



CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SAGRADO
CORAÇÃO

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE NOTIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE
ACIDENTES DE TRÂNSITO.

BAURU

2023

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE NOTIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE
ACIDENTES DE TRÂNSITO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como parte dos requisitos para
obtenção do título de bacharel em
Engenharia Elétrica junto ao Centro
Universitário Sagrado Coração.

Aprovado em: 01/12/2023.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Tiago Forti da Silva (Orientador)
Centro Universitário Sagrado Coração

Prof. Dr. Danilo Sinkiti Gastaldello (Avaliador)
Centro Universitário Sagrado Coração

BAURU

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com
ISBD

M835d	<p>Moreira, Leonardo Silvestre</p> <p>Desenvolvimento de um sistema de notificação automática de acidentes de trânsito / Leonardo Silvestre Moreira. -- 2023. 25f. : il.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Tiago Forti da Silva</p> <p>Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Centro Universitário Sagrado Coração - UNISAGRADO - Bauru - SP</p> <p>1. Protótipo. 2. Dispositivos de Segurança . 3. Acidentes Veiculares. 4. Automação. I. Silva, Tiago Forti da. II. Título.</p>
-------	---

RESUMO

O tempo de resgate é uma variável importante na probabilidade de sobrevivência das vítimas de acidentes automobilísticos. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo desenvolver o protótipo de um sistema de notificação automática das equipes de resgate quando ocorre um acidente de trânsito. Para tal, foi desenvolvido um protótipo microcontrolado que detecta uma desaceleração brusca, enviando uma mensagem SMS via rede GSM para um número de celular pré-programado, informando as coordenadas de GPS do veículo no momento do possível acidente. O protótipo proposto foi desenvolvido utilizando um microcontrolador Arduino, com módulos GSM e de GPS acoplados, apresentando um desempenho condizente com a proposta quando testado em bancada.

Palavras-Chave: Protótipo; Dispositivos de Segurança; Acidentes Veiculares; Automação.

ABSTRACT

The rescue time is an important variable in the probability of survival for victims of car accidents. Thus, this work aims to develop a prototype of an automatic notification system for rescue teams when a traffic accident occurs. To achieve this, a microcontrolled prototype was developed that detects a sudden deceleration, sending an SMS message via GSM network to a pre-programmed cell phone number, providing the GPS coordinates of the vehicle at the time of the possible accident. The proposed prototype was developed using an Arduino microcontroller, with attached GSM and GPS modules, demonstrating performance consistent with the proposal when tested on the workbench.

Keywords: Prototype; Safety Devices; Vehicle Accidents; Automation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Custo econômico dos acidentes rodoviários no Brasil (2019).....	9
Figura 2 - microcontrolador ATmega2560	13
Figura 3 - Acelerômetro ADXL345	13
Figura 4 - Módulo GSM SIM800L.....	14
Figura 5 - Módulo GPS NEO-6M.....	14
Figura 6 - Diagrama de Interligação do Arduino e ADXL345	16
Figura 7 - Variação de Aceleração no ADXL345 nos eixos X,Y,Z.....	17
Figura 8 - Diagrama de Interligação do Arduino e GPS 6M	17
Figura 9 - Posicionamento do GPS NEO-6M	18
Figura 10 - Localização das Coordenadas Obtidas no NEO-6M no Google Earth.	18
Figura 11 - Regulador de tensão alimentando Módulo GSM com 3.7V	19
Figura 12 - Parametrização do módulo GSM e teste de prontidão.....	20
Figura 13 - Diagrama de interligação dos componentes.....	21
Figura 14 - Momento do disparo no Serial Plotter.....	22
Figura 15 - SMS de classe 0 recebido pelo Celular, indicando a disparo do alarme.	22

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3 OBJETIVOS E METODOLOGIA	12
3.1 Componentes do protótipo	12
3.2 Orçamento dos Componentes.....	15
4 RESULTADOS	16
4.1 Acelerômetro ADXL345.....	16
4.2 Módulo GPS NEO-6M	17
4.3 Módulo GSM SIM800L	19
4.4 Montagem e integração dos componentes.	20
4.5 Considerações sobre o desenvolvimento e melhorias.	23
5 CONCLUSÃO.....	24
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS	25

1 INTRODUÇÃO

O trânsito, um dos pilares da sociedade contemporânea, é, inegavelmente, uma faceta significativa da vida moderna. No entanto, a sua presença constante na rotina das pessoas não se traduz somente em eficiência e mobilidade, mas também em desafios significativos relacionados à segurança viária. Os acidentes automotivos, frequentemente fatais ou causadores de sequelas graves, representam uma manifestação preocupante dessa complexa interação entre indivíduos, veículos e vias de tráfego. Neste contexto, este trabalho se propõe a explorar o desenvolvimento de um protótipo na área da segurança automotiva.

