

WAKING: SISTEMA DE SEGURANÇA PARA BEBÊ CONFORTO COM ALERTAS A UM APLICATIVO COMPUTACIONAL

Renan Coral de Oliveira¹, Matheus Leandro Ferreira ²

¹Ciência da Computação – Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)

Resumo: O esquecimento de bebês no interior de veículos é um problema grave e fatal que vem sendo amplamente discutido nos últimos anos. O risco de óbito por hipertermia veicular é uma consequência grave do esquecimento de crianças no interior de veículos, especialmente durante os primeiros três anos de vida, período crítico para o desenvolvimento cognitivo, social e emocional do indivíduo. Com o objetivo de prevenir tragédias, o presente estudo propõe o desenvolvimento de um sistema embarcado composto por sensores eletrônicos e um aplicativo móvel para alertar os pais sobre a presença de seus filhos no carro. O sistema utiliza sensores para detectar a presença de um bebê no assento do veículo. Além disso, é estabelecida uma conexão via Bluetooth de baixo consumo (BLE) com o smartphone dos pais, enviando um alerta para o aplicativo móvel caso o tempo pré-determinado seja ultrapassado ou se houver perda de conexão Bluetooth e presença de peso no bebê conforto. Os testes do protótipo foram executados em um ambiente simulado, visando avaliar a eficácia e o desempenho do sistema proposto. Os resultados obtidos foram satisfatórios, demonstrando a identificação do carro parado ou em movimento. O timer acionado quando o carro estava parado funcionou adequadamente, notificando os pais ou responsáveis quando o tempo pré-determinado foi ultrapassado, indicando um possível risco. Espera-se que essa solução ofereça conforto e segurança para os usuários, contribuindo significativamente para a prevenção de mortes por esquecimento de bebês no interior de veículos.

¹ Curso de Ciência da Computação, Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Criciúma-SC.
renancoral99@gmail.com

² Orientador, Curso de Ciência da Computação, Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Criciúma-SC.
mlf@unesc.net.

Palavras-chave: Sistemas embarcados. Dispositivos móveis. Sensores.

ABSTRACT: *Forgetting infants inside vehicles is a serious and fatal problem that has been widely discussed in recent years. The risk of vehicular hyperthermia leading to fatality is a severe consequence of child neglect inside vehicles, especially during the first three years of life, a critical period for cognitive, social, and emotional development. To prevent tragedies, this study proposes the development of an embedded system comprising electronic sensors and a mobile application to alert parents about their child's presence in the car. The system utilizes sensors, to detect the presence of a baby in the vehicle seat. Furthermore, it establishes a connection via low-energy Bluetooth (BLE) to the parents' smartphone, sending an alert to the mobile application when the predetermined time is exceeded or when there is a loss of Bluetooth connection along with the presence of weight on the baby seat. Prototype tests were conducted in a simulated environment to evaluate the effectiveness and performance of the proposed system. The obtained results were satisfactory, demonstrating the car was stationary or in motion. The timer, activated when the car was parked, operated correctly by notifying parents or guardians when the predetermined time was exceeded, indicating a potential child neglect inside the vehicle. It is expected that this solution will provide comfort and safety for users, significantly contributing to the prevention of infant deaths due to child neglect inside vehicles.*

Keywords: Embedded Systems. Mobile devices. Sensors.

1 INTRODUÇÃO

O esquecimento de bebês dentro de veículos é um problema tão grave e fatal que chegou a ser tema da reportagem ganhadora do prêmio Pulitzer em 2010, intitulada "Distração Fatal" e escrita pelo jornalista Gene Weingarten. O artigo levanta o questionamento da criminalização do esquecimento de crianças no carro e explora

diversas explicações para esse trágico acontecimento, que são bastante similares entre si. Weingarten (2009) relata em sua pesquisa que o esquecimento pode ocorrer com pais de qualquer idade, profissão ou etnia. Infelizmente, em alguns casos, nem mesmo o alarme veicular comum consegue alertar os pais, pois eles não associam o som do alarme à presença do filho no carro e acabam desativando o alarme e seguindo com suas tarefas sem lembrar da criança.

O esquecimento de uma criança dentro de um veículo pode levar a uma condição perigosa e fatal conhecida como hipertermia veicular. A hipertermia ocorre quando a temperatura corporal sobe e o corpo não consegue dissipar o excesso de calor. Essa condição pode ser causada por altas temperaturas do ambiente e pela incapacidade do corpo de liberar o calor (WORLD, 2013).

