

Monitoramento Inteligente da Frota Veicular na UFMS

Leonardo Serra Victorio¹

Orientador: Luciano Gonda¹

¹Faculdade de Computação – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)
Campo Grande – MS – Brasil

Abstract. *Efficient management of vehicle fleets is important to ensure resource savings for UFMS. This work proposes a low-cost solution for collecting vehicle data using LoRa and Wi-Fi technologies. The system aims to provide data for maintenance, helping to maintain vehicles in good condition, monitor fuel usage, improve occupants safety, and analyze the routes taken. Through experiments, the performance of the prototype using the LoRa network and the significance of data collection via the Wi-Fi network were verified. The developed solution demonstrates the feasibility of using affordable technology to enhance fleet management efficiency.*

Resumo. *A gestão eficiente de frotas de veículos é importante para garantir a economia de recursos para a UFMS. Este trabalho propõe uma solução de baixo custo para coleta de dados veiculares utilizando as tecnologias LoRa e Wi-Fi. O sistema visa prover dados para a manutenção ajudando a manter os veículos em boas condições, monitorar o uso de combustível, melhorar a segurança dos ocupantes e analisar as rotas realizadas. Por meio de experimentos, verificou-se o funcionamento do protótipo utilizando a rede LoRa e a coleta de dados via rede Wi-Fi. A solução desenvolvida demonstra a viabilidade do uso de tecnologia acessível para melhorar a eficiência da gestão de frotas na UFMS.*

1. Introdução

Nos últimos dez anos, a Internet das Coisas (IoT) tem impulsionado a criação de novas infraestruturas de rede, especialmente em aplicações voltadas para Cidades Inteligentes (*Smart Cities*) [Kamruzzaman et al. 2022].

Essas tecnologias têm o potencial de transformar diversas áreas, incluindo a gestão de frotas de veículos. Com o aumento dos custos operacionais crescentes principalmente pelas exigências legais de segurança e redução nas emissões, torna-se crucial o uso de tecnologias de baixo custo que auxiliem na gestão de veículos, otimizando o consumo de combustível e garantindo a segurança dos motoristas e passageiros.

Os carros lançados na última década possuem tecnologias para monitoramento integradas, mas os dados obtidos pertencem aos fabricantes e o acesso a eles pode ser caro e complicado de serem obtidos. Além disso, veículos lançados antes desse período não possuem tais tecnologias embarcadas, o que dificulta a coleta de dados essenciais para uma gestão eficiente.

No entanto, todos os veículos, desde 1991 nos EUA e desde 2004 no Brasil [CONAMA 2004], possuem a tecnologia OBD (*On-Board Diagnostics*), que permite a obtenção de dados de sensores espalhados pelo veículo.

A análise dos parâmetros dos veículos constitui uma ferramenta fundamental para investigar comportamentos de condução que possam otimizar o consumo de combustível, bem como mitigar as emissões de dióxido de carbono. A utilização desses dados permite também aos técnicos e mecânicos realizar diagnósticos de falhas de maneira mais eficiente. Ao identificar padrões nos parâmetros dos veículos, torna-se possível reduzir a ocorrência de tentativas e erros no processo de diagnóstico, resultando em menor desperdício de tempo e custos desnecessários. Além disso, os dados extraídos dos veículos revelam-se essenciais para aprimorar a segurança tanto dos condutores quanto dos passageiros, ao possibilitar a detecção precoce de falhas nos sistemas automotivos [Oluwaseyi and Sunday 2020].

Com esse conceito em mente, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um *hardware* de baixo custo que utiliza o OBD para monitorar e transmitir dados sobre o estado do veículo para um servidor central no âmbito da UFMS. Considerando que a UFMS possui uma frota de veículos de diversos fabricantes, feitos em sua maioria entre 2005 e 2020, foi desenvolvido um protótipo que coleta e armazene esses dados para melhorar a gestão da frota.

O texto está estruturado da seguinte maneira: a Seção 2 descreve a fundamentação teórica para o projeto. A Seção 3 discute sobre trabalhos similares. Na Seção 4, detalha-se o desenvolvimento, incluindo os componentes utilizados. A Seção 5 discute os resultados obtidos a partir da implementação. Finalmente, a Seção 6 oferece as conclusões do estudo.

2. Fundamentação Teórica

Nesta seção, serão apresentadas as fundamentações teóricas dos conceitos utilizados no desenvolvimento. O sistema proposto faz uso de três tecnologias principais: LoRa/LoRaWAN, MQTT e OBD. Essas tecnologias, integradas, proporcionam uma solução de baixo custo, eficaz e escalável, que contribui para a gestão eficiente de frotas.

2.1. Cidades Inteligentes e IoT

A Internet das Coisas, ou *Internet of Things* (IoT), é uma tecnologia fundamental para o desenvolvimento de Cidades Inteligentes, nas quais os objetos podem estar conectados à internet, permitindo a coleta e envio de dados para melhorar a tomada de decisões.

Com o crescimento exponencial da população urbana, devido à migração e à urbanização, a expectativa é de que a população mundial vivendo em áreas urbanas deverá aumentar para 68% até 2050. Esse número sobe para 85% quando o foco é o Brasil, de acordo com a [ONU-Habitat 2022]. Nesse cenário, tem-se preocupação com o impacto que o aumento no número de pessoas terá no planejamento urbano das grandes metrópoles.

O grande número de pessoas aglomeradas contribui para o uso de diversos equipamentos simultaneamente, como sensores e *smartphones*. Cria-se então, uma rede de comunicação complexa e altamente congestionada. Esses dispositivos, especialmente *smartphones*, são consumidores e produtores de grandes quantidades de informações, contribuindo significativamente para o tráfego de rede em ambientes urbanos [Kamruzzaman et al. 2022].

Nesse contexto, as redes LoRaWAN, que utilizam tecnologias de comunicação de longo alcance e baixo consumo energético, emergem como uma opção viável para suportar a infraestrutura de Cidades Inteligentes [Ferrari et al. 2020].

2.2. LoRa e LoRaWAN

LoRa (*Long-Range*) [Magrin et al. 2019] é uma especificação proprietária para redes LPWAN (*Low Power Wide Area*), mantida pela empresa Semtech. Como uma tecnologia de camada física, utiliza uma técnica de modulação do sinal de rádio chamada espalhamento espectral. Esta tecnologia é atraente para aplicações em IoT devido ao seu baixo custo energético e à capacidade de operar em bandas ISM (*Industrial Scientific and Medical*), espectro de rádio reservado internacionalmente para fins industriais, científicos e médicos [Wixted et al. 2016].

A tecnologia LoRaWAN é baseada em um modelo de camadas e implementa uma pilha de protocolos (Figura 1), que define a comunicação entre os componentes da arquitetura, permitindo a criação de uma rede escalável e eficiente para a transmissão de dados. Ou seja, a LoRa é a parte física que permite a modulação e a LoRaWAN é o protocolo padrão MAC (*Media Access Control*) de controle de acesso. Essa associação da camada física LoRa com a camada lógica de rede constitui as redes LoRaWAN. Sendo composta por três dispositivos principais: Dispositivos Finais, *Gateways* e Servidores de Rede [Jouhari et al. 2022].

- Dispositivos Finais (*End-Devices - EDs*): Dispositivos conectados através do LoRa a um ou mais *gateways*. Podem ser sensores, *arduinios*, *raspberrys* etc;
- *Gateways (GWs)*: Concentradores que fazem o intermédio entre dispositivos finais e o servidor de rede;
- Servidores de Rede (*Network Servers - NSs*): O servidor central que controla a rede (gestão de recursos de rádio, admissão de novos dispositivos, segurança, disponibilização da informação etc).

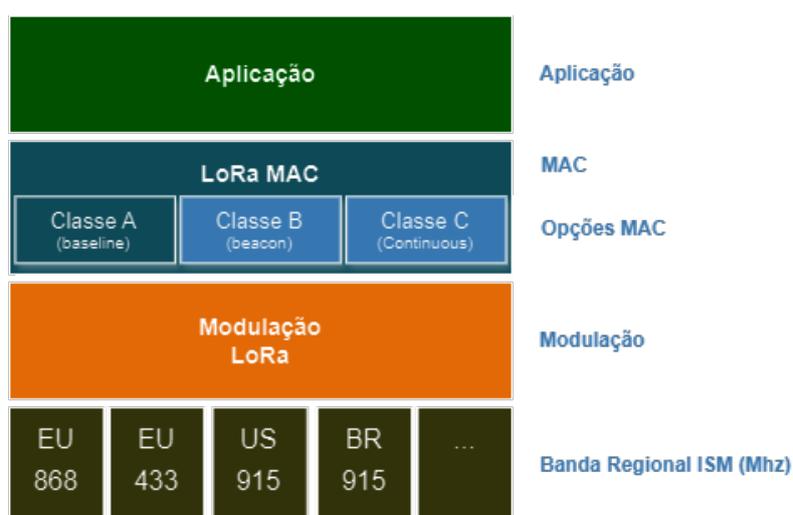


Figura 1. Estrutura da pilha de protocolos para LoRa (Fonte: [Sornin et al. 2015]).

Na Figura 1 é possível verificar que LoRaWAN prevê o uso de três classes de dispositivos, cada uma associada a um modo de funcionamento diferente.

- Classe A (*Baseline*): são os dispositivos que só podem receber dados dos gateways em janelas de tempo predeterminadas ou imediatamente após sua transmissão;
- Classe B (*Beacon*): são os dispositivos finais sincronizados com o servidor de rede por meio de pacotes que são transmitidos pelos *gateways*;
- Classe C (*Continuous*): são os dispositivos que podem enviar e receber dados dos *gateways* de forma contínua.

Quanto a modulação LoRa, se refere ao fator de espalhamento espectral, também conhecido como *spreading factor* (SF). Varia entre SF7 e SF12, dependendo da intensidade do sinal, determinando o tamanho do pacote que pode ser enviado a cada mensagem. Sendo SF7 o menor tempo no ar, que se traduz como mais próximo do *gateway* e SF12 com maior tempo no ar, consequentemente com menor intensidade de sinal.

2.3. Protocolo *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT)

O MQTT é um protocolo de comunicação leve, do tipo *Publish/Subscribe*, que opera de forma orientada a eventos, ideal para sistemas que requerem alta escalabilidade e baixo acoplamento entre produtores e consumidores de dados [Mishra and Kertész 2020]. No contexto deste projeto, o MQTT foi escolhido para o envio de dados coletados dos veículos, permitindo que mensagens sejam transmitidas de forma eficiente.

Protocolos do tipo *Publish/Subscribe*, permitem que dispositivos publiquem mensagens em “caixas de correio” acessíveis a todos os inscritos, enquanto outros dispositivos se inscrevem para receber apenas as mensagens de seu interesse [Steen and Tanenbaum 2024]. Para o caso do MQTT, essas “caixas de correio” são chamadas de tópicos. Enquanto os dispositivos inscritos são chamados de assinantes e os que publicam mensagens de publicadores [Mishra and Kertész 2020].

Além disso, o protocolo MQTT define níveis de QoS (*Quality of Service*) que determinam a garantia de entrega de uma mensagem [Hwang et al. 2016]. Ele suporta três níveis de QoS, descritos a seguir:

1. **QoS 0 (No máximo uma vez - *At most once*):** O envio da mensagem é tentado no máximo uma vez, sem garantia de entrega.
2. **QoS 1 (Pelo menos uma vez - *At least once*):** A mensagem é enviada pelo menos uma vez, podendo ser entregue duplicada.
3. **QoS 2 (Exatamente uma vez - *Exactly once*):** A entrega da mensagem ocorre exatamente uma vez através de um *4-way handshaking* (Aperto de mãos em quatro vias).

A arquitetura típica do MQTT pode ser dividida em dois componentes principais: o cliente e o servidor, também conhecido como *broker*. O cliente pode ser um publicador e/ou um assinante sempre estabelecendo conexão de rede com o servidor.

O servidor é responsável por controlar a distribuição de informações. Ele recebe todas as mensagens dos publicadores autorizados, filtra-as, determina quem está interessado nelas e, por fim, envia as mensagens para todos os assinantes. Também é responsável por processar diferentes solicitações, como inscrição e cancelamento de inscrição [Banks et al. 2019].

2.4. OBD (*On-Board Diagnostics*)

A tecnologia OBD foi desenvolvida para monitorar as informações de veículos, relacionadas a deterioração e mal funcionamento de componentes [Aguiari et al. 2022]. Introduzida inicialmente na Califórnia, em 1991, a tecnologia passou por melhorias e, desde 1996, utiliza-se a tecnologia OBD II. Deste ponto em diante, será utilizada a abreviação OBD se referindo a OBD II.

Com essa tecnologia, é possível a captura de uma ampla gama de dados do veículo, incluindo informações sobre a temperatura do motor, rotação do motor e outros parâmetros críticos. Esses dados são acessados por meio de um conector de 16 pinos conhecido como DLC (*Data Link Connector*) [Kumar and Jain 2022].

Estes dados são obtidos no tipo *request/response*. Primeiro é feita uma requisição, informando o PID (*Parameter Identification*) correspondente ao dado específico e só então é recebida a informação solicitada, uma por vez [Rybitskyi et al. 2023].

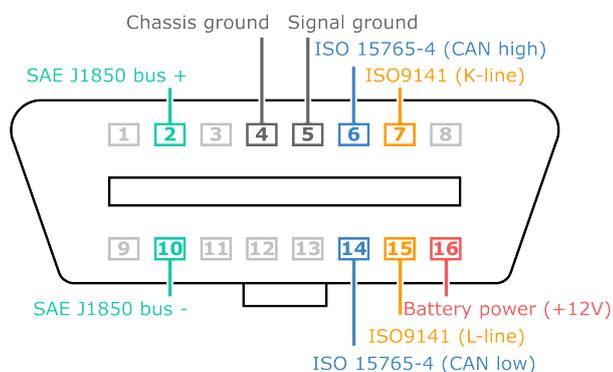


Figura 2. Estrutura do conector DLC para OBD (Fonte: [Eletronics 2024]).

O conector DLC, ilustrado na Figura 2, representa os principais protocolos utilizados para a comunicação e os respectivos pinos que utilizam. Os protocolos são:

- **SAE J1850 PWM (*Pulse Width Modulation*)**: pino positivo no 2 e negativo no 10. Usa modulação de largura de pulso variável, alterando o sinal analógico para digital, a 41,6 kb/s.
- **ISO 9141 (*K-line*)**: usa comunicação serial assíncrona a 0,4 kb/s. Esse protocolo representa a lógica de tensão na forma de 0 ou 1, representando baixa e alta tensão respectivamente. Utiliza os pinos 7 e 15 do conector.
- **ISO 15765-4 ou SAE J2480 (*CAN - Controller Area Network*)**: funciona com um método de comunicação de 2 fios usando os pinos 6 e 14 do conector. Pode atingir até 1 Mbps.

3. Trabalhos Relacionados

Foram identificados alguns trabalhos relacionados que implementaram soluções semelhantes ao proposto neste artigo.

[Palomino et al. 2021] desenvolveu um *data logger* (registrador de dados) para registrar informações de sensores de veículos com a tecnologia OBD via protocolo CAN,

utilizando um Arduino Nano e um *CAN Transceiver* para interceptar e armazenar as mensagens. Embora o sistema tenha se mostrado eficaz na captura precisa dos dados, ele possui a limitação de acesso local, ou seja, os dados só podem ser acessados fisicamente, via conector USB ou retirando o cartão de memória. Essa restrição dificulta a gestão remota das informações.

[Brewu 2022] seguiu uma abordagem similar, também utilizando o protocolo CAN para capturar dados com um *CAN Transceiver*, dessa vez com uma placa STM32. No entanto, ele ampliou as funcionalidades ao integrar um módulo GPS, Bluetooth (HC-05) e GSM/GPRS, permitindo que os dados fossem transmitidos para um servidor por meio da rede usada pelos celulares. Adicionalmente, o sistema permitia ainda que um celular com conexão à internet atuasse como ponte via conexão Bluetooth.

Apesar dessas melhorias, o uso exclusivo do protocolo CAN continua sendo um obstáculo, pois nem todos os veículos o suportam esta tecnologia, restringindo a compatibilidade com frotas mais diversificadas. Além disso, a necessidade de utilizar o conector DLC diretamente ligado à placa central por fios, tanto para energia quanto para dados, torna o sistema menos flexível, especialmente em veículos com conectores em locais de difícil acesso.

Outros sistemas que utilizam tecnologias como LoRa e Wi-Fi também foram encontrados, como o de [Nobayashi et al. 2020], que propôs uma solução para a gestão de localização de veículos alugados. Nesse caso, a localização era transmitida via LoRa quando possível e os dados eram armazenados para envio posterior via Wi-Fi, quando a rede LoRa estivesse fora de alcance. Embora esse sistema compartilhe algumas semelhanças com o sistema proposto, ele se limita ao envio de dados de localização, não oferecendo suporte a outros tipos de informações capturadas.

4. Desenvolvimento do Protótipo

A tecnologia LoRa/LoRaWAN foi selecionada por seu baixo consumo de energia e capacidade de comunicação em longas distâncias, o que a torna ideal para aplicações IoT em ambientes com conectividade limitada [de Camargo et al. 2020]. LoRa opera em bandas de frequência não licenciadas, o que reduz os custos de implementação, enquanto LoRaWAN permite a criação de uma rede eficiente e escalável, fundamental para a transmissão de dados coletados pelos sensores veiculares. No âmbito da UFMS, com um *gateway* instalado no centro do câmpus, foi possível enviar mensagens de pacotes com até 120 bytes, utilizando um fator de espelhamento espectral SF9.

O protocolo MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) foi escolhido devido à sua eficiência em redes com baixa estabilidade, possibilitando o envio de dados mesmo em cenários de conectividade limitada [Deschambault et al. 2017]. Utilizado para o envio das mensagens via Wi-Fi, quando fora do alcance da rede LoRa. Cada veículo utilizado para testes recebeu um número identificador único, que foi também inserido como nome do tópico utilizado por ele para publicar as mensagens.

Tanto para o MQTT quanto para LoRaWAN, foram implementadas formas de autenticação para garantir que as mensagens seriam do veículo em questão. Para LoRaWAN foram utilizadas chaves de autenticação. Para MQTT, foi utilizado a autenticação com login e senha para aprovar a publicação no tópico.

Por fim, a tecnologia OBD (*On-Board Diagnostics*) foi empregada para a coleta dos dados veiculares. Este sistema permite acessar uma série de parâmetros, como rotação do motor, temperatura e nível de combustível, por meio de um conector padrão.

O protótipo desenvolvido neste trabalho utiliza a placa *Wi-Fi LoRa 32(V2)* [Heltec 2020] como componente central para controlar e conectar os demais módulos do sistema. A comunicação entre a placa central e o sistema OBD do veículo é feita via Bluetooth, utilizando uma placa ELM327 [ELM 2020] que possui o conector DLC necessário para a leitura dos dados.

Além disso, um sensor de GPS é integrado ao sistema para fornecer a localização exata do veículo, permitindo a criação de um histórico de rotas percorridas e estados dos sensores em cada local. Para isso, foi utilizado um módulo GPS NEO-6M, conectado diretamente à placa central através de fios. Além de um regulador de tensão *step down* para que os componentes sejam alimentados em suas devidas tensões.

Na Figura 3 encontra-se um modelo 3D do protótipo que será utilizado para testes, com os componentes necessários dentro dele.

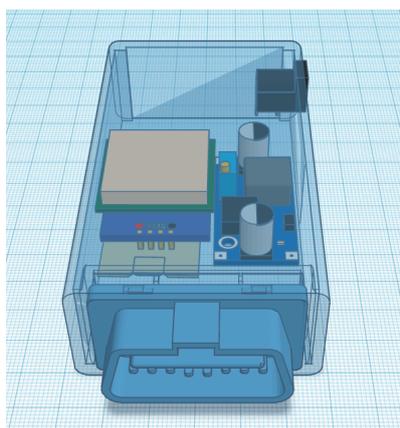


Figura 3. Modelo 3D do protótipo desenvolvido.

A lógica de envio de dados para a análise prioriza o uso da rede LoRa sempre que disponível. Caso contrário, o envio é feito via Wi-Fi.

Para os testes, o protótipo montado utilizou uma caixa já pronta no lugar do modelo 3D, mas montado de forma semelhante. Os componentes foram ligados por meio de fios, sendo que em alguns pontos foi necessário soldar os componentes. Este modelo pode ser visto na Figura 4.

Neste protótipo, a placa central foi conectada à placa ELM para garantir a alimentação da tensão necessária, sendo essa configuração adotada exclusivamente para facilitar os testes. No entanto, essa fonte de alimentação pode ser facilmente substituída por qualquer outra disponível no veículo.

Não existe uma padronização quanto à localização do conector DLC nos veículos, o que resulta em variações significativas dependendo do modelo e do fabricante. Para garantir que o sistema proposto não comprometa a ergonomia da condução ou o conforto dos passageiros, a placa central e os demais peças podem ser instaladas em outra parte do veículo, deixando apenas a ELM conectada à porta DLC, que ocupa pouco espaço.

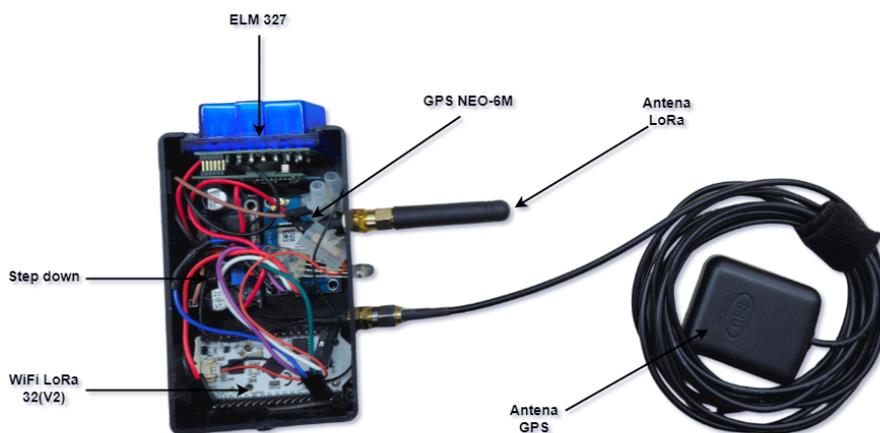


Figura 4. Protótipo montado para os testes.

Para mitigar a perda de pacotes durante a transmissão de dados, foi desenvolvido um formato que compacta a mensagem de forma eficiente. Esse formato garante que a mensagem possa ser enviada via LoRa, com no máximo 123 bytes, que é o enviado no SF9. Exemplificando uma mensagem enviada, consideremos a seguinte mensagem: “2024-08-08 17:17:07G-20.503462,-54.611893/0/978/0/83.00/13.33/31.00/14.12/3.92/497/4334/”.

Neste exemplo, a mensagem é composta pela data e hora (2024-08-09 17:17:07), seguidos pela letra 'G' e os dados de latitude e longitude (-20.490362,-54.606056), capturados pelo sistema GPS. Em seguida, o caractere '/' marca o início dos dados do veículo, que estão organizados na seguinte ordem: luz indicadora de funcionamento do motor (0), rotações por minuto (978), velocidade (0), temperatura do motor (83.00), nível de combustível (13.33), temperatura do ar de admissão (31.00), aceleração (14.12), posição do pedal do acelerador (3.92), tempo de operação em segundos (497) e odômetro (4334).

5. Resultados dos Experimentos

Os experimentos realizados com o protótipo mostraram que cada modelo de veículo possui uma quantidade distinta de sensores, resultando em diferentes dados disponíveis para coleta. Felizmente, a tecnologia OBD inclui uma função de verificação de comandos suportados pelo veículo que foi utilizada para identificar quais informações poderiam ser obtidas em cada veículo.

Após a conclusão do modelo, este ficou montado no veículo *Renault Kwid* durante 3 dias captando dados das rotas realizadas e encaminhando ao banco de dados. Durante esse período de testes os dados foram enviados via LoRa e Wi-Fi ao mesmo tempo.

Para o Wi-Fi, foi utilizado um roteador do celular, conectado nessa mesma rede foi adicionado também um notebook com o banco de dados local aberto. Nesse caso, as mensagens foram enviadas por meio do protocolo MQTT com QoS 1 para garantir a entrega das mensagens. Já para LoRa, foi utilizado um único *gateway* localizado dentro do câmpus da universidade, as mensagens foram enviadas com o fator de espalhamento espectral SF9, recebendo mensagens de até 123 bytes. A captação e envio dos dados ocorreu sem problemas nesse formato para ambas as formas.

Não foi possível incluir, no momento, um módulo para adicionar um cartão de memória e guardar os dados para posterior envio realizado via rede Wi-Fi. Por isso, essa funcionalidade não foi testada. Para essa questão, foram realizados apenas os cálculos de armazenamento e desenvolvida no código a forma como serão armazenados e posteriormente enviados.

A Tabela 1 representa um recorte de 3 minutos da obtenção de dados. Cada coluna abaixo contém exatamente os dados coletados diretamente do veículo com o modelo desenvolvido, testado dentro do câmpus da UFMS. Esses dados foram enviados e armazenados em um banco de dados, permitindo uma análise do veículo ao longo do tempo.

Tabela 1. Dados obtidos do veículo durante a rota.

Renault Kwid - Dia 08/08/2024						
Hora	RPM	Velocidade	Temperatura	Combustível	Acelerador	Odômetro
17:17:07	978	0	83	13.33%	14.12%	4334
17:17:47	2041	15	83	13.33%	21.96%	4334
17:18:07	2245	36	83	13.33%	25.88%	4334
17:18:47	988	0	84	13.33%	14.51%	4334
17:19:07	983.5	0	87	13.33%	14.51%	4334
17:19:27	979	0	88	13.33%	14.51%	4334
17:19:47	1096	15	87	13.33%	14.90%	4335
17:20:07	2014	26	87	13.33%	27.45%	4335
17:20:27	2515.5	30	87	13.33%	27.06%	4335

O protótipo foi configurado para que as mensagens fossem enviadas a cada 20 segundos. Entretanto, se houver alguma demora do veículo para transmitir os dados, essa mensagem não será enviada, como pode ser verificado entre a primeira e a segunda linha de dados da Tabela 1. Neste caso, o veículo tinha acabado de ser ligado, mas após esse primeiro momento, os dados foram enviados no intervalo de tempo definido previamente.

Analisando os dados obtidos, é possível verificar que nos momentos em que o veículo estava parado, as rotações por minuto (RPM) se mantiveram próximas de 1000, o que está dentro da normalidade. Outro detalhe importante, é que a temperatura se manteve dentro de um intervalo considerado normal, que seria algo próximo de 90 graus Celsius. O percentual de aceleração do veículo, quando parado, está dentro do padrão também, entre 5 e 15%. A velocidade durante esses testes foi baixa devido aos limites de velocidade dentro do câmpus da UFMS.

O odômetro foi um parâmetro difícil de ser obtido diretamente de maneira convencional, pois o veículo utilizado no teste não ter suporte a esse PID. Para capturar o odômetro, foi anotada a quilometragem do veículo antes do início dos testes e a captura da distância percorrida pelo veículo desde a última limpeza de erros (*Clear DTC*). Essa limpeza geralmente ocorre durante revisões ou manutenções realizadas após o acendimento da luz do motor no painel. Como esse valor é atualizado à medida que o veículo se move, o odômetro é incrementado automaticamente com a distância percorrida.

Neste percurso, além dos parâmetros acima, foi possível traçar a rota realizada por meio dos dados obtidos pelo GPS, demonstrada na Figura 5. Essa rota foi montada de

forma automatizada com um código em *Python* que buscou as localizações diretamente do banco de dados, conforme mostrado na Figura 5.



Figura 5. Rota de teste do dispositivo, dentro do câmpus da UFMS

6. Conclusão

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de um protótipo para captura de parâmetros de veículos para melhorar a gestão da frota da UFMS. O desenvolvimento deste projeto demonstrou a viabilidade de usar tecnologias acessíveis como LoRa, Wi-Fi e OBD para otimizar a gestão de frotas de veículos. Por meio dos experimentos realizados, foi possível verificar a eficiência do sistema proposto em coletar e transmitir dados relevantes para a manutenção e operação de diversos veículos.

O principal diferencial deste sistema proposto, é o uso de diversos protocolos OBD somado à conexão *bluetooth*, ambos proporcionados placa ELM 327, além do uso da rede LoRa para envio dos dados em tempo real, o que torna este sistema flexível e com baixo custo para implementação.

A principal limitação observada foi a variação no suporte a PIDs entre diferentes modelos de veículos, o que pode impactar a padronização do sistema. Um exemplo disso é o odômetro, que não pôde ser acessado de forma convencional. Além do veículo utilizado no teste não suportar esse PID, a fabricante emprega um protocolo diferente do padrão.

Para trabalhos futuros, tem-se a implementação e testes do módulo para adicionar um cartão de memória e a gestão dos dados armazenados nele para posterior envio. Outros trabalhos futuros podem explorar soluções para integrar melhor os dados de diferentes fabricantes e expandir a capacidade de monitoramento em tempo real, além de considerar a implementação em frotas maiores e mais diversas. Para a UFMS, será feito em um trabalho futuro também a integração dos dados obtidos neste trabalho com o Sistema de Gestão de Transportes da UFMS, o SIGETRAN.

Além disso, uma das decisões foi o desenvolvimento de maneira que o protótipo fosse conectado no DLC sem necessidade de modificações no veículo. Mas pensando em uma abordagem diferente, para um trabalho futuro, também é interessante o acréscimo de sensores ao veículo para verificar mais informações importantes para a gestão. Uma delas, por exemplo, é um sensor para medir a pressurização dos pneus. Esse sensor já existe no mercado, conhecido como TPMS (*Tire-pressure monitoring system*), já instalado de

fábrica em alguns veículos para medir e mostrar a informação no painel do motorista. Com o protótipo instalado, seria possível repassar essa informação junto com as obtidas via OBD para essa gestão remota do veículo.

Referências

- Aguiari, D., Chou, K., Tse, R., and Pau, G. (2022). Monitoring electric vehicles on the go. *2022 IEEE 19th Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC)*, pages 885–888.
- Banks, A., Briggs, E., Borgendale, K., and Gupta, R. (2019). Mqtt version 5.0. Technical report, OASIS Standard. IBM: Andrew Banks, Ken Borgendale, Rahul Gupta; Microsoft: Ed Briggs.
- Brewu, D. (2022). Design and implementation of a can bus data logger with multiple communication interfaces for vehicles. *Ashesi University - Capstone Project*.
- CONAMA (2004). Resolução nº 354, de 13 de dezembro de 2004. Publicada no DOU nº 239, de 14 de dezembro de 2004, Seção 1, páginas 62-63.
- de Camargo, E. T., Spanhol, F. A., and e Souza, Á. R. C. (2020). Deployment of a lorawan network and evaluation of tracking devices in the context of smart cities. *Journal of Internet Services and Applications*, 12.
- Deschambault, O., Gherbi, A., and Légaré, C. (2017). Efficient implementation of the mqtt protocol for embedded systems. *J. Inf. Process. Syst.*, 13:26–39.
- Eletronics, C. (2024). Obd2 explained - a simple intro. acessado em agosto de 2024.
- ELM, E. (2020). ELM327 OBD to RS232 Interpreter. <https://www.elmelectronics.com/DSheets/ELM327DSL.pdf> Acesso em 07/2024.
- Ferrari, P., Sisinni, E., Carvalho, D. F., Depari, A., Signoretti, G., Silva, M., Silva, I., and Silva, D. (2020). On the use of lorawan for the internet of intelligent vehicles in smart city scenarios. *2020 IEEE Sensors Applications Symposium (SAS)*, pages 1–6.
- Heltec, A. (2020). WiFi LoRa 32(v2) - LoRa Node Development Kit. https://resource.heltec.cn/download/WiFi_LoRa_32/WiFi%20Lora32.pdf Acesso em 07/2024.
- Hwang, H.-C., Park, J., and Shon, J. (2016). Design and implementation of a reliable message transmission system based on mqtt protocol in iot. *Wireless Personal Communications*, 91.
- Jouhari, M., Amhoud, E.-M., Saeed, N., and Alouini, M.-S. (2022). A survey on scalable lorawan for massive iot: Recent advances, potentials, and challenges. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 25:1841–1876.
- Kamruzzaman, M., Hossin, M. A., Alruwaili, O., Alanazi, S., Alruwaili, M., Alshammari, N., Alaerjan, A., and Zaman, R. (2022). Iot-oriented 6g wireless network system for smart cities. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022(1):1874436.
- Kumar, R. and Jain, A. (2022). Monitoring and remote data logging of engine operation via on board diagnostic port. *2022 Fifth International Conference on Computational Intelligence and Communication Technologies (CCICT)*, pages 550–555.

- Magrin, D., Capuzzo, M., and Zanella, A. (2019). A thorough study of lorawan performance under different parameter settings. *IEEE Internet of Things Journal*, 7:116–127.
- Mishra, B. and Kertész, A. (2020). The use of mqtt in m2m and iot systems: A survey. *IEEE Access*, 8:201071–201086.
- Nobayashi, D., Niwa, Y., Tsukamoto, K., and Ikenaga, T. (2020). Development of vehicle management system using location data collected by 920mhz lora. *2020 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI)*, pages 208–209.
- Oluwaseyi, M. M. and Sunday, A. M. (2020). Specifications and analysis of digitized diagnostics of automobiles: A case study of on board diagnostic (obd ii). *International Journal of Engineering Research and*, 9.
- ONU-Habitat (2022). Relatório anual 2022 da onu-habitat brasil. <https://relatorio-anual-2022.netlify.app> Acesso em 05/2024.
- Palomino, J., Cuty, E., and Huanachin, A. (2021). Development of a can bus datalogger for recording sensor data from an internal combustion ecu. *2021 IEEE International Workshop of Electronics, Control, Measurement, Signals and their application to Mechatronics (ECMSM)*, pages 1–4.
- Rybitskyi, O., Golian, V., Golian, N., Dudar, Z., Kalynychenko, O., and Nikitin, D. (2023). Using obd-2 technology for vehicle diagnostic and using it in the information system. *Bulletin of National Technical University "KhPI". Series: System Analysis, Control and Information Technologies*.
- Sornin, N. S., Luis, M. S., Eirich, T. I., Kramp, T. I., and Hersent, O. A. (2015). Lorawan specification. *Lora Alliance*, 1.0.
- Steen, M. v. and Tanenbaum, A. S. (2024). *Distributed Systems*. Maarten van Steen, 4th edition.
- Wixted, A., Kinnaird, P., Larijani, H., Tait, A., Ahmadiania, A., and Strachan, N. (2016). Evaluation of lora and lorawan for wireless sensor networks. *2016 "IEEE" SENSORS*, pages 1–3.