A nível global, os acidentes de trânsito são responsáveis por um alto número de mortes e lesões, conforme é demonstrado pelo relatório da Organização Mundial da Saúde em seu periódico intitulado *Global Status Report On Road Safety 2018 (WORLD HEALTH ORGANIZATION 2018)*. Essas ocorrências afetam não apenas as vítimas e suas famílias, mas também a economia e os sistemas de saúde de forma ampla. Para entender e combater eficazmente essa problemática, é fundamental analisar as causas subjacentes, os fatores de risco e as intervenções que podem ser aplicadas para prevenir e reduzir os acidentes.

O avanço tecnológico na indústria automobilística tem trazido consigo uma série de dispositivos de segurança automatizados, como sistemas de frenagem autônoma, controle de estabilidade, airbags avançados e assistência à condução e outros dispositivos que são citados pelo NHTSA (*National Highway Traffic Safety Administration*) que é uma agência do governo dos Estados Unidos que faz parte do Departamento de Transportes. Estes componentes prometem desempenhar um importante papel na diminuição dos acidentes automotivos e na preservação da saúde das pessoas envolvidas em colisões. Entretanto, é imperativo avaliar de forma crítica a eficácia, aceitação e limitações desses sistemas assim como a sua correlação com os índices de segurança e acidente no trânsito.

Uma das maiores dificuldades encontradas em relação ao tema conforme descreve a Organização Pan-Americana da Saúde (2018, p. 28) se refere a divergência em implementação e capacidade tecnológica entre os países, o aumento rápido da motorização em países e regiões de renda média e baixa tem aumentado consideravelmente o risco de acidentes de trânsito devido a desafios

como infraestrutura inadequada e comportamento do tráfego. O crescimento econômico nessas áreas tem impulsionado a produção de veículos, tornando crucial a implementação de padrões de segurança globalmente, visando proteger não apenas os ocupantes dos veículos, mas também todos os usuários das vias públicas.

Em contraste, em economias avançadas, a evolução das diretrizes regulatórias e as demandas dos consumidores têm impulsionado a indústria automobilística a produzir veículos mais seguros. Isso resultou na incorporação de tecnologias de segurança, como sistemas avançados de freios, airbags, controle de estabilidade e assistência de condução autônoma, tornando-se requisitos indispensáveis em muitos casos.

Essas mudanças têm contribuído para a melhoria da segurança no setor automobilístico e a redução do risco de acidentes em áreas economicamente avançadas.

Dentro desse contexto, esta pesquisa tem como objetivo o desenvolvimento de um dispositivo de notificação automática quando ocorre uma desaceleração brusca do veículo, indicando a possibilidade de um acidente.

Para isso, o restante deste trabalho está organizado da seguinte maneira: No capítulo 2 é feita uma revisão bibliográfica sobre o assunto, contextualizando a pesquisa realizada. No capítulo 3 são delimitados os objetivos deste trabalho e a metodologia adotada para que eles sejam atingidos. No capítulo 4 é apresentado o desenvolvimento do protótipo, enquanto no capítulo 5 são descritos os testes realizados e os resultados obtidos. Finalmente, no capítulo 6 é realizado um balanço da pesquisa, traçadas algumas conclusões e apresentadas sugestões de desenvolvimentos futuros.

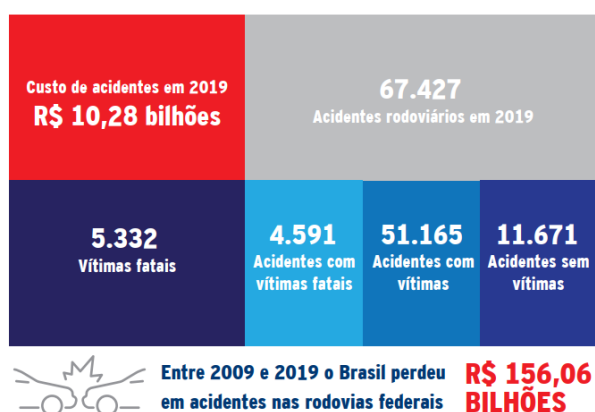
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os acidentes automobilísticos são uma das maiores preocupações de saúde pública em todo o mundo. Segundo a *WORLD HEALTH ORGANIZATION*, esses acidentes causam um grande número de lesões e mortes a cada ano, com impactos que vão além das vítimas, afetando também a economia e os sistemas de saúde.

No Brasil um artigo publicado pela Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical em 2022 descreve que os acidentes de trânsito são uma questão global séria, causando cerca de 1,35 milhão de mortes em todo o mundo e afetando aproximadamente 50 milhões de pessoas com lesões não fatais, frequentemente resultando em incapacidades. No entanto, essa problemática não atinge todas as regiões de maneira uniforme; em países de baixa renda, a taxa média de óbitos é de 27,5 a cada 100.000 habitantes, o que é três vezes superior à taxa observada em nações de alta renda, onde a média é de 8,3 a cada 100 (*WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2018*).