De acordo com Kalesan et al. (2021), a hipertermia veicular pode levar à morte de crianças esquecidas em veículos, sendo um problema preocupante que tem sido discutido por muitos anos. Um estudo revisou dados de mortalidade de 20 anos relacionados à hipertermia veicular em crianças nos Estados Unidos, concluindo que as mortes foram mais comuns em meses mais quentes e que a maioria das crianças era menor de 2 anos. Ressalta-se que estudos recentes têm reforçado a necessidade de abordar esse problema. Enfatizam o aumento do número de mortes por hipertermia veicular em crianças nos últimos anos, destacando a importância crucial da educação pública sobre esses assuntos delicados.

Denominada primeira infância, etapa reconhecida como os primeiros três anos de vida de um ser humano, é marcada por uma fase determinante para a capacidade cognitiva, social e emocional do indivíduo. Neste período, o cérebro absorve todas as informações, transformando as respostas da criança de uma forma rápida e duradoura. De acordo com Hockenberry e Wilson (2014) é neste momento que as crianças são mais vulneráveis às situações de acidente.

Nessa idade, quaisquer acontecimentos externos, como por exemplo, acidentes, podem afetar diretamente o crescimento e o desenvolvimento humano. Quanto menor a idade da criança, menor sua percepção de risco e maior sua vulnerabilidade e dependência de terceiros em termos de segurança contra acidentes e desastres. A vulnerabilidade aos acidentes é variável em função do nível de coordenação de seu sistema nervoso, aptidão motora, senso de percepção de risco e da instintiva proteção dispensada pelos cuidadores (XAVIER GOMES et al., 2013).

O local apropriado para o transporte dos bebês e crianças pequenas é na chamada cadeirinha de bebê, devido à Resolução nº 277 do CONTRAN (Conselho Nacional de Trânsito), datada de maio de 2008. Essa resolução torna necessário o uso de dispositivo de retenção denominado “bebê conforto ou conversível” para o transporte de crianças de até um ano de idade. Para as crianças entre um ano e quatro anos, deverá ser utilizada a “cadeirinha”. Por fim, as crianças entre quatro anos e sete anos e meio deverão ser transportadas no “assento de elevação”.

O objetivo da Resolução nº 277 é estabelecer condições mínimas de segurança para reduzir o risco em casos de colisão, ou, de desaceleração repentina dos veículos, limitando o deslocamento do corpo da criança.

Conforme um levantamento estatístico feito pela ONG canadense "Kids And Cars" entre os anos 2000 a 2020, houveram diversos acidentes envolvendo crianças em veículos. Dentre estes acidentes 11 mortes foram causadas por esquecimento no interior de veículos. Quando estas crianças não chegam ao óbito, podem ter queimaduras graves e sérios problemas de pele, podendo inclusive desenvolver câncer de pele futuramente.

Conforme mencionado por Guedes (2020) os casos de crianças esquecidas em veículos representam um problema grave e crescente em todo o mundo, com consequências potencialmente fatais. A hipertermia veicular é uma das principais causas de morte em crianças esquecidas em veículos, podendo levar à morte em questão de minutos.

De acordo com um estudo realizado por Rodriguez et al (2019), os principais fatores que contribuem para o esquecimento são: a distração, mudanças de rotina, a falta de sono dos pais, além de distrações no trajeto e falta de atenção.

Segundo Medeiros et al (2021), a falta de um sistema de alerta efetivo é um dos principais fatores que contribuem para o esquecimento de crianças em veículos. Em seu estudo foi proposto o desenvolvimento de um sistema que utiliza sensores eletrônicos e um aplicativo móvel para alertar os pais sobre a presença de seus filhos no carro.

A preocupação em diminuir o número de acidentes com crianças e bebês trancados em veículos não é recente. Em 2002, a NASA (National Aeronautics and Space Administration) anunciou a criação de um dispositivo que auxiliaria na solução desse problema. Um sensor colocado na cadeira do bebê é ligado a um módulo que se comunica com o chaveiro do condutor do veículo, soando um alarme e apenas

desligado quando a criança é retirada da cadeira, no entanto, nunca foi lançado porque o produto nunca foi licenciado para um fabricante comercial. (BRAUKUS; RINK; FENNELL, 2002).

Mesmo com toda inovação tecnológica, raramente encontra-se uma solução para atender os casos de asfixia por esquecimento da criança dentro do veículo, ficando evidente a falta de uma ferramenta para tais situações.

O presente trabalho tem por objetivo criar um sistema embarcado utilizando sensores eletrônicos, bem como, um aplicativo móvel para alertar os pais e evitar mortes causadas por esquecimento do bebê no interior do veículo. Por meio desta solução, espera-se que a tecnologia desenvolvida ofereça conforto e segurança a quem o utiliza.

2 TRABALHOS CORRELATOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi necessário realizar um estudo sobre trabalhos relacionados, adquirindo um maior conhecimento em relação ao tema.

A pesquisa conduzida por Kleber Ramos e José Luiz Barp em 2016, Sistema de Alerta e Proteção para Crianças em Veículos, para obtenção do título de graduação de Engenharia Elétrica pela Universidade do Planalto Catarinense apresenta uma investigação sobre a aplicação de um sistema de segurança destinado a crianças em veículos, fazendo uso do microcontrolador Arduino UNO R3. Por meio de uma revisão abrangente da literatura, constatou-se que a escolha do microcontrolador Arduino era adequada para atender às exigências do projeto, juntamente com a incorporação de um sensor infravermelho PIR (infravermelho passivo), o qual apresenta ampla compatibilidade com a maioria dos sistemas Arduino disponíveis (RAMOS; BARP, 2016).

O objetivo do projeto consistiu em desenvolver um sistema que monitorasse a presença de uma criança e um adulto no interior de um veículo automotivo. Em casos em que a criança estivesse desacompanhada, o dispositivo ativaria uma sequência de alarmes sonoros com o propósito de alertar o condutor. Assim que o sistema detectasse novamente a presença de um adulto, os alarmes cessavam automaticamente (RAMOS; BARP, 2016).

Os pesquisadores ressaltaram, adicionalmente, o uso de LEDs como uma abordagem para monitorar o sistema em relação à leitura do sensor e à ativação do dispositivo, o que foi especialmente benéfico durante a fase de testes do produto. No projeto, dois LEDs foram empregados: um de cor vermelha para indicar o acionamento e um de cor verde para indicar a leitura do movimento pelo sensor PIR associado à presença do adulto (RAMOS; BARP, 2016).

O estudo conduzido por Marileia Garcia e Pinto em 2017, intitulado "Arduino na prevenção de acidentes infantis: desenvolvimento de um protótipo com alerta sonoro em automóveis", para obtenção do título de graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Goiás teve como objetivo implementar um projeto com o propósito de auxiliar os pais no cuidado dos filhos, fornecendo um sistema de alerta em caso de esquecimento da criança no interior do veículo. Os componentes utilizados no protótipo incluíram uma placa Arduino UNO, um cabo 2.0 A-B de 20 cm, um resistor de 1 k Ω , uma placa protoboard, um botão tipo click, um buzzer, uma placa de madeira com dimensões de 989 cm² e espessura de 2 cm, além de um jogo de jumpers Premium Macho-Macho (PINTO et al., 2017).

Para alertar os pais sobre o esquecimento da criança, foi incorporado um buzzer capaz de emitir sons em frequências que variam aproximadamente de 180 Hz a 18 kHz. O buzzer é ativado com base nos retornos dos botões, sendo que o estado LOW indica que o botão não está pressionado e o estado HIGH indica que o botão está acionado. No entanto, foi estabelecida uma margem de tolerância de 30 segundos caso algum ocupante se lembre da presença da criança e a retire do veículo. Caso contrário, um alarme sonoro é ativado e permanecerá ativado até que o botão correspondente à cadeirinha não esteja mais pressionado.

Os resultados obtidos no desenvolvimento foram positivos, foi possível verificar que o protótipo proporciona o auxílio aos pais no cuidado com os filhos.

Por fim, o artigo apresentado por Vanessa Machado, José Figueiredo e Thauany Martins em 2018 com o tema "PROTECTBABY: Um sistema para identificação e alerta de esquecimento de crianças no bebê conforto em veículos automotores" como requisito para conclusão do Curso de Ciência da Computação no Instituto Federal Sul-rio-grandense demonstra um protótipo que auxilia na prevenção das fatalidades envolvendo crianças esquecidas em veículos.

Para este protótipo, foram utilizados dois sensores principais: um sensor mecânico do tipo chave de fim de curso e um sensor ultrassônico modelo HC-SR04.

Ambos foram conectados ao Arduino. Esses componentes foram acoplados ao bebê conforto para coletar dados. Foi desenvolvido um aplicativo utilizando o framework Ionic, que possui um plug-in para comunicação entre dispositivos Bluetooth de baixa energia (BLE).

O alerta é acionado quando o sinal entre o smartphone e o Arduino enfraquece e é perdido. Nesse momento, o condutor recebe uma notificação no dispositivo. Os testes foram conduzidos em um estacionamento ao ar livre, utilizando um carro popular com os vidros fechados em um dia ensolarado. As medidas foram realizadas no banco do motorista, a três e cinco metros de distância.

O protótipo demonstrou ser capaz de detectar e alertar o condutor sobre o esquecimento de uma criança no interior do veículo por meio de um dispositivo móvel.

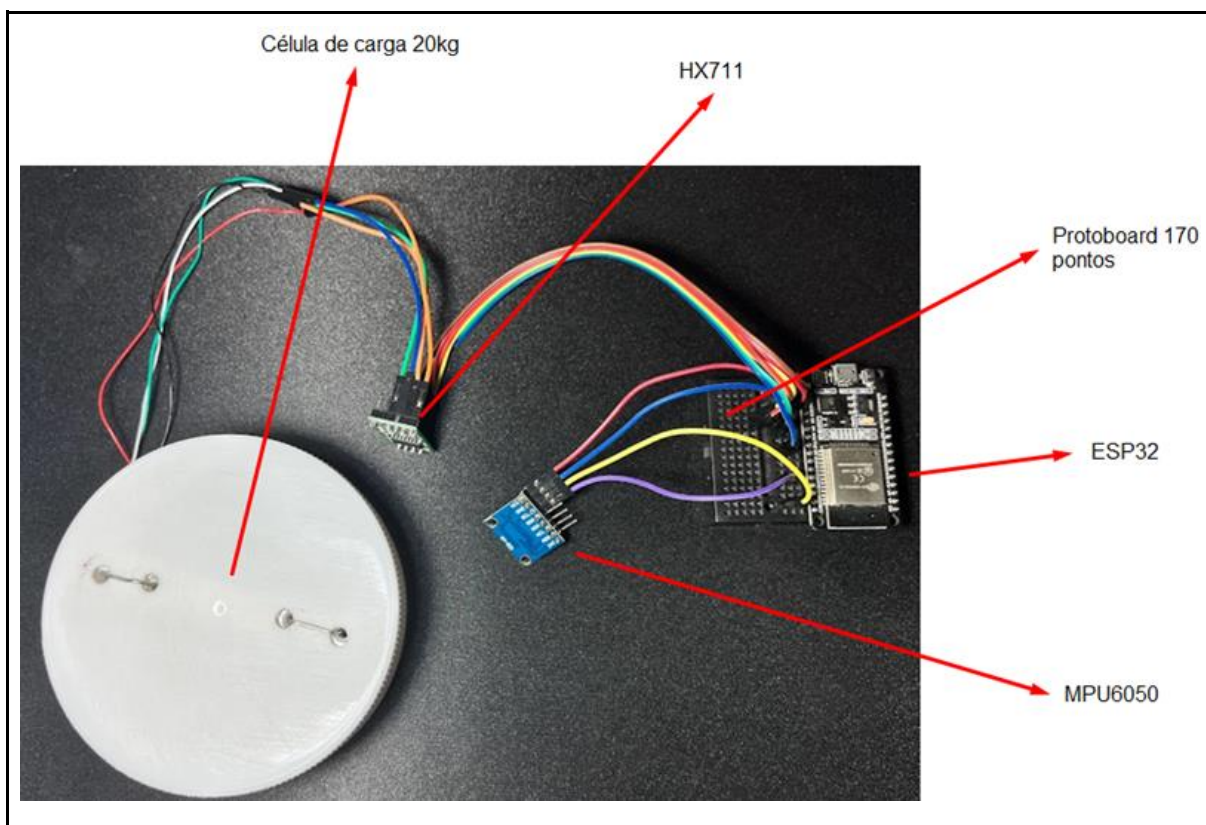
3 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa caracteriza-se por ser aplicada e de base tecnológica. A fim de colaborar com a proteção de crianças no ramo automotivo, proporcionando a junção da segurança com a tecnologia, foi desenvolvido um protótipo de sistema de alertas acoplado no bebê conforto. Utilizando-se tal protótipo é possível ser alertado caso um esquecimento esteja acontecendo no momento, isso funciona por meio de um aplicativo Android instalado no celular do usuário.

3.1 SISTEMA WAKING

O projeto desenvolvido é composto por sensores que são utilizados para abranger diferentes situações. A placa de prototipação escolhida para programação dos sensores foi o ESP32 DevKit V1, que conforme mencionado em sua especificação é conhecida por seu alto desempenho e é amplamente utilizada em projetos de robótica e automação envolvendo WIFI (VIDA DE SILÍCIO, 2023). Como pode-se observar na figura 1, o protótipo é composto por uma célula de carga conectada diretamente a um amplificador de instrumentação, o hx711, e também por um sensor inercial MPU-6050, o mesmo possui acelerômetro e giroscópio, junto de dois sensores capacitivos.

Figura 1. Sistema por completo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o funcionamento adequado de célula de carga, a mesma foi acoplada no interior de duas bases redondas, impossibilitando assim que seja movida após colocada no bebê conforto. Essa medida também assegura uma proteção adicional aos fios que compõem o sensor de peso.

3.1.1 Sensores inerciais no protótipo

Os sensores inerciais compreendem dois dispositivos: o giroscópio e o acelerômetro, que possuem diferentes capacidades de obtenção de dados. Enquanto o acelerômetro é capaz de registrar a aceleração linear em torno de um eixo de referência, o giroscópio pode medir a velocidade angular em torno de um eixo específico (EMBARCADOS, 2014). Para o presente projeto, no entanto, o uso do giroscópio não é necessário para identificar o movimento do veículo.

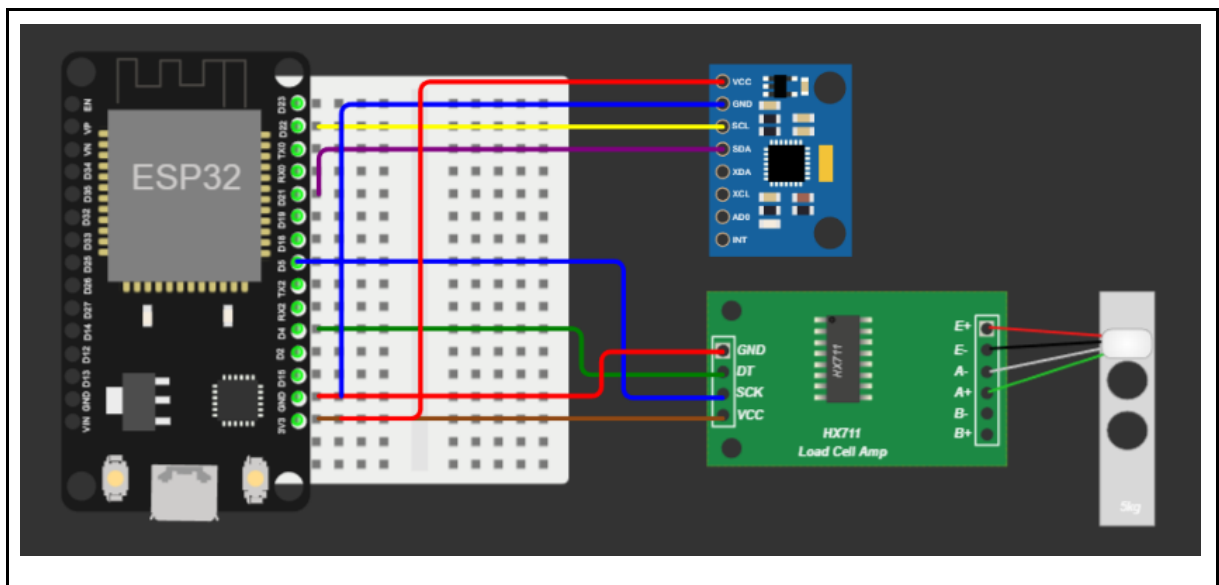
Na implementação do sistema, optou-se por utilizar exclusivamente o acelerômetro como sensor para monitorar o funcionamento do veículo. Esse

componente possui a capacidade de rastrear a aceleração nos três eixos (X, Y e Z) em diferentes faixas, como $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$ e $\pm 16g$.

3.1.3 Montagem do circuito

O circuito criado com a placa de prototipação ESP32 DevKit V1 (Figura 2) funciona com uma tensão de 3,3V para alimentar os dois sensores utilizados. A conexão é realizada através da porta USB para fornecer energia a todo o circuito, uma vez que não é necessário utilizar tensões elevadas para os sensores empregados. No entanto, o sistema Waking também pode ser alimentado por um power bank em situações em que o veículo não possui portas USB próximas ao bebê conforto.

Figura 2: Circuito utilizado para implementação do Waking



Fonte: Elaborado pelo autor.

O amplificador HX711 utiliza as portas GPIO4 e GPIO5, representadas pelos canais D4 (fio verde) e D5 (fio azul), respectivamente, do ESP32. Responsável por converter o sinal analógico de saída da célula de carga em um valor digital. O fio vermelho é utilizado para fazer a conexão GND entre o módulo e a placa, enquanto a alimentação é fornecida pela porta 3V3 do dispositivo e conectada ao VCC (fio marrom).

O MPU-6050, assim como o HX711, é alimentado pela mesma tensão em sua porta VCC (fio vermelho). A conexão SCL está conectada ao GPIO22 (fio amarelo), o pino SDA está conectado ao GPIO21 (fio roxo), e a porta GND está conectada à placa.

Para a comunicação com o aplicativo, é necessária uma conexão Bluetooth. Como o ESP32 já possui essa funcionalidade integrada, não foi necessário instalar um módulo externo.

3.1.4 Programação do ESP32

Para facilitar a programação por meio da plataforma IDE Arduino, fez-se necessário instalar as dependências da placa disponíveis fornecidas pela Espressif, a desenvolvedora do ESP32. Além disso, para cada sensor utilizado, foram necessárias bibliotecas específicas para realizar suas respectivas tarefas.

As bibliotecas BLEDevice.h, BLEUtils.h e BLEServer.h foram empregadas para configurar o ESP32 como um servidor Bluetooth, possibilitando a conexão do sistema Waking com o aplicativo desenvolvido. O código, apresentado na Figura 3, diz respeito à criação do servidor e inclui as bibliotecas necessárias.

A configuração do servidor Bluetooth é a primeira etapa definida na placa, permitindo que o aplicativo Android se conecte ao ESP32. Para identificar a comunicação Bluetooth adicionada ao Waking, utilizou-se um identificador UUID específico do aplicativo, facilitando o reconhecimento.

Para interagir com os sensores inerciais, utilizou-se a biblioteca MPU6050.h, que fornece funções para ler dados dos sensores e configurar suas operações, possibilitando a detecção de movimentos.

Figura 3: Criação do servidor Bluetooth

```

//Nome do dispositivo
BLEDevice::init("TESTE ESP32");
pServer = BLEDevice::createServer();
pService = pServer->createService(SERVICE_UUID);

//Define as características do bluetooth da placa
pCharacteristic = pService->createCharacteristic(
    CHARACTERISTIC_UUID,
    BLECharacteristic::PROPERTY_READ |
    BLECharacteristic::PROPERTY_WRITE |
    BLECharacteristic::PROPERTY_NOTIFY
);

pCharacteristic->setValue("Iniciando aplicação!");
pService->start();
BLEAdvertising *pAdvertising = BLEDevice::getAdvertising();
pCharacteristic->notify();

//Identificador UUID da aplicação para comunicação
pAdvertising->addServiceUUID(SERVICE_UUID);
pAdvertising->setScanResponse(true);
pAdvertising->setMinPreferred(0x06);
pAdvertising->setMinPreferred(0x12);
BLEDevice::startAdvertising();

```

Fonte: Elaborado pelo autor.

A utilização do HX711 em conjunto com a célula de carga foi viabilizada por meio da biblioteca HX711_ADC.h, que permite configurar e acessar os recursos do módulo, possibilitando a calibração do sistema e obtenção de medições mais precisas.

No algoritmo, foram desenvolvidas funções que combinam os dados fornecidos pelos dois sensores para detectar possíveis situações de risco para a criança. Assim que a aplicação é inicializada, o Waking começa a verificar as leituras de cada sensor e utiliza contadores que funcionam como temporizadores para avaliar os riscos. Quando um risco é detectado, a conexão com o smartphone é interrompida imediatamente, e o condutor é notificado por meio do aplicativo.

Por exemplo, caso haja presença de peso na célula de carga e o veículo não tiver movimento no período de tempo configurado, a conexão é interrompida e o condutor é alertado por meio do aplicativo. A mesma notificação é exibida caso o condutor se afaste o suficiente do veículo para perder a conexão Bluetooth. Além de

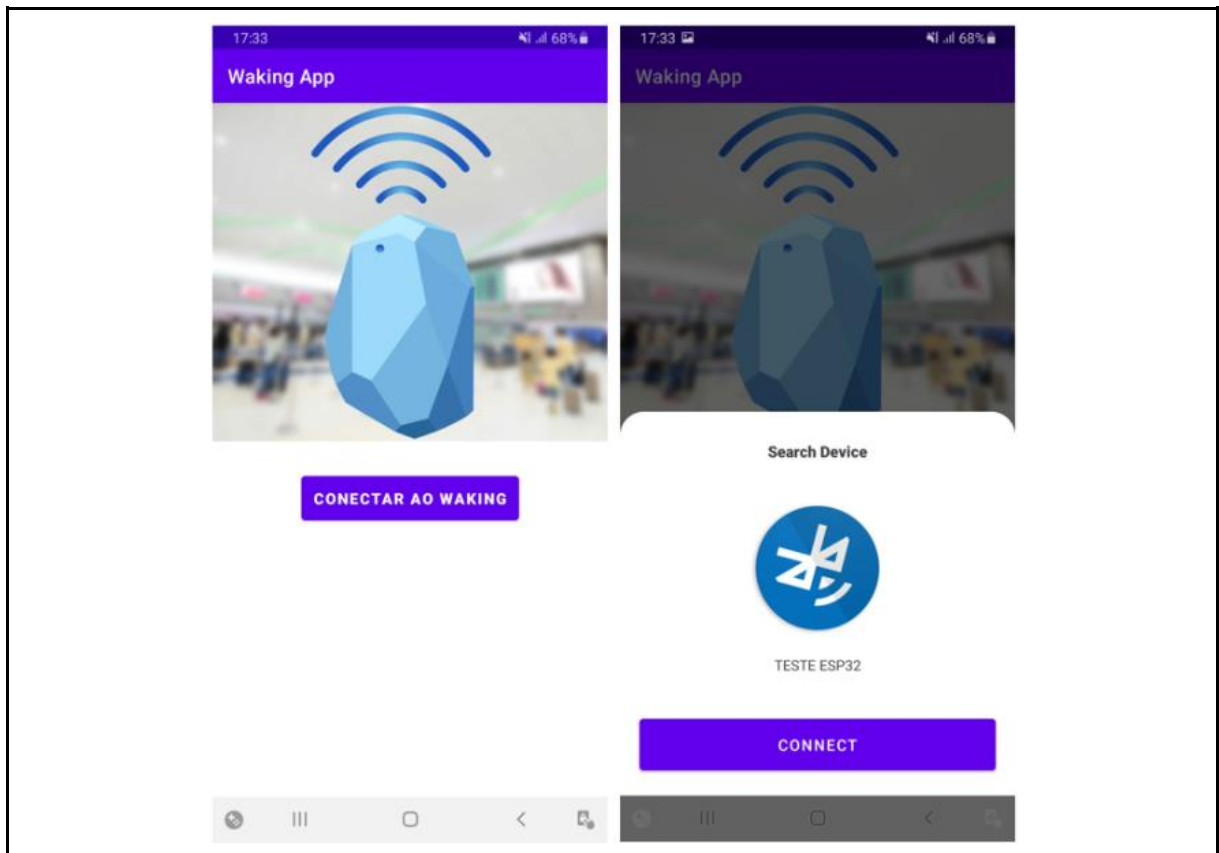
detectar a presença de peso no bebê conforto, a célula de carga também evita possíveis alarmes falsos, pois se não houver peso no sensor, não há risco a ser comunicado ao condutor.

3.1. Desenvolvimento do aplicativo

O aplicativo foi desenvolvido em Java por meio da IDE Android Studio, permitindo assim que a aplicação seja instalada em diferentes dispositivos que o utilizam.

Como pode-se verificar na figura 4, o aplicativo possui uma interface que possibilita encontrar a conexão bluetooth do Waking. Assim que o pareamento inicial for concluído, o dispositivo já está pronto para ser utilizado, tendo em vista que a maior parte do sistema é constituída pela parte física do projeto.

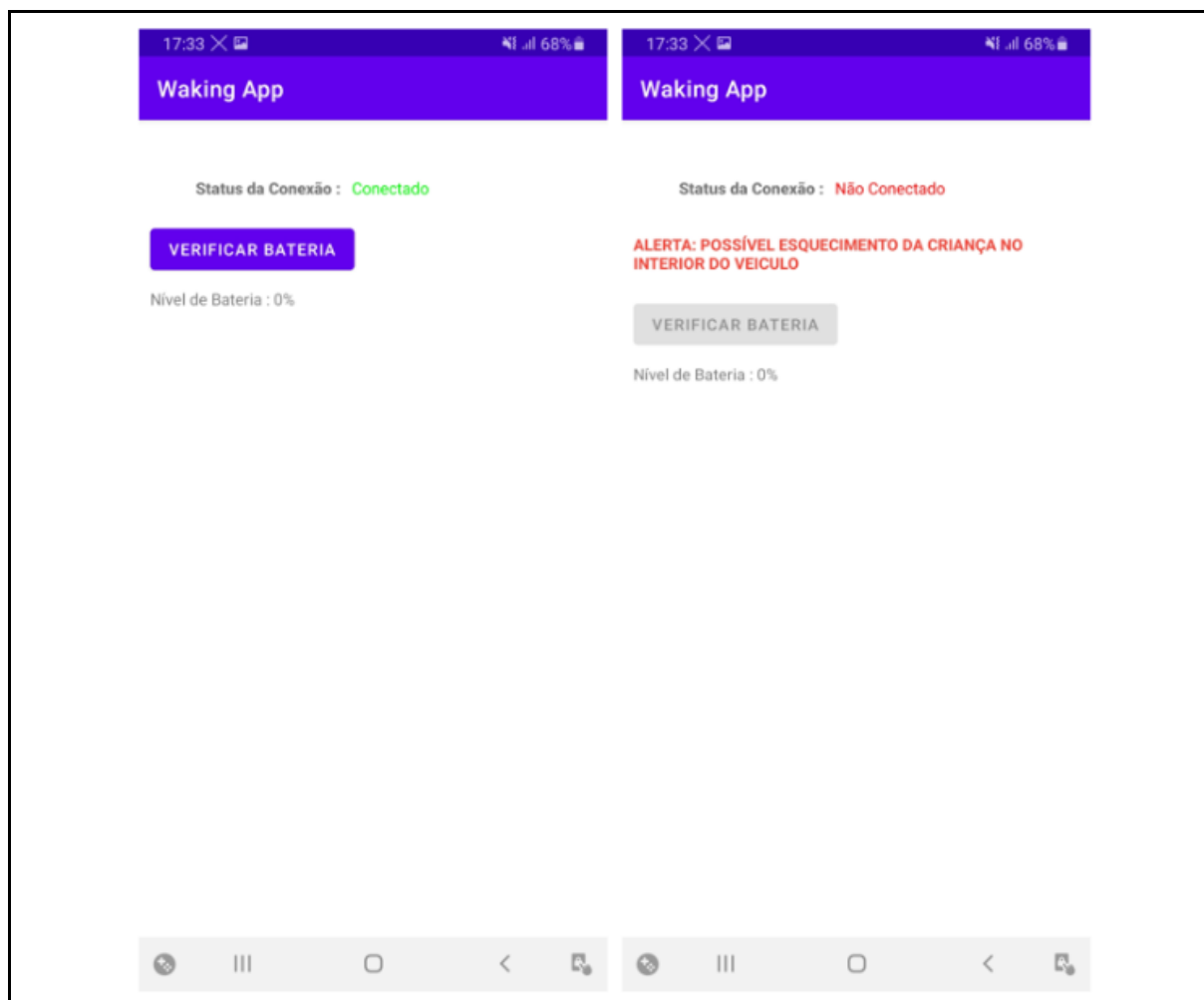
Figura 4: Aplicativo conectado ao Waking



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao ser iniciado, além da mensagem visