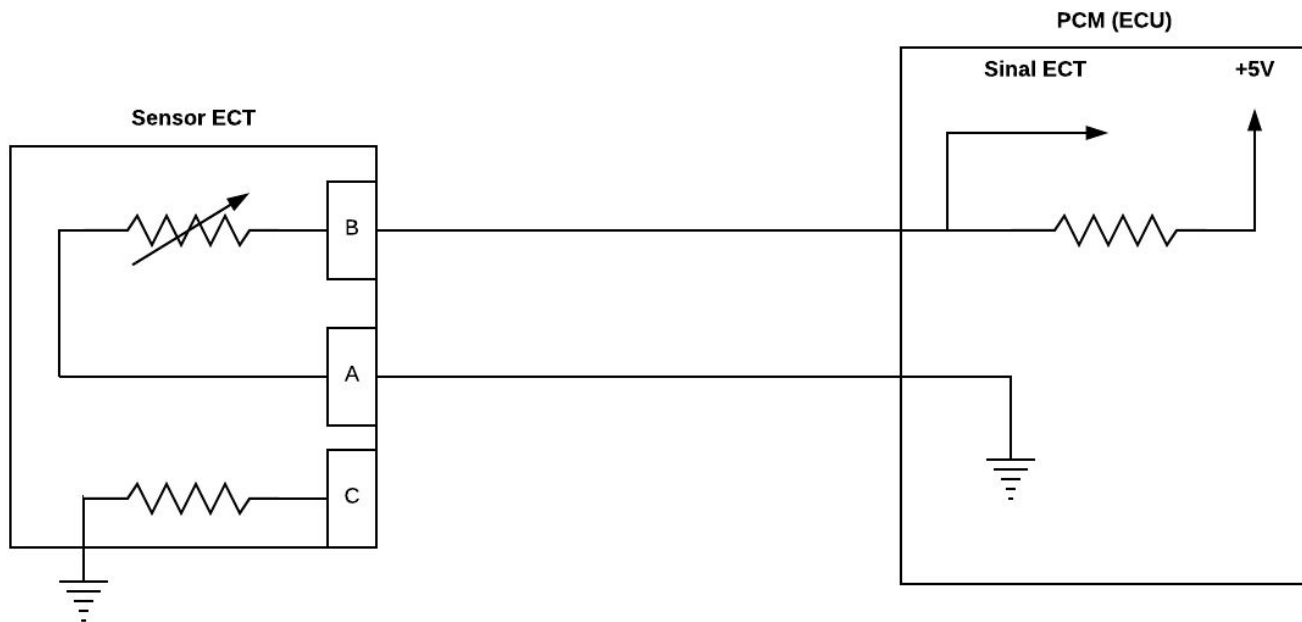


Fonte: Própria





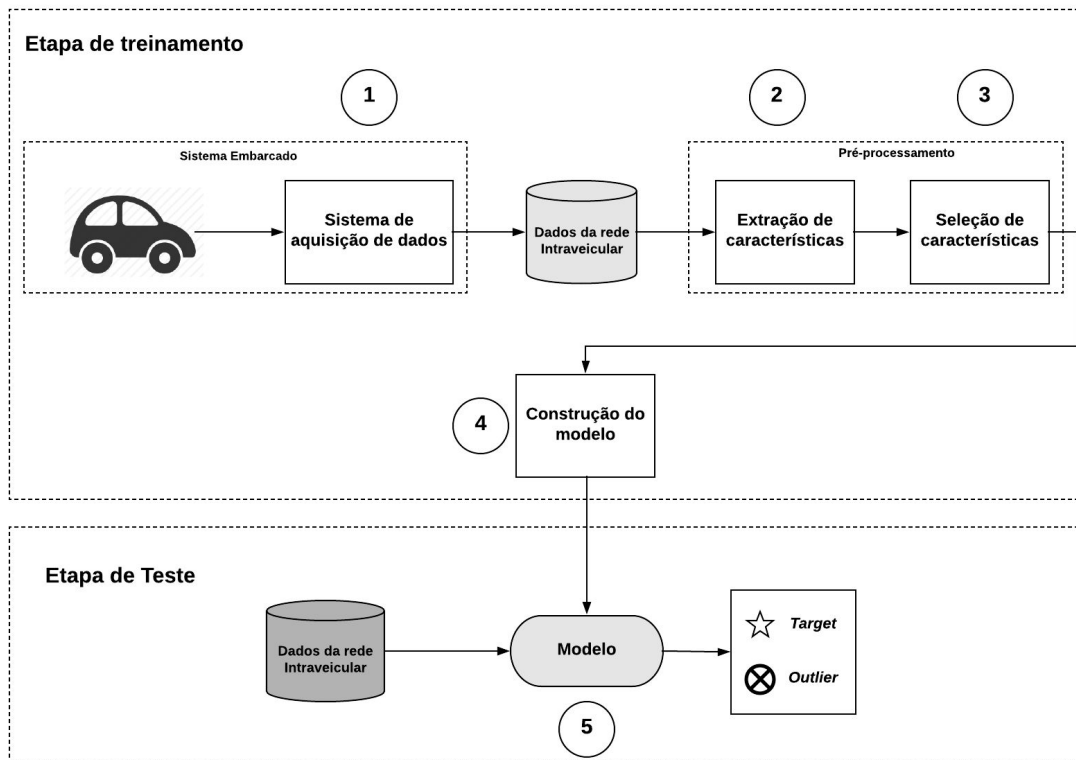
Sensor de Temperatura do Líquido de Arrefecimento



Engine Coolant Temperature (ECT) Sensor

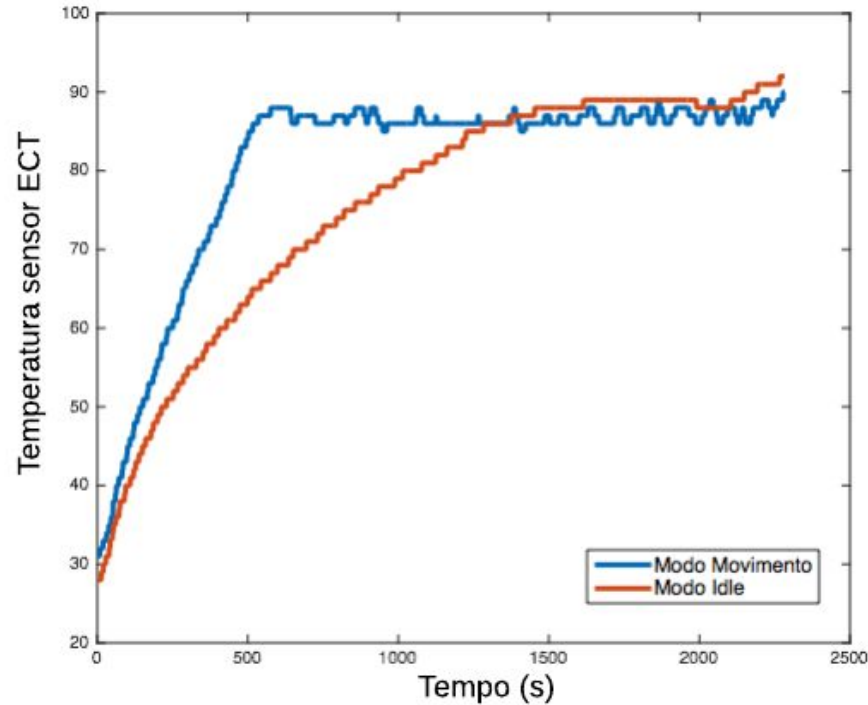


Visão geral do sistema de detecção de anomalias veiculares



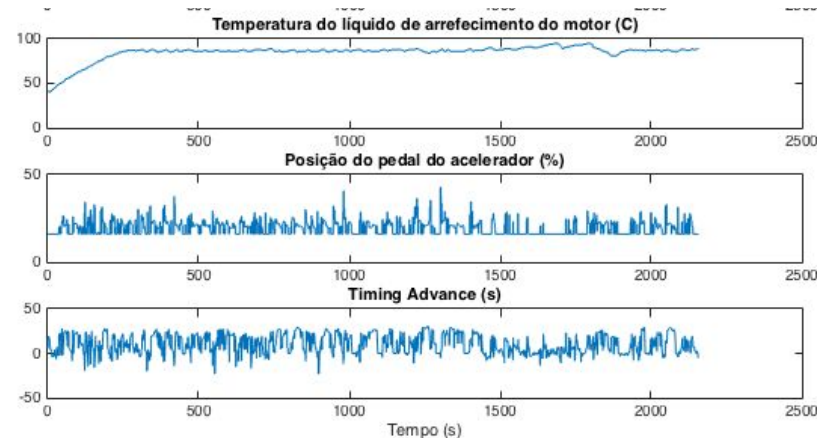
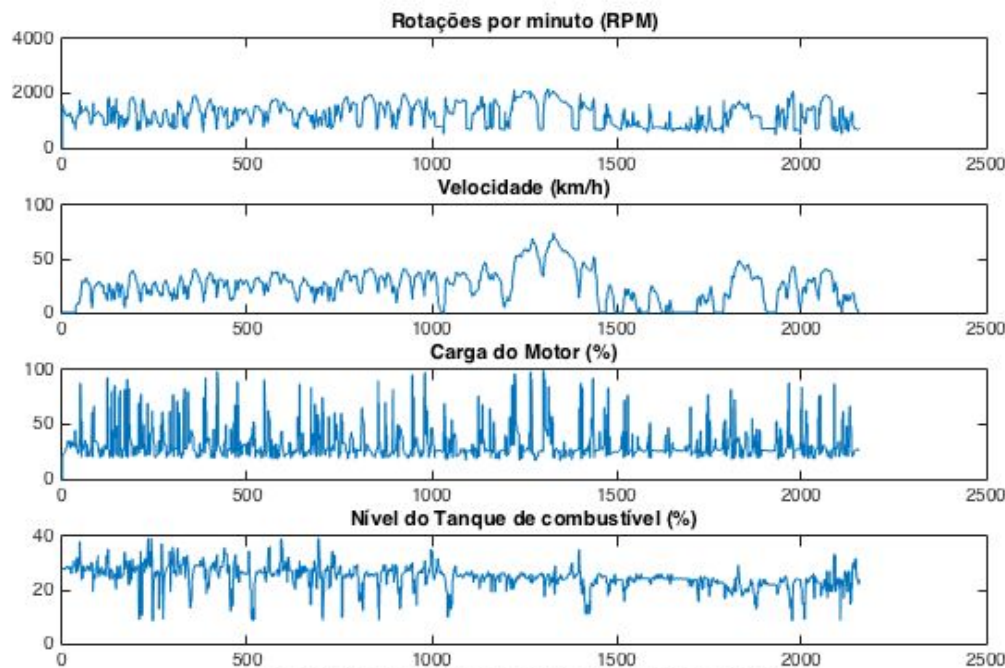


Sinal do sensor ECT em detalhe





Dados Capturados e sensor ECT





Etapa II e III: extração de características

- Como parte do pré-processamento dos dados, todos os atributos são normalizados.

$$y_i = \frac{x_i - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}$$

- O sinal de uma *trip* (ciclo veicular) de **k** segundos pode ser representado então por:

$$X_{trip1} = \begin{pmatrix} x_{1,t_1} & x_{2,t_1} \\ x_{1,t_2} & x_{2,t_2} \\ \vdots & \vdots \\ x_{1,t_k} & x_{2,t_k} \end{pmatrix}$$

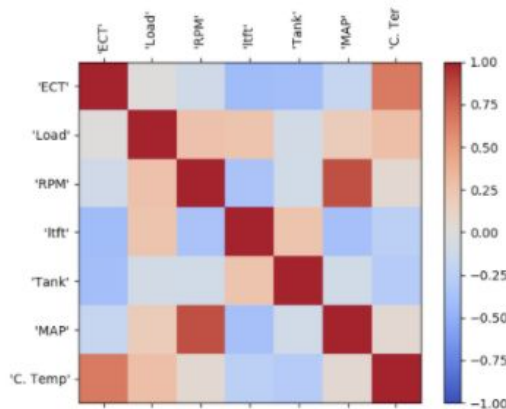
- Torna-se interessante analisar intervalos de operação do sensor. Assim, é usada uma **janela de tamanho N** para extração da média, variância e desvio padrão de cada atributo:

$$Y_{t_j \dots t_{j+N-1}} = \begin{pmatrix} \bar{x}_1 & s_{x_1}^2 & s_{x_1} & \bar{x}_2 & s_{x_2}^2 & s_{x_2} \end{pmatrix}$$



Etapa III: seleção de características

- Análise da correlação média destes parâmetros com outros quatro (*Long Term Fuel Trim*, Nível do tanque, *Manifold Absolute Pressure* e Temperatura do Catalisador).

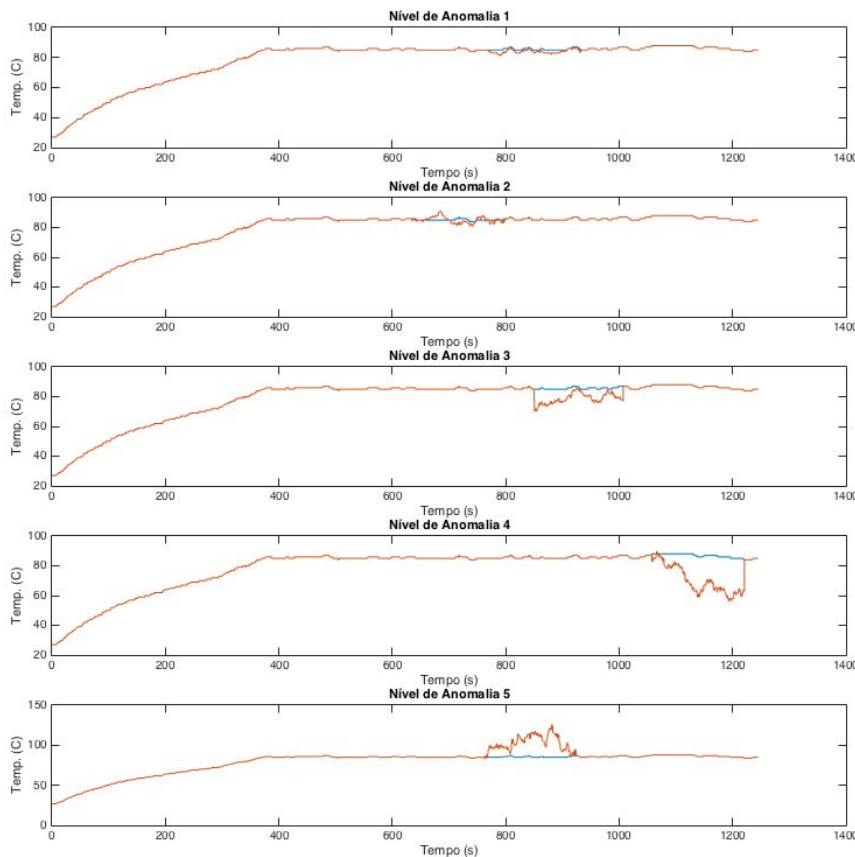


- Após análise dos atributos, é definida a instância de entrada para o sistema:

$$F_i = \left(\bar{x}_1 \quad s_{x_1}^2 \quad s_{x_1} \quad \bar{x}_2 \right)$$



Inserção de Anomalias



- Com a coleta de dados do funcionamento normal do veículo, anomalias são inseridas de maneira artificial.
- Inserção a partir de análise do mau funcionamento do sensor, baseado em níveis de ruído presente no sinal.



Construção do Modelo



Avaliação dos classificadores One-Class

- Uso da toolbox DDTools (desenvolvida por David Tax) versão 2.1.3 no *software* MATLAB.
- Processo de treinamento apenas com dados do funcionamento normal do veículo.
- Separação de dois grupos , $||A||$ e $||B||$ para treinamento e teste.
- Para fins estatísticos, são treinados e testados 30 diferentes modelos.



Avaliação dos classificadores One-Class

- Classificador é a técnica utilizada para detectar a anomalia.
 - *Gauss data description*
 - *k-NN data description*
 - *Mahalanobis classifier*
 - *Minimum Spanning Tree (MST)*
 - *Naive Parzen data description*
 - *Self-organized map (SOM)*
 - *Parzen data description*
 - *Support Vector Data Description (SVDD)*
 - *Extreme Value*
 - *One Class SVM (OC-SVM)*



Métricas de performance

- Avaliação de um classificador pode ser realizada a partir de sua matriz de confusão.
- Objetivo de avaliar a detecção de maneira conjunta, tanto *outliers* quanto *target*.
- Uso da métrica F2-score, que considera tanto a precisão quanto a sensibilidade em sua fórmula.

$$sens = \frac{TP}{TP + FN}$$

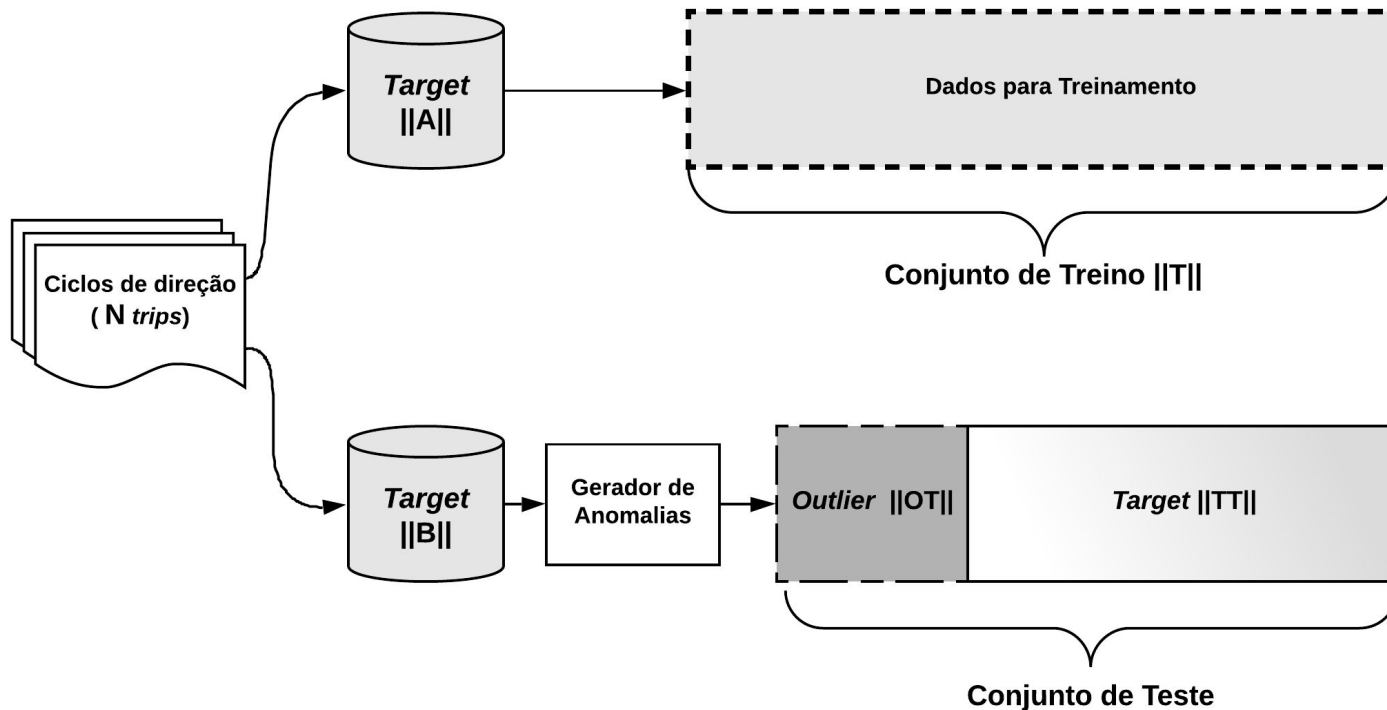
$$prec_{out} = \frac{TN}{TN + FN}$$

$$F_2 = \frac{5 \times prec \times sens}{4 \times prec + sens}$$

Rótulo da classe	Resultado da classificação	
	Normal	Anomalia
Normal	TP	FN
Anomalia	FP	TN



Divisão dos grupos de treinamento e teste





Resultados

- O processo de treinamento e teste foram executados trinta vezes e então os resultados analisados:

ANOMALY DETECTION SYSTEM RESULTS FOR THE VEHICLE ON IDLE MODE

	Selected window size	Level I			Level II			Level III		
		TPR	Prec	F2	TPR	Prec	F2	TPR	Prec	F2
Gauss	10	0.920	0.225	0.568	0.935	0.375	0.720	0.935	0.375	0.720
k-NN	5	0.957	0.972	0.960	0.941	0.983	0.949	1.000	1.000	1.000
Mahalanobis	10	0.487	0.017	0.008	0.532	0.142	0.343	0.641	0.474	0.598
MST	6	0.687	0.109	0.333	0.738	0.318	0.583	0.869	0.672	0.820
Naive Parzen	6	0.717	0.325	0.577	0.821	0.617	0.770	0.927	0.859	0.912
SOM	7	0.698	0.217	0.483	0.682	0.172	0.428	0.692	0.196	0.459
Parzen	6	0.692	0.278	0.533	0.747	0.462	0.665	0.898	0.813	0.879
SVDD	4	0.718	0.383	0.611	0.814	0.649	0.774	0.832	0.724	0.807
Extreme Value	10	0.669	0.075	0.259	0.749	0.663	0.729	0.803	0.942	0.827
OC-SVM	3	0.972	0.488	0.811	0.972	0.485	0.809	0.977	0.587	0.862

ANOMALY DETECTION SYSTEM RESULTS FOR THE VEHICLE ON MOTION MODE

	Selected window size	Level I			Level II			Level III		
		TPR	Prec	F2	TPR	Prec	F2	TPR	Prec	F2
Gauss	10	0.654	0.189	0.438	0.670	0.246	0.498	0.799	0.616	0.754
k-NN	6	0.939	0.873	0.925	0.927	0.847	0.909	0.934	0.868	0.920
Mahalanobis	6	0.685	0.005	0.024	0.717	0.129	0.375	0.823	0.550	0.748
MST	7	0.680	0.109	0.332	0.763	0.318	0.596	0.873	0.718	0.836
Naive Parzen	10	0.722	0.336	0.587	0.848	0.617	0.788	0.941	0.873	0.926
SOM	6	0.639	0.185	0.428	0.672	0.187	0.442	0.653	0.227	0.474
Parzen	10	0.669	0.301	0.537	0.771	0.448	0.673	0.884	0.842	0.875
SVDD	3	0.704	0.379	0.600	0.771	0.659	0.745	0.900	0.724	0.858
Extreme Value	10	0.831	0.071	0.264	0.872	0.319	0.648	0.921	0.816	0.897
OC-SVM	9	0.998	0.957	0.989	0.998	0.957	0.989	0.998	0.943	0.986



Quais são os próximos passos?



Detecção em tempo real no embarcado?

O'REILLY®

TinyML

Machine Learning with TensorFlow Lite on
Arduino and Ultra-Low-Power Microcontrollers



Pete Warden &
Daniel Situnayake



Quer saber mais?

- Versão completa do trabalho: <https://bit.ly/3c1adVM>
- Artigo publicado no 2019 IEEE 90th Vehicular Technology Conference <https://bit.ly/2WWprHy>
- Base dados carOBD (utilizada no trabalho) - github.com/eron93br/carOBD



Sobre mim

- LinkedIn: Eronides da Silva Neto
- GitHub: github.com/eron93br
- Base dados carOBD (utilizada no trabalho) - github.com/eron93br/carOBD

Seminário de Sistemas Embarcados e IoT 2020

OBRIGADO!



Apoio