Os acidentes de trânsito representam a principal causa de morte entre jovens de 5 a 29 anos, com a maioria das vítimas sendo do sexo masculino. Globalmente, pedestres e ciclistas respondem por aproximadamente um quarto do número total de vítimas fatais de acidentes de trânsito. O Brasil, por exemplo, registra aproximadamente 40.000 óbitos por ano devido a acidentes de trânsito, posicionando o país como o quinto em número de mortes nessa categoria. Considerando também os ferimentos graves, o número total de vítimas ultrapassa 150.000 anualmente (*CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE, 2020*).

Figura 1 - Custo econômico dos acidentes rodoviários no Brasil (2019)



Fonte: Confederação Nacional do Transporte (2020)

O documento *GLOBAL STATUS REPORT ON ROAD SAFETY 2018* destaca medidas importantes no combate aos acidentes de trânsito. Estas incluem regulamentações de tráfego, campanhas de conscientização, melhorias na infraestrutura rodoviária e avanços tecnológicos, como sistemas de segurança automatizados, dentre estas normas de regulamentação de tráfego são citadas a inclusão de recursos como o sistema de controle eletrônico de estabilidade que desempenha um papel fundamental na prevenção de derrapagens e na manutenção do controle do veículo, tanto em situações de sobre-esterço quanto de subesterço.

Sua eficácia é notável na redução de acidentes e na preservação de vidas, também é considerado que a promulgação e a rigorosa aplicação das leis relativas aos sistemas de freio ABS em motocicletas são de extrema importância, esses dispositivos desempenham um papel crucial na prevenção do travamento das rodas durante a frenagem, o que, por sua vez, auxilia os motociclistas na manutenção da estabilidade e do controle direcional durante frenagens bruscas. Isso ocorre porque eles permitem que os pneus de veículos de duas rodas mantenham a tração e o contato com a superfície da estrada.

Em emergências, os sistemas de freio ABS também contribuem para a redução da distância necessária para parar o veículo. Elencado esses pontos a Organização Pan-Americana da Saúde (2018) define que utilizar inovações tecnológicas em ascensão para aprimorar a segurança veicular, como um complemento às abordagens convencionais centradas na infraestrutura, regulamentação e aplicação de regulamentos, é uma estratégia promissora.

O Centro Nacional de Estatísticas e Análises da NHTSA elabora estimativas anuais sobre o número de vidas preservadas devido à aplicação de dispositivos de proteção e regulamentações legais, abrangendo, entre outros, o Controle Eletrônico de Estabilidade (ESC). O cumprimento do Padrão de Segurança de Veículos Automotores Federais nº 126 a partir de setembro de 2011 tornou imperativa nos Estados Unidos a instalação do sistema ESC em veículos de passageiros e veículos leves recém-fabricados.

Estima-se que, em 2014, cerca de 46,5% dos 254 milhões de veículos registrados nos Estados Unidos estavam equipados com ESC, totalizando aproximadamente 118 milhões de veículos dos anos-modelo 2006 ou posteriores.

Não são levados em consideração o desaparecimento de veículos mais antigos equipados com ESC, nem a inclusão de veículos dos anos-modelo 2005 ou anteriores. (NHTSA, 2017).

Tabela 1 - Estimativa de vidas Salvas pelo (ESC), por Ano e Tipo de Veículo, 2011-2015.

Ano	Carro Com ESC Padrão (1)	Caminhões Leves/Vans Com ESC Padrão (2)	Veículos Com ESC Padrão Total = (1) + (2)
2015	857	1091	1949
2014	657	918	1575
2013	551	829	1380
2012	466	759	1225
2011	329	567	896
TOTAL	2860	4164	7024

Adaptado de: National Highway Traffic Safety Administration (2015)

Segundo (ALVEZ, 2011) a exploração das potencialidades desse cenário tem dado origem a uma série de inovações, que fazem uso tanto da rede de telefonia móvel para distribuir o processamento como dos recursos nativos disponíveis nos smartphones. Como ilustração desses sistemas, é possível mencionar o controle de alarmes de automóveis, o rastreamento de veículos e a autenticação de usuários, entre outros exemplos. (apud GALON, 2014, p. 32)

Devido aos preceitos apresentados e o conhecimento da causa da utilização das tecnologias da rede móvel este projeto vem apresentar uma alternativa de detecção de acidentes veiculares utilizando a rede GSM e o sistema GPS para sensoriamento de posição e transmissão de dados, se inserindo assim como um componente com a finalidade de atender a problemática dos acidentes veiculares priorizando a acessibilidades dos diversos veículos e realidades aquisitivas e tecnológicas dos variados países.

3 OBJETIVOS E METODOLOGIA

O propósito fundamental desta pesquisa consiste em conceber e criar um dispositivo de notificação automática que seja capaz de identificar situações de desaceleração abrupta em veículos, sinalizando a potencial ocorrência de um acidente. Este dispositivo tem como principal finalidade a detecção precisa de eventos de desaceleração brusca e a subsequente transmissão de informações relativas ao veículo envolvido e sua localização por meio de uma rede GSM. Dessa maneira, busca-se contribuir significativamente para a agilidade e eficiência na prestação de socorro às possíveis vítimas de acidentes de trânsito.

Para isso, o seu desenvolvimento foi dividido nos seguintes objetivos específicos:

- Definição dos requisitos de projeto do protótipo que será desenvolvido.
- Escolha dos componentes eletrônicos que serão utilizados.
- Montagem do protótipo e interligação dos dispositivos eletrônicos.
- Elaboração da programação e parametrização do protótipo.
- Testes de funcionamento e análise dos resultados obtidos.

Os equipamentos utilizados no desenvolvimento do protótipo foram:

3.1 Componentes do protótipo

- **Arduino Mega:** é uma placa de desenvolvimento de código aberto que é baseada no microcontrolador ATmega2560, permitindo a utilização do ambiente de programação próprio dos microcontroladores da família Arduino.

Figura 2 - microcontrolador ATmega2560



Fonte: Store Arduino (2023)

- **ADXL345:** é um acelerômetro de 3 eixos compacto. Utilizado para medir aceleração em três direções diferentes (x, y e z).

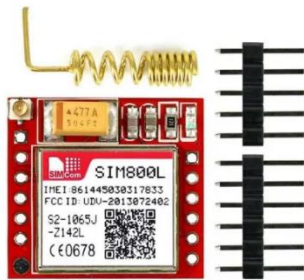
Figura 3 - Acelerômetro ADXL345



Fonte: Eletro Parts (2023)

- **GSM SIM800L:** é um módulo de comunicação celular que permite a transmissão de dados, voz e mensagens de texto em redes GSM (Global System for Mobile Communications).

Figura 4 - Módulo GSM SIM800L



Fonte: Vida de Silício (2018)

- **Módulo GPS NEO-6M:** é capaz de informar a localização exata do objeto em que o Módulo esteja instalado, enviando dados referentes a latitude e longitude, data, hora e velocidade de deslocamento.

Figura 5 - Módulo GPS NEO-6M



Fonte: Eletrogate (2023)

3.2 Orçamento dos Componentes

Para uma melhor contextualização da pesquisa desenvolvida, na Tabela 1 são apresentados os custos dos equipamentos utilizados para o desenvolvimento do protótipo, resultando em um custo total de R\$: 321,43

Tabela 2 - Precificação dos Componentes na Data de 11/10/2023.

Produto	Preço unitário
Módulo Acelerômetro 3 Eixos ADXL345 - GY-291	R\$ 24,90
Módulo Regulador de Tensão Step Down LM2596	R\$ 10,90
Módulo GSM GPRS SIM800L	R\$ 46,90
Chip GSM com Rede 2G	R\$ 68,00
Jumpers - Macho/Femea - 40 Unidades de 20cm	R\$ 11,90
Módulo GPS NEO-6M com Antena	R\$ 54,90
Placa Mega CH340G ATmega2560 com Cabo USB	R\$ 103,93
TOTAL	R\$ 321,43

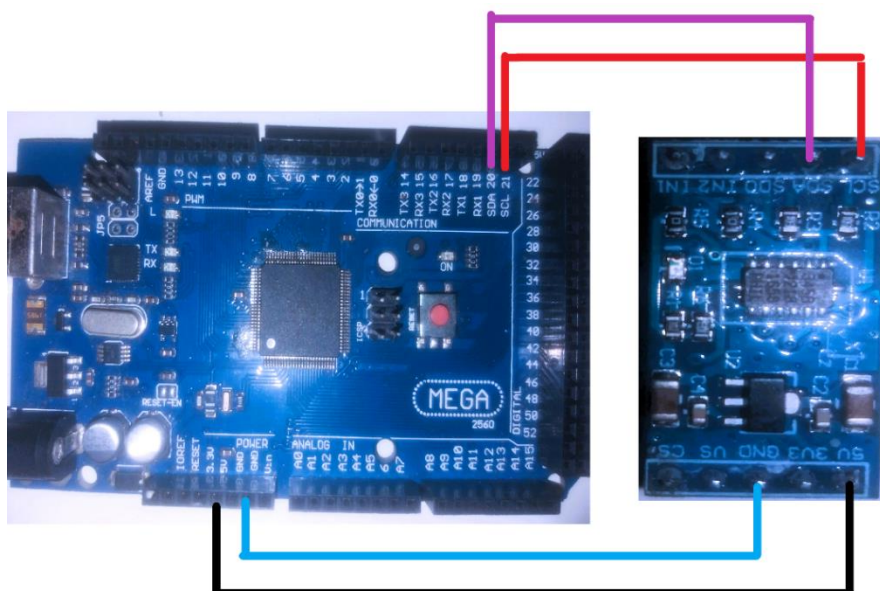
Fonte: Autoria Própria (2023)

4 RESULTADOS

4.1 Acelerômetro ADXL345

Primeiramente para obter as leituras de aceleração foi interligado ao Arduino o módulo acelerômetro ADXL345, através da interligação dos cabos nos pinos de alimentação 5V, neutro GND e as portas de comunicação SCL e SDA conforme abaixo:

Figura 6 - Diagrama de Interligação do Arduino e ADXL345



Fonte: Autoria Própria (2023)

Após a interligação dos componentes foi executado a inicialização dos mesmos utilizando as bibliotecas Wire que fornece funções para comunicação, Adafruit_Sensor projetada para fornecer uma estrutura comum para trabalhar com sensores em plataformas de hardware e a Adafruit_ADXL345 projetada para trabalhar com o acelerômetro triaxial ADXL345, verificando-se a funcionamento elétrico dos componentes realizou-se a inserção da plotagem dos dados de leituras nos eixos X,Y,Z efetuada pelo acelerômetro que ao ser movido fisicamente demonstrou as variações nas leituras como esperado, segue abaixo o registro do momento da variação:

Figura 7 - Variação de Aceleração no ADXL345 nos eixos X,Y,Z.

```

X: -1.41 Y: 0.82 Z: -11.26 m/s^2
X: -3.22 Y: -1.96 Z: -10.08 m/s^2
X: -1.61 Y: -3.14 Z: -9.41 m/s^2
X: -2.63 Y: 2.67 Z: -12.63 m/s^2
X: -3.18 Y: -4.08 Z: -9.53 m/s^2
X: 2.47 Y: -6.12 Z: -10.71 m/s^2
X: -6.39 Y: 0.75 Z: -12.63 m/s^2
X: 2.20 Y: -9.45 Z: -6.98 m/s^2
X: -5.77 Y: 4.31 Z: -12.83 m/s^2
X: -4.79 Y: -4.55 Z: -9.41 m/s^2
X: -9.26 Y: 3.30 Z: -13.42 m/s^2
X: 0.51 Y: -1.96 Z: -10.79 m/s^2
X: 1.73 Y: 0.55 Z: -10.87 m/s^2
X: 1.80 Y: 0.47 Z: -10.90 m/s^2
X: 1.77 Y: 0.47 Z: -10.90 m/s^2

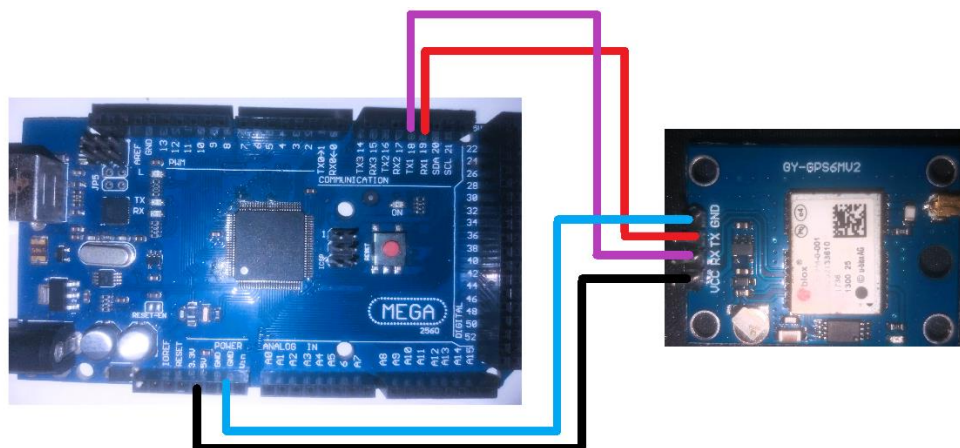
```

Fonte: Autoria Própria (2023)

4.2 Módulo GPS NEO-6M

No andamento dos testes nos componentes do protótipo foi executada a interligação entre o módulo GPS e o microcontrolador Arduino alimentando os pontos de 5V e GND, também foi conectado os pontos de envio e recebimento de sinal caracterizados por Tx (Transmissão) e Rx (Recepção), é importante ressaltar que eles se organizam de modo alternado entre os componentes pois a ponta que envia em um lado Tx se torna receptora no outro Rx formando assim um fluxo de comunicação entre os dois cabos.

Figura 8 - Diagrama de Interligação do Arduino e GPS 6M



Fonte: Autoria Própria (2023)

Ao ser executado a programação de leitura dos dados utilizou-se a biblioteca TinyGPS que tem a função de interpretar e trabalhar com dados de GPS e a SoftwareSerial que permite a criação de portas seriais virtuais (UART) por software em qualquer par de pinos digitais, assim verificou-se a leitura de dados registradas abaixo.

Figura 9 - Posicionamento do GPS NEO-6M

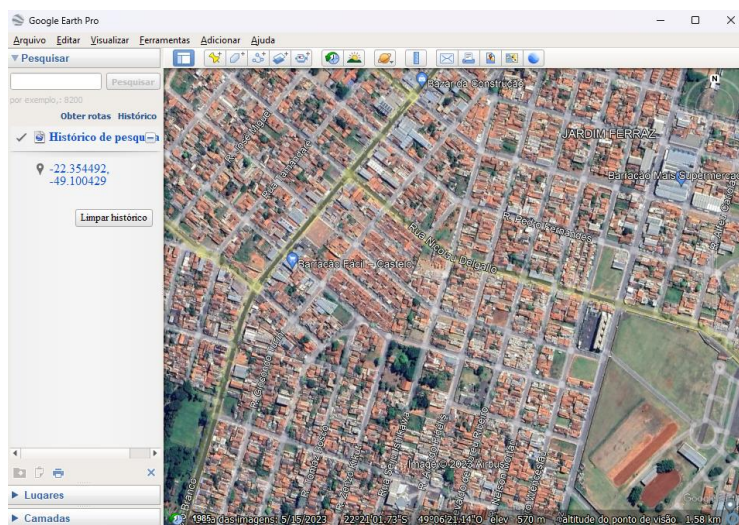
```
Latitude: -22.354480  
Longitude: -49.100429  
Altitude: 0.00  
Date: 11/11/2023  
Time: 02:34:28.00
```

```
Latitude: -22.354476  
Longitude: -49.100425  
Altitude: 0.00  
Date: 11/11/2023  
Time: 02:34:35.00
```

Fonte: Autoria Própria (2023)

Com o intuito de validar as leituras recebidas foi executada a busca das coordenadas no programa Google Earth, onde se constatou que estavam referidas a um ponto correto localizando-se na residência onde foram realizados os testes.

Figura 10 - Localização das Coordenadas Obtidas no NEO-6M no Google Earth.

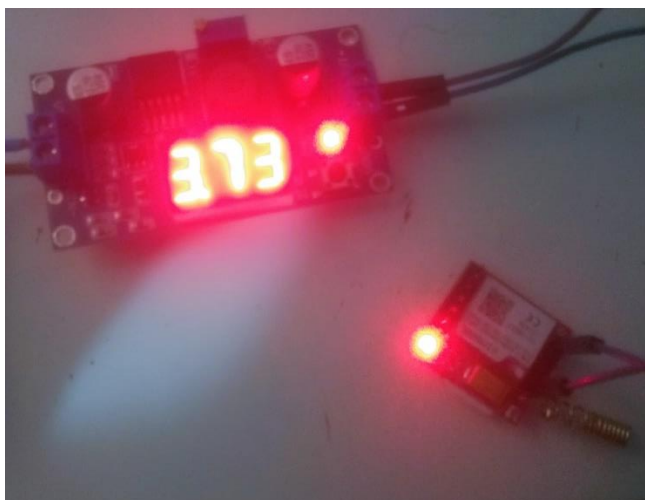


Fonte: Autoria Própria (2023).

4.3 Módulo GSM SIM800L

De modo final dos testes realizados separadamente o módulo GSM SIM800L teve o cartão com rede 2G inserido e teve sua alimentação conectada, foi necessário a utilização de uma fonte de corrente contínua com os valores de tensão e corrente, 9V e 2A respectivamente, de modo adicional um regulador de tensão do modelo LM2596 Step Down DC-DC com o objetivo de fornecer a tensão padrão utilizada pelos cartões (chip) 2G que é aproximadamente 3.7V.

Figura 11 - Regulador de tensão alimentando Módulo GSM com 3.7V



Fonte: Autoria Própria (2023).

Após o módulo GSM ser alimentado devidamente ele iniciou o processo de conexão com a rede 2G presente intercalando o led vermelho 1 vez por segundo até efetivar a conexão e alterar a frequência do led para 1 piscada a cada 3 segundo, demonstrado que a conexão havia sido estabelecida como esperada. Então o módulo GSM foi configurado com os parâmetros iniciais para garantir a sua capacidade de disparo, para contextualizar segue parte da parametrização dentro do ambiente de desenvolvimento Arduino.

Figura 12 - Parametrização do módulo GSM e teste de prontidão.

```
1  #include <SoftwareSerial.h>
2
3  SoftwareSerial serialGSM(0, 1); // RX, TX
4
5  bool temSMS = false;
6  String telefoneSMS;
7  String dataHoraSMS;
8  String mensagemSMS;
9  String comandoGSM = "";
10 String ultimoGSM = "";
11
12 #define senhaGsm "1234"
13 #define pinBotaoCall 12
14 #define numeroCall "014998442982"
15
16 bool callStatus = false;
17
18 void leGSM();
```

Output Serial Monitor x

Message (Enter to send message to 'Arduino Mega or Mega 2560' on 'COM5')

Sistem Started...

Type s to send an SMS, r to receive an SMS, and c to make a call

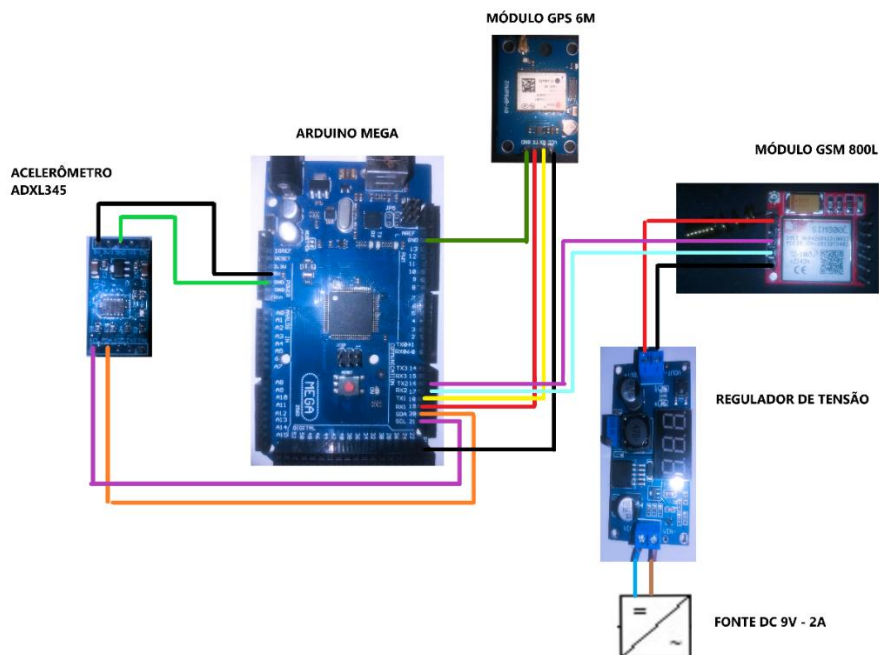
Fonte: Autoria Própria (2023).

O diagrama de interligação se caracterizou do mesmo modo utilizado para interligar o módulo GPS, sendo necessário apenas a alimentação e conexão dos componentes RX e TX, tornando trivial a representação dele no trabalho para evitar a repetição de informações.

4.4 Montagem e integração dos componentes.

Para programar a integração dos componentes foi necessário considerar alguns fatores importantes, com a intenção de tornar o protótipo mais realista em relação as condições sofridas por um veículo um valor de gatilho das leituras do acelerômetro foi adicionado com a finalidade de diferenciar as acelerações e desacelerações naturais do cotidiano no trânsito de eventuais acidentes. Neste momento foi realizada interligação dos cabos de todos os componentes com o microcontrolador Arduíno como demonstra a figura a seguir.

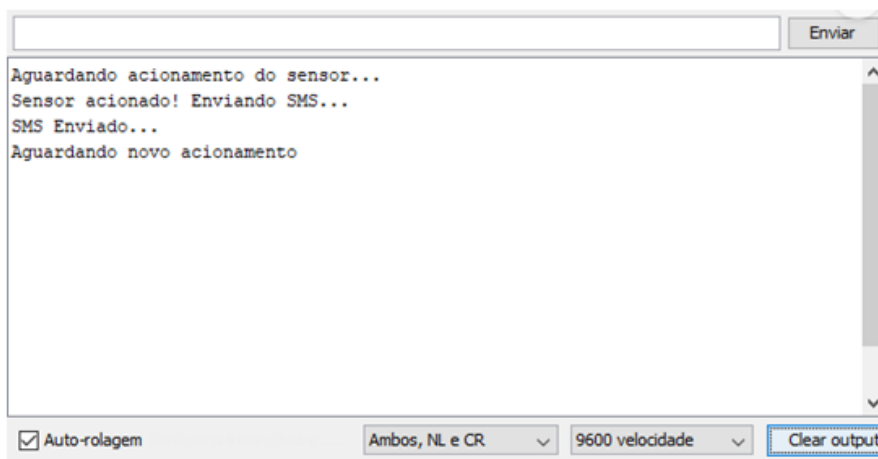
Figura 13 - Diagrama de interligação dos componentes.



Fonte: Autoria Própria (2023).

Após ser constatado a estabilidade da ligação elétrica entre os componentes, e a integração da funcionalidade dos códigos demonstrados previamente neste trabalho o protótipo foi submetido ao teste de ativação que consiste a variação brusca na posição física do acelerômetro ADXL 345 de modo a acusar o gatilho de disparo para o alarme de acidente, ao ser acionado o Arduino envia a última leitura do módulo GPS 6M através do módulo GSM 800L para o celular que está configurado no código, informando a atividade de alerta com os dados sensíveis como coordenadas, data, horário.

Figura 14 - Momento do disparo no Serial Plotter.



Fonte: Autoria Própria (2023)

Figura 15 - SMS de classe 0 recebido pelo Celular, indicando a disparo do alarme.



Fonte: Autoria Própria (2023).

O funcionamento do disparo e do envio da mensagem através da rede GSM 2G ocorreu como esperado, e apresentou o recebimento no celular com as informações desejadas através de um SMS de Classe 0 que geralmente é utilizada pelas operadoras para transmitir alertas ou alarmes de emergência.

4.5 Considerações sobre o desenvolvimento e melhorias.

Durante a execução do trabalho diversos desafios foram encontrados e verificou-se que elementos do protótipo podem ser aprimorados, o que era esperado considerando o caráter experimental do projeto. Algumas dependências específicas apresentam fragilidade na operação contínua do protótipo, por exemplo a dependência de rede 2G para a transmissão dos dados, e a necessidade de um sinal de boa qualidade aos satélites que realizam a triangulação para informar a posição do veículo no momento do disparo.

É fundamental ressaltar a importância de um desenvolvimento composto por uma equipe multidisciplinar, como em programação e telecomunicações, principalmente para o tratamento de dados e criação de uma interface mais amigável e assertiva. Em relação a aplicabilidade do protótipo existem fatores secundários relevantes a serem considerados como os modelos dos carros que serão instalados, já que cada modelo possui uma forma de reagir aos impactos devido a diversidade de massa, materiais e tipo de projeto, ponto de fixação do protótipo que também produz influências nos resultados tendendo a ser mais impreciso ao se distanciar do centro de massa do veículo.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi desenvolvido um protótipo de um sistema de notificação automática de acidentes de trânsito, com o intuito de colaborar com a redução do tempo de resgate das vítimas.

O protótipo construído apresentou um desempenho condizente com o esperado durante os testes realizados em bancada, sendo capaz de detectar uma aceleração brusca por meio do seu acelerômetro e enviar um SMS para o número de celular pré-cadastrado através da rede GSM, incluindo as coordenadas do protótipo e o momento da detecção.

Dessa forma, pode-se concluir que a proposta apresentada possui potencial de aplicação futura, podendo tornar-se objeto de estudo para o desenvolvimento de um dispositivo comercial a ser utilizado nos veículos, visando aprimorar a eficiência das notificações de acidentes.

Como aspecto para aprimoramento em pesquisas futuras, pode-se citar, por exemplo, a investigação de formas de notificação alternativas à rede GSM, para funcionamento em locais fora da área de cobertura, bem como o desenvolvimento de uma interface amigável para o usuário final.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (Brasília - DF). **Acidentes rodoviários: policiamento, infraestrutura e custo econômico**. Economia em Foco, Brasília - DF, p. 1-7, 3 out. 2020. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/economia-foco-cnt-acidentes-rodoviaros>. Acesso em: 25 out. 2023.

ELETRO PARTS. **Módulo Acelerômetro 3 Eixos ADXL3**. In: Prototipagem. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.eletpartscomponentes.com.br/produto/modulo-acelerometro-3-eixos-adxl345/>. Acesso em: 19 out. 2023.

ELETROGATE. **Wireless e IoT: GSM e GPS**. In: **Módulo GPS NEO-6M com Antena**. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.eletrogate.com/modulo-gps-neo-6m-com-antena>. Acesso em: 25 out. 2023.

GALON, HANDREY EMANUEL. **Sistema de Rastreamento e Controle de Recursos de um Veículo Utilizando um Smartphone Android**. 2014. 1-78 f. trabalho de conclusão de curso (curso de engenharia de computação) - universidade tecnológica federal do paraná, pato branco, 2014.

U.S DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (United States). **National Highway Traffic Safety Administration. Driver Assistance Technologies**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.nhtsa.gov/equipment/driver-assistance-technologies>. Acesso em: 19 out. 2023

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Pacote de medidas técnicas para a segurança no trânsito**. Salvar VIDAS, Brasília, DF, ed. ISBN: 978-92-75-32001-3, p. 1-60, 14 mar. 2018.

U.S DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (United States). **National Center for Statistics and Analysis. Estimating Lives Saved by Electronic Stability Control, 2011–2015**. TRAFFIC SAFETY FACTS, Washington, DC, n. DOT HS 812 391, p. 1-4, 7 mar. 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (Geneva). **GLOBAL STATUS REPORT ON ROAD SAFETY**. , France, n. ISBN 978-92-4-156568-4, p. 1-424, 2018.

SUMATHY, B; SUNDARI, L; PRIYADHARSHINI, S Janani; JAYAVARSHINI, G. **Vehicle Accident Emergency Alert System: Materials Science and Engineering**. **IOP Conference Series**, [S. l.], p. 1-14, 2 out. 2020. Disponível em: iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1012/1/012042/meta. Acesso em: 26 out. 2023.