

**DRIVERRATING: UM APLICATIVO PARA CLASSIFICAÇÃO DE
MOTORISTAS BASEADA EM DADOS DE SENSORES EMBARCADOS EM
VEÍCULOS E NOS SMARTPHONES**

**DRIVERRATING: AN APPLICATION FOR CLASSIFICATION OF DRIVERS
BASED ON DATA OF SENSORS BOUND ON VEHICLES AND SMARTPHONES**

Jorge Campos¹
Helder Guimarães Aragão²
Nielson Trindade³

RESUMO

Este artigo apresenta o DriverRating, um aplicativo móvel para avaliar o comportamento dos motoristas através do uso combinado dos sensores embarcados nos veículos automotores e smartphones. Informações sobre o consumo de combustível, velocidade do veículo e emissão de gases poluentes e de efeito estufa são obtidos dos sensores veiculares por meio de uma interface OBD (On Board Diagnostic). A velocidade máxima permitida na via é obtida de uma base de dados armazenada localmente nos smartphones ou de serviços Web. As acelerações longitudinais e transversais são obtidas dos sensores embarcados nos smartphones. Estas informações são combinadas e processadas pelo aplicativo com Lógica Fuzzy no próprio dispositivo móvel, que avalia o motorista considerando cinco dimensões: velocidade excessiva, consumo, frenagens e acelerações bruscas, realização de curvas de forma agressiva e emissão excessiva de gases de efeito estufa. Alguns experimentos foram realizados visando testar o uso do aplicativo.

Palavras-chaves: Aplicativo Móvel, *On Board Diagnostic*, Lógica Fuzzy, DriverRating.

ABSTRACT

This article presents DriverRating, a mobile application to evaluate driver behavior through the combined use of embedded sensors in automotive vehicles and smartphones. Information about fuel consumption, vehicle speed and emissions of greenhouse gases and pollutants are obtained from vehicle sensors through the OBD (On Board Diagnostic) interface. Maximum allowed speed is obtained from a database stored locally on smartphones or Web services. Longitudinal and transverse accelerations are gathered from sensors embedded in smartphones. These pieces of information are combined and processed, through Fuzzy Logic in the mobile device itself, which evaluates the driver considering five dimensions: excessive speed, fuel consumption, braking and sudden accelerations, aggressive turns and excessive emission of greenhouse gases. Some experiments were done to test application usage.

Keywords: Mobile Application, On Board Diagnostic, Fuzzy Logic, DriverRating.

¹ Doutorado em Spatial Information Science and Engineering. Professor Titular da Unifacs

² Mestre em Sistemas e Computação. Professor Titular do Centro Universitário Estácio da Bahia

³ Mestre em Sistemas e Computação.

1. INTRODUÇÃO

As consequências deixadas pela circulação dos veículos nas grandes cidades estão tomando proporções cada vez mais desastrosas. (BARTH; BORIBOONSOMSIN, 2008) explicam que estes veículos emitem toneladas de gases como o dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera a todo o momento. Apesar do CO₂ não afetar diretamente a saúde humana, o mesmo contribui para a expansão do chamado buraco da camada de ozônio. Um dos efeitos catastróficos da emissão massiva do CO₂ é observado na Antártida, onde há o derretimento de gigantescas geleiras implicando, também, no aumento do nível dos oceanos em até 2 metros (SOLOMON et al., 2009).

Além da preocupação com as questões ambientais e da poluição atmosférica, o setor de transportes nos direciona, ainda, para outro problema preocupante no que se refere a acidentes rodoviários. Estes acidentes são responsáveis por mais de um milhão de mortes a cada ano. De acordo com (AAA FOUNDATION FOR TRAFFIC SAFETY, 2009), uma pesquisa feita nos Estados Unidos mostra que em mais de 50% dos acidentes rodoviários fatais têm como causa o comportamento inadequado de condução dos motoristas. Em função disso, há uma busca incessante dos engenheiros das indústrias automobilísticas pela eficiência quanto ao melhor uso dos recursos energéticos dos veículos associado a uma condução adequada.

Tecnologias estão sendo empregadas nos veículos automotores, principalmente naqueles de pequeno porte, objetivando a redução de poluentes emitidos. Os fabricantes estão despendendo grandes esforços para uma considerável mudança na maneira de fabricar veículos mais eficientes em termos energéticos e com maior segurança na dirigibilidade.

Contudo, as tecnologias empregadas atualmente somente surtirão efeitos mediante a uma forma eficaz de condução do veículo. Isto porque os benefícios das tecnologias são fortemente dependentes do perfil comportamental dos motoristas. Segundo estudos realizados pela fabricante japonesa Toyota (TOYOTA, 2009), a maneira de dirigir o veículo pode afetar em até 20% no aumento do consumo energético do mesmo. Esse aumento pode ser causado por variáveis como acelerações bruscas e velocidades excessivas do veículo. Além disso, estas duas variáveis contribuem para a elevada emissão do dióxido de carbono (CO₂), o chamado gás de efeito estufa. Por essa razão, faz-se necessário utilizar meios

capazes de medir e classificar o perfil comportamental dos motoristas através dessas variáveis com o intuito de atenuar os efeitos negativos ao meio ambiente e evitar acidentes de trânsito.

Diante do contexto apresentado, o presente trabalho descreve o desenvolvimento de um aplicativo móvel denominado DriverRating, que traz a proposta de classificação do perfil comportamental do motorista baseada em dados de sensores embarcados nos veículos e em dispositivos móveis.

O aplicativo DriverRating proposto, nesse artigo, traz como objetivo identificar o comportamento dos motoristas e, em seguida, classificá-los conforme determinados perfis: bom, médio ou ruim. Para tanto, são utilizados os dados coletados dos sensores do dispositivo *On Board Diagnostics* (OBD) conectado a saída *Engine Control Unit* (ECU) do veículo, dos acelerômetros e do *Global Positioning System* (GPS) embarcados nos *smartphones*. O aplicativo permite avaliar, além do perfil do condutor, causas de acidentes de trânsito em função dos dados armazenados como: data, hora, velocidade, acelerações e coordenadas de localização do percurso percorrido.

Este artigo está organizado da seguinte forma. A seção 2 discute os trabalhos relacionados, a seção 3 descreve as variáveis utilizadas na classificação dos motoristas, a seção 4 detalha a estrutura e o desenvolvimento do aplicativo DriverRating, a seção 5 descreve alguns experimentos realizados com o aplicativo e seus resultados e, por fim, a seção 6 mostra as conclusões.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

Nos próximos anos, esperam-se desenvolvimentos importantes na área de Sistemas de Transporte Inteligente ou *Intelligent Transport System* (ITS) (ALVEAR et al., 2015). Uma das principais questões, que possibilitam soluções futuras, é conseguir uma integração eficaz entre aplicativos móveis e veículos. Essa integração pode ser alcançada de forma eficiente, utilizando-se a interface do OBD. Este tipo de equipamento, embarcado em veículos automotores, permite obter dados importantes como velocidade, consumo de combustível, emissões de gases e falhas do sistema. Foi criada uma plataforma de emulação

de veículos chamada VEWE¹, que permite desenvolver e testar aplicações advindas do OBD. Essa abordagem evita a necessidade de um veículo real, permitindo gerar facilmente padrões de parâmetros de veículos realistas e suportar a funcionalidade de GPS emulada. Embora o simulador VEWE tenha tido resultados satisfatórios, fica em desvantagem em comparação com a funcionalidade do aplicativo utilizado como solução proposta neste artigo, pois, o DriverRating possibilita avaliar os motoristas em um veículo real, proporcionando uma visão comportamental realista do condutor para uma provável conscientização no trânsito.

Outra contribuição trazida por (MESEGUER et al., 2015) sinaliza que apesar das recentes melhorias tecnológicas nos veículos, motores e combustíveis, o transporte rodoviário continua sendo responsável pela poluição atmosférica nas zonas urbanas, devido ao número crescente de veículos em circulação e às suas distâncias percorridas. O trabalho de (MESEGUER et al., 2015) desenvolveu uma metodologia para calcular, em tempo real, o consumo e o impacto ambiental de veículos de ignição comandada a partir de um conjunto de variáveis, a saber: Taxa de Combustível do Motor, Velocidade, Fluxo de Massa de Ar, Carga Absoluta e Pressão Absoluta Múltipla. Todas estas são obtidas a partir da ECU do veículo. A plataforma é capaz de ajudar os motoristas a corrigir seus maus hábitos de condução ao mesmo tempo que oferece recomendações úteis para melhorar a economia de combustível. É possível demonstrar, através da mineração de dados, até que ponto o perfil de condução realmente afeta (negativamente ou positivamente) o consumo de combustível e o aumento, ou a redução, das emissões de gases de efeito estufa geradas pelos veículos. O DrivingStyles, como foi chamada a plataforma, implementa uma solução baseada em redes neurais, que é capaz de caracterizar o tipo de estrada em que o veículo circula (MESEGUER et al., 2013). Para isso, os dados são obtidos a partir da ECU por meio da interface *Bluetooth* do OBD, incluindo a velocidade, aceleração e rotações por minuto do motor.

A complexidade do DrivingStyles o torna bastante completo no que diz respeito a tecnologia, porém um aplicativo de arquitetura mais enxuta como é o caso do DriverRating, porposto aqui neste artigo, poderá atender aos mesmos objetivos com um custo computacional e financeiro consideravelmente menor.

¹Avaliação para baixar em: <http://www.grc.upv.es/Software/vewe.html>

Foi proposto, em outro trabalho, por (AMARASINGHE et al., 2015) e (BHOYAR et al., 2013), um sistema para a detecção de condução imprudente. Este sistema determina o comportamento de condução usando as acelerações longitudinal e lateral, pois alguns trabalhos descritos na literatura afirmam que a variação súbita dessas acelerações é uma boa medida para detectar um perfil de condução imprudente. No trabalho de (AMARASINGHE et al., 2015) e (BHOYAR et al., 2013), foi proposto o uso de telefones móveis equipados com acelerômetro tendo como plataforma o sistema operacional Symbian. O sistema proposto por (AMARASINGHE et al., 2015) e (BHOYAR et al., 2013) é uma ferramenta relevante para detectar as acelerações exageradas no veículo, porém, os seus recursos poderiam ser melhor explorados se o desenvolvimento não fosse direcionado para o sistema operacional Symbian. Isto porque este sistema operacional está presente em poucos aparelhos, deixando assim, o trabalho de (AMARASINGHE et al., 2015) e (BHOYAR et al., 2013) na desvantagem em relação ao aplicativo descrito neste artigo, que foi desenvolvido para o Android, uma das plataformas mais populares atualmente em uso (GLOBO, 2018).

Outra contribuição muito importante está no trabalho de (ARAÚJO et al., 2012). Foi desenvolvida uma aplicação nomeada Driving Coach para a classificação e o treinamento de condutores de veículos leves. Os dados adquiridos nesta aplicação são utilizados para extrair características e estatísticas de condução, úteis para classificar a eficiência de combustível do veículo e o comportamento do condutor. A interface gráfica fornece ao condutor os resultados da avaliação de condução e sugere, em tempo real, algumas sugestões para reduzir o consumo de combustível.

Por fim, o trabalho de (ARAÚJO et al., 2012) contribuiu consideravelmente para o desenvolvimento da solução proposta neste artigo, porém o mesmo não aborda a questão do meio ambiente como, por exemplo, as emissões de CO₂ presentes na estrutura do DriverRating.

3. VARIÁVEIS UTILIZADAS NA CLASSIFICAÇÃO DE MOTORISTAS NO APLICATIVO DRIVERRATING

Nesta seção, é apresentada cada uma das variáveis responsáveis para a classificação dos motoristas utilizada no aplicativo DriverRating. As variáveis são: consumo de

combustível, emissão de CO₂, velocidade e as acelerações longitudinal e transversal. Essas variáveis são fontes para se sugerir o perfil comportamental dos motoristas. Os dados coletados dos sensores embarcados nos dispositivos são submetidos às técnicas da lógica Fuzzy (ZADEH, 2009). Para tanto, é necessário informar os valores de entradas e saídas para as funções de pertinência e determinar a classificação de acordo com os termos linguísticos: bom, médio ou ruim. Os resultados foram simulados através do software InFuzzy (POSSELT, 2011). Os valores estão criteriosamente mostrados nas quatro subseções a seguir.

3.1. CONSUMO DE COMBUSTÍVEL

Para determinar o perfil comportamental do motorista, em relação à eficiência de consumo de combustível, foi utilizado um controlador difuso. O gráfico da Figura 1 mostra a classificação dos motoristas por meio das técnicas de lógica Fuzzy.

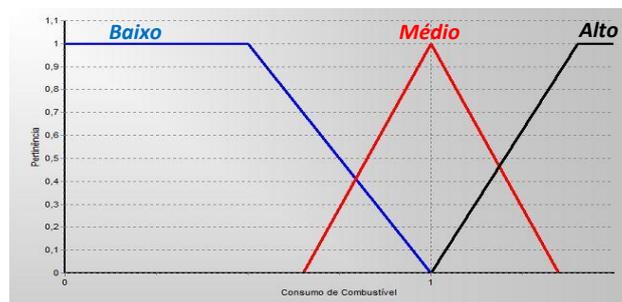


Figura 1. Função de Pertinência do Consumo de Combustível

Fonte: próprios autores.

Para a variável de consumo de combustível, os termos linguísticos e seus respectivos limiares de valores de entradas que fazem parte da classificação dos motoristas são os seguintes: **Baixo (0.0, 0.50, 1.0)**, **Médio (0.65, 1.0, 1.35)** e **Alto (1.0, 1.40, 1.50)**. O universo de discurso está delimitado entre os valores 0 e 1.5. É utilizado como unidade de medida, o consumo normalizado baseado no trabalho de (ARAÚJO et al., 2012). Para o classificador Fuzzy utilizado no DriverRating, quanto menor o valor do consumo normalizado, melhor será a nota classificatória do motorista (Tabela 1).

Tabela 1. Consumo de Combustível Normalizado x Nota do Motorista

Consumo de Combustível Normalizado	Nota Classificatória do Motorista
0,80	2,91
0,50	3,54
1,30	1,68
0,60	3,52
0,30	3,54
1,20	1,98
1,50	1,47

3.2. EMISSÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

Os termos linguísticos e seus respectivos limiares de valores de entradas que fazem parte da classificação dos motoristas na variável CO₂, são os seguintes: **Baixo (0.0, 0.35 ,0.99)**, **Médio (0.98, 1.25, 1.52)** e **Alto (1.50, 1.65, 2.0)**. O universo de discurso está delimitado entre os valores 0 e 2.0. Essa delimitação do universo de discurso teve como relevância os resultados mínimos e máximos do fator de penalização utilizado nesta variável, que será comentado mais adiante. A unidade de medida utilizada é em g/km multiplicado por um fator de penalização.

Para o classificador Fuzzy, quanto menor o valor de entrada, menor será a nota classificatória do motorista, pois, o raciocínio do cálculo é feito da seguinte maneira: em uma determinada viagem foi emitida uma quantidade de CO₂ aceitável, ou seja, de acordo com o informado pelo fabricante do veículo. Porém, caso o veículo em que o motorista esteja dirigindo tenha uma recomendação de emissão de CO₂ muito elevada, o fator de penalização irá considerar uma penalidade, já que o motorista fez a escolha por um veículo que emite bastante dióxido de carbono (CO₂).

3.3. VELOCIDADE

A variável analisada, nesta subseção, traz os termos linguísticos e seus respectivos limiares de valores de entradas, que fazem parte da classificação dos motoristas, de uma maneira diferente dos apresentados nas variáveis discutidas anteriormente. Isto porque para a variável velocidade há uma necessidade de dinamizar esses valores já que dependerão da velocidade máxima da via em que o veículo está trafegando naquele momento. Por esse motivo os limiares são condicionados a um atributo chamado: “**velocMaxVia**”. Os valores de entradas são os seguintes: **Baixo(0.0, 10.0, velocMaxVia+7)**, **Médio (velocMaxVia, velocMaxVia+7, velocMaxVia*1.20)** e **Alto((velocMaxVia*1.20)-1, velocMaxVia*1.35, 200)** (TRINDADE, 2017).

O universo de discurso está delimitado entre os valores 0 e 200. É utilizado como unidade de medida km/h. Para o classificador Fuzzy quanto menor a velocidade, melhor será a nota classificatória do motorista. A variável Velocidade tem base nas regras de multas estabelecidas pelo Código de Trânsito Brasileiro (CBT) (CBT 2018).

3.4. ACELERAÇÕES LONGITUDINAL E TRANSVERSAL

Nas variáveis de acelerações longitudinal e transversal, os termos linguísticos e seus respectivos limiares de valores de entradas, que fazem parte da classificação dos motoristas, são os seguintes: **Baixo (0.00, 0.98, 2.16)**, **Médio (1.77, 2.84, 4.02)** e **Alto (3.73, 5.69, 5.88)**. O universo de discurso está delimitado entre os valores 0.98 e 5.88. Essa delimitação do universo de discurso teve como relevância os limiares discutidos no trabalho de (BERGASA et al., 2014). Os valores descritos neste trabalho são ajustados de acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI), que indica que a aceleração de um corpo influenciado pela gravidade na superfície terrestre equivale a aproximadamente 9,80665 m/s². Para o classificador Fuzzy, quanto menor o valor da aceleração coletada, melhor será a nota classificatória do motorista. As acelerações longitudinal e transversal têm como base o trabalho de (BERGASA et al., 2014).

4. APLICATIVO DRIVERRATING

O aplicativo DriverRating foi desenvolvido para dispositivos móveis. O DriverRating explora as vantagens do crescente uso dos *smartphones*, onde é possível desfrutar dos seus mais variados recursos tecnológicos, tais como a capacidade de processamento atrelada às comunicações sem fio. Estas características fomentaram cada vez mais o surgimento de aplicativos e serviços para o seguimento automobilístico. O aplicativo foi desenvolvido na plataforma Android da Google e com banco de dados embarcado SQLite (LECHETA, 2013)(ADITYA; KARN, 2014). Para o desenvolvimento foi utilizada a metodologia orientada a objetos visando o reaproveitamento e a manutenção do código fonte. A arquitetura do DriverRating é mostrada na Figura 2.

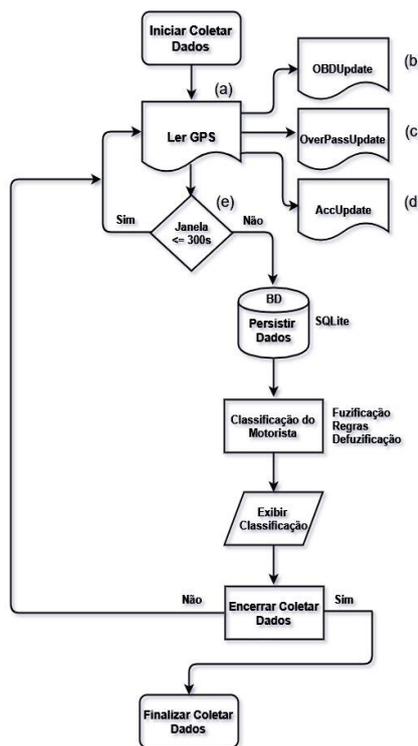


Figura 2. Arquitetura do aplicativo DriverRating

Iniciar Coletar Dados é responsável por recuperar os dados como: cilindrada do veículo, janela de tempo onde ocorre a coleta dos dados, o tipo de combustível utilizado no veículo, o percentual de álcool, no caso de veículo flex, data e hora da classificação.

A classe **LerGPS** utiliza o GoogleMaps para buscar a localização do veículo, a cada 0,5 segundos, via satélite. Esta classe obtém as coordenadas geográficas (latitude e longitude) num raio de cinco metros. Esta classe controla a chamada de três métodos dentro de um ciclo de 60 segundos. Os métodos são:

- **OBUpdate** que é responsável por: *i*) fazer a conexão no modo *Bluetooth*; *ii*) checar o acoplamento da interface do sistema OBD à saída da ECU do veículo e *iii*) testar a comunicação entre o sistema OBD e a ECU;
- **OverPassUpdate** que realiza uma requisição Web através de uma *Application Programming Interface* (API) Overpass. Esta API acessa informações contidas em um banco de dados na Web oriundos do OpenStreetMap (OSM), serviço gratuito de mapas;
- **AccelerationUpdate** que tem a função de recuperar as mais altas acelerações longitudinais e transversais alcançadas pelos sensores (acelerômetros) do *smartphone*, que estarão dentro do veículo em movimento.

4.1. CONEXÕES EFETUADAS PELO APLICATIVO DRIVERRATING

A Figura 3 mostra as conexões que são efetuadas no aplicativo DriverRating.

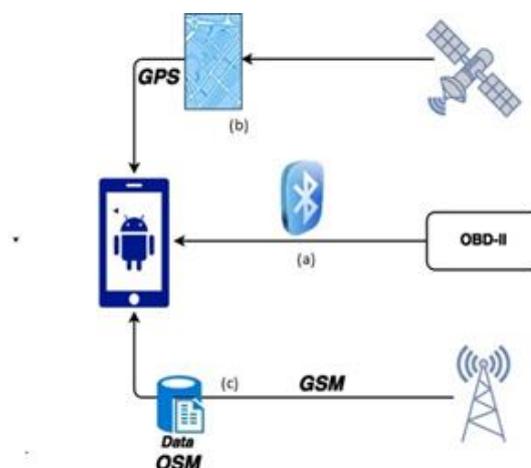


Figura 3. Esquema de conexão do DriverRating.

Para garantir a possibilidade de classificação dos motoristas, há a necessidade de uma conexão *Bluetooth* entre o dispositivo OBD e o *smartphone*. Para coletar informações pertinentes à classificação do motorista através da variável velocidade, por exemplo, é preciso saber, dentre outras informações, a localização do veículo em tempo real. Por esta razão há, também, a necessidade de uso do recurso de GPS do *smartphone* e uma conexão com a Internet (GSM - *Group Special Mobile*).

4.2. VISÃO GERAL DO APLICATIVO DRIVERRATING

Além das características mencionadas na subseção anterior, o aplicativo traz em sua arquitetura uma base de dados contendo seis tabelas, que armazenam os dados necessários às classificações dos motoristas. Estas tabelas têm as seguintes finalidades: armazenar dados da marca, modelo, motor, versão, consumo de combustível e emissão de CO₂ do veículo, que são referências cedidas pelos diversos fabricantes através do INMETRO. Na base de dados, são armazenados, também, o tipo e a quantidade de combustível em litro consumida pelo veículo e a distância percorrida. Além disso, são armazenadas as coordenadas (longitude e latitude) do percurso do veículo. A seguir são mostradas algumas das principais telas do aplicativo DriverRating:

1. O Aplicativo possui em sua tela principal uma lista de opções para configurações assim como informações do perfil do veículo (Figura 4).

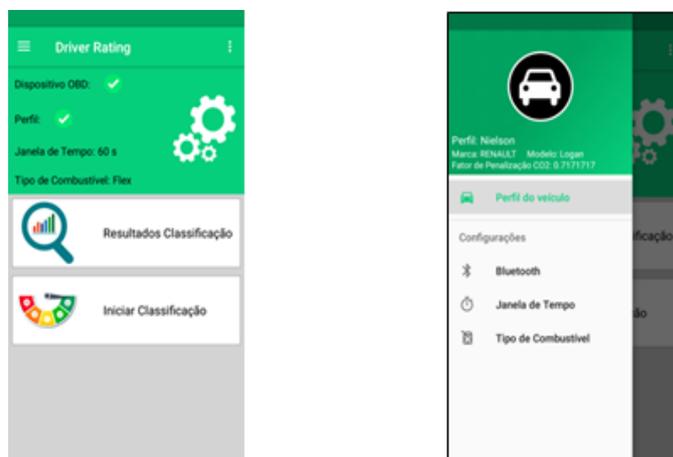


Figura 4. Tela Principal: a) visualização de informações do perfil e b) menu de opções.

2. O Aplicativo, ao ser iniciado, solicita ao usuário os dados do perfil do veículo, que são baseados em informações disponibilizadas na base de dados do INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) (Figura 5). Além dos dados presentes na Figura 5, são também armazenados os valores de CO₂ fóssil (g/km) gasolina ou diesel e Quilometragem por Litro (Etanol (Cidade/Estrada) e Gasolina (Cidade/Estrada)).

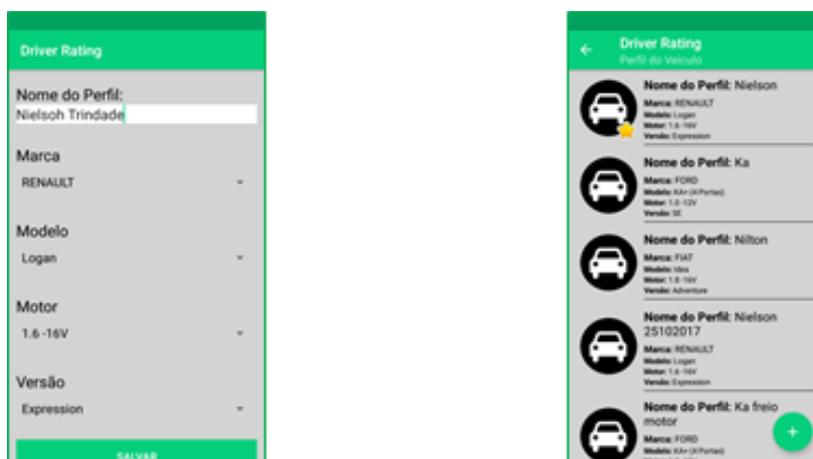


Figura 5. Solicitação de dados do motorista: a) Tela de cadastro do perfil do veículo e b) Tela dos perfis cadastrados.

3. A opção *Bluetooth* permite que o usuário do aplicativo pesquise e selecione em uma lista o dispositivo que se deseja conectar (Figura 6).



Figura 6. Tela exibindo dispositivos disponíveis.

4. Outro dado a ser informado pelo usuário é a janela de tempo, ou seja, o valor em segundos a cada leitura do GPS (aqui neste trabalho ficou estabelecido 60s) (Figura 7). A cada ciclo completo referente ao tempo estabelecido, o aplicativo fará uma classificação do motorista até que o usuário encerre o aplicativo. Cada nota e perfil de classificação são armazenados em um banco de dados para posterior consulta.

A screenshot of a mobile application interface titled "Driver Rating". The screen displays the text "Informe a Janela de Tempo em segundos:" followed by a text input field containing the number "60". At the bottom of the screen, there is a green button labeled "OK".

Figura 7. Tela para informar a janela de tempo em segundos.

5. O tipo de combustível é mais um dado solicitado pelo DriverRating, já que alguns cálculos utilizam equações que exigem valores de referência diferenciados para cada tipo de combustível. Observa-se, na Figura 8, que quando a escolha é pelo tipo de combustível Flex, é solicitado, ainda, o percentual de álcool. Esse percentual é deduzido do cálculo da variável CO_2 , já que não é considerada a emissão de Dióxido de Carbono na combustão do álcool, segundo o INMETRO.

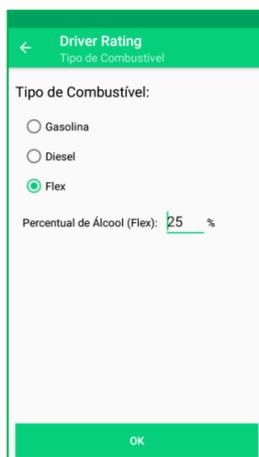
A screenshot of a mobile application interface titled "Driver Rating" with the subtitle "Tipo de Combustível". It features three radio button options: "Gasolina", "Diesel", and "Flex", with "Flex" selected. Below the options, there is a text input field labeled "Percentual de Álcool (Flex):" with the value "25" entered and a percentage sign. A green "OK" button is located at the bottom.

Figura 8. Tela para cadastro do tipo de combustível usado no veículo.

6. A tela Classificação Geral permite ao usuário visualizar os resultados das notas atribuídas aos motoristas (Figura 9).



Driver Rating		
MAPA	RESULTADO	VARIÁVEIS
CONSUMO DE COMBUSTÍVEL		
Nota: 3,53		
Classificação: Bom		
DIÓXIDO DE CARBONO (CO2)		
Nota: 1,65		
Classificação: Vermelho		
VELOCIDADE		
Nota: 4,00		
Classificação: Bom		
ACELERAÇÃO LONGITUDINAL		
Nota: 2,63		
Classificação: Moderado		
ACELERAÇÃO TRANSVERSAL		
Nota: 3,23		
Classificação: Cauteloso		

Figura 9. Tela que mostra a classificação geral do motorista.

5. EXPERIMENTOS E RESULTADOS

Os experimentos realizados tiveram como finalidade validar o sistema de classificação do motorista implementado no aplicativo DriverRating. Através do aplicativo foi possível observar, na prática, o perfil comportamental do motorista ao dirigir o seu respectivo veículo em vias urbanas. Para tal tarefa, foram utilizados os seguintes recursos: um veículo de passeio, uma interface do sistema OBD e um *smartphone* equipado com o sistema operacional Android. Os resultados se mostraram consistentes, validando a solução proposta nesse trabalho.

Para avaliar o comportamento dos motoristas em relação a variável consumo de combustível, foram feitos alguns experimentos em condições normais de dirigibilidade no trânsito, ou seja, sem o motorista efetuar nenhuma ocorrência indevida. Os eventos

congestionamentos e subida de ladeiras em marcha inadequada foram levados em consideração nos experimentos.

5.1. CONGESTIONAMENTOS

Para observar o comportamento do motorista em relação ao evento congestionamento, foi feito um experimento que pode ser visto na Figura 10. Esse experimento possuiu uma janela de tempo de 300 segundos, ou seja, a cada cinco minutos o motorista obteve uma classificação do seu comportamento. O experimento foi realizado em 22/10/2017, às 13h e 34min, iniciando na Rua Arthur de Azevedo Machado e finalizando na Av. Tancredo Neves na cidade de Salvador, Bahia, Brasil.

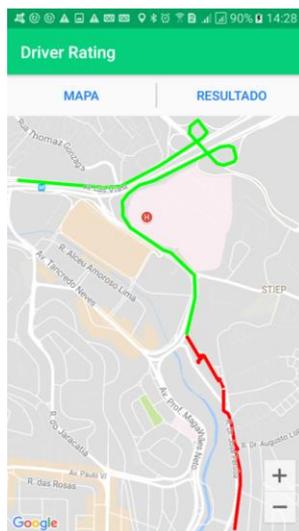


Figura 10. Experimento: Congestionamento - Variável Consumo de Combustível - Dirigibilidade Normal.

5.2. SUBIR LADEIRAS EM MARCHA INADEQUADA

Para analisar o comportamento do motorista durante subidas em ladeiras íngremes, foi executado um experimento que pode ser visto na Figura 11. Este experimento possuiu uma janela de tempo de 60 segundos, realizado na data de 29/10/2017, começando às 09h e 33min. A subida da ladeira foi realizada na Rua Mello Moraes Filho, bairro da Fazenda Grande do Retiro, na cidade de Salvador, Bahia, Brasil.

Observa-se, no resultado do experimento, que no trecho correspondente ao início da ladeira, representado pela linha na cor vermelha, houve um alto consumo de combustível. O aplicativo, portanto, classificou o motorista como “Ruim”. Nesse percurso, o motorista conduziu o veículo em primeira marcha, forçando-o a produzir mais energia. Após esse trecho, o motorista engrenou adequadamente outras marchas, podendo ser observado que o aplicativo DriverRating o classificou como “Bom” (trecho na cor verde) (Figura 11).



Figura 11. Experimento: Consumo Combustível – Subir Ladeira em Marcha Inadequada – Dirigibilidade Induzida

Na próxima subseção, é descrito um experimento que classifica o perfil comportamental do motorista em relação a variável velocidade. Neste experimento, o motorista ultrapassou o limite máximo permitido da via, conforme as métricas estabelecidas do item Velocidade do Veículo da subseção 3.3 desse trabalho. O experimento foi induzido, objetivando comprovar a eficácia do aplicativo DriverRating na prática. A janela de tempo foi de 60 segundos. Os resultados estão descritos logo em seguida.

5.3. VELOCIDADE ACIMA DA MÁXIMA PERMITIDA COM CURVA

Para observar o motorista em relação ao evento velocidade, incluindo as curvas, foi feito o experimento mostrado na Figura 12. Este experimento foi realizado na Avenida

Tancredo Neves e finalizado na via marginal da Avenida Luís Viana Filho (acesso ao bairro do Imbui), em Salvador, Bahia, Brasil.

Observa-se na Figura 12, um trecho na cor vermelha, que corresponde a uma imprudência do motorista ao exceder a velocidade máxima permitida na via. A ocorrência se deu entorno da Rede Sarah de Hospitais de Reabilitação, situada ao final da Avenida Tancredo Neves e no início da Avenida Luís Viana Filho, Paralela. O motorista foi orientado pelo pesquisador a efetuar tal imprudência, apesar do risco eminente de causar um acidente, visando demonstrar que o aplicativo DriverRating é capaz de classificar o motorista como “Ruim” ao conduzir o veículo em velocidades acima da segurança estabelecida pelo Código de Trânsito Brasileiro (CBT).



Figura 12. Experimento :Velocidade Acima da Máxima Permitida na Via com Curva - Dirigibilidade Induzida

Fonte: Aplicativo DriverRating

Na subseção 5.4, está descrito um experimento para a classificação do perfil comportamental do motorista em relação a variável aceleração transversal. No experimento da próxima subseção, o motorista ultrapassou os limites de segurança, conforme as métricas estabelecidas no trabalho de (BERGASA et al., 2014), efetuando curva perigosa. O experimento foi induzido com o objetivo de comprovar a eficácia do aplicativo DriverRating

em situações reais do trânsito. O experimento teve uma janela de tempo de 60 segundos. Seus resultados estão descritos logo em seguida.

5.4. CURVA ACENTUADA PARA ESQUERDA

Para observar o comportamento do motorista em relação ao evento curva acentuada para a esquerda, foi realizado um experimento com resultado mostrado na Figura 13. Este experimento iniciou na Avenida Tancredo Neves e terminou na via marginal da Avenida Luís Viana Filho (acesso ao bairro do Imbui), em Salvador, Bahia, Brasil.

Observa-se na Figura 13, um trecho representado pela cor vermelha, que corresponde a uma curva à esquerda, situada na Avenida Luís Eduardo Magalhães. Este trecho vermelho indica que houve uma manobra arriscada durante a conversão. O motorista foi orientado pelo pesquisador a efetuar tal manobra, apesar do risco eminente de causar um acidente, visando demonstrar que o aplicativo DriverRating é capaz de classificar o motorista como “Ruim” ao fazer manobras desse tipo.

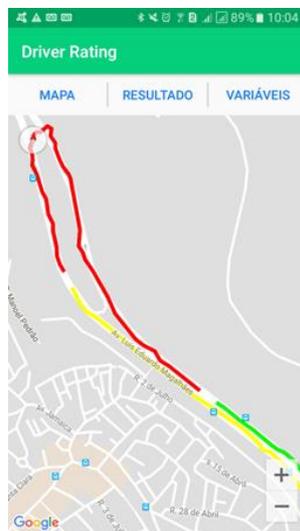


Figura 13. Experimento: Aceleração Transversal – Curva Acentuada para Esquerda - Dirigibilidade Induzida

Fonte: Aplicativo DriverRating

Diversas soluções são apresentadas por especialistas em trânsito rodoviário para identificar e classificar o comportamento dos motoristas, porém são implementações com

custo financeiro alto e subutilizadas. Por essa razão este artigo descreveu uma solução de baixo custo, em função do uso de *softwares* livres.

Este artigo apresentou o DriverRating, um aplicativo móvel para classificação de motoristas de acordo com valores obtidos de sensores veiculares e de *smartphones*. O aplicativo móvel DriverRating analisa e avalia cinco variáveis: consumo de combustível, emissão de dióxido de carbono, velocidade, aceleração longitudinal e aceleração transversal.

O DriverRating objetiva incentivar aos motoristas um comportamento seguro e eficiente do ponto de vista energético. Este tipo de aplicativo pode ser utilizado por qualquer pessoa ou empresa interessada em avaliar o comportamento dos motoristas. Isto inclui motoristas particulares, taxistas, empresas de aluguel de veículos, empresas do sistema público de transporte com ônibus e gerentes de frotas de empresas de logística.

Sugere-se no futuro, para tornar proposta deste trabalho ainda mais útil, uma melhoria no aplicativo, visando identificar automaticamente o percentual de etanol na composição do combustível fóssil. Esta funcionalidade traria uma maior precisão quanto à classificação da variável emissão de dióxido de carbono. Além disso, pretende-se desenvolver uma funcionalidade para mensurar o consumo da bateria do dispositivo durante a utilização do aplicativo DriverRating, já que existe o uso constante do GPS. Isto permitirá saber se o aplicativo pode ser utilizado por longos períodos sem fontes auxiliares de energia.

Neste trabalho, foram utilizados dados coletados apenas das vias urbanas de Salvador, Bahia e em carros de passeio. No futuro, é necessário testar a utilização do aplicativo em estradas, monitorando motoristas de veículos pesados como ônibus e caminhões.

Além dos trabalhos futuros citados, pretende-se: permitir a instalação do mapa da rede viária na área de armazenamento do próprio dispositivo e melhorar o algoritmo que detecta a velocidade máxima da via.

REFERÊNCIAS

AAA FOUNDATION FOR TRAFFIC SAFETY. Aggressive Driving: Research Update. **Aggressive Driving: Research Update**, [s. l.], 2009. Disponível em:

<<https://www.aaafoundation.org/sites/default/files/AggressiveDrivingResearchUpdate2009.pdf>>

ADITYA, S. K.; KARN, V. K. **Android SQLite Essentials**. [s.l.] : Packt Publishing Ltd, 2014.

ALVEAR, O. et al. Validation of a vehicle emulation platform supporting OBD-II communications. **2015 12th Annual IEEE Consumer Communications and Networking Conference, CCNC 2015**, [s. l.], p. 880–885, 2015.

AMARASINGHE, M. et al. Cloud-based driver monitoring and vehicle diagnostic with OBD2 telematics. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRO INFORMATION TECHNOLOGY 2015, **Anais...** : IEEE, 2015. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=7293433>>

ARAÚJO, R. et al. Driving coach: A smartphone application to evaluate driving efficient patterns. **IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Proceedings**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 1005–1010, 2012.

BARTH, M.; BORIBOONSOMSIN, K. Real-world CO₂ impacts of traffic congestion. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, [s. l.], v. 2058, n. 1, p. 163–171, 2008.

BERGASA, L. M. et al. DriveSafe: An app for alerting inattentive drivers and scoring driving behaviors. **IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Proceedings**, [s. l.], n. Iv, p. 240–245, 2014.

BHOYAR, V. et al. Symbian Based Rash Driving Detection System. [s. l.], v. 2, n. 2, p. 124–126, 2013.

LECHETA, R. R. **Google Android - 3ª Edição: Aprenda a criar aplicações para dispositivos móveis com o Android SDK**. [s.l.] : Novatec Editora, 2013.

MESEGUER, J. E. et al. DrivingStyles: A smartphone application to assess driver behavior. **Proceedings - International Symposium on Computers and Communications**, [s. l.], p. 535–540, 2013.

MESEGUER, J. E. et al. Assessing the impact of driving behavior on instantaneous fuel consumption. **2015 12th Annual IEEE Consumer Communications and Networking Conference, CCNC 2015**, [s. l.], p. 443–448, 2015.

POSSELT, E. L. INFUZZY - Ferramenta para desenvolvimento de aplicações de sistemas difusos. [s. l.], 2011.

SOLOMON, S. et al. Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [s. l.], v. 106, n. 6, p. 1704–1709, 2009. Disponível em: <<http://www.pnas.org/lookup/doi/10.1073/pnas.0812721106>>

TRINDADE, N. dos S. Classificação do perfil comportamental dos motoristas baseada em dados de sensores embarcados nos veículos e nos smartphones. [s. l.], p. 78–79, 2017.

ZADEH, L. A. The Berkeley Initiative in Soft Computing. [s. l.], p. <http://www.cs.berkeley.edu/~zadeh/>, 2009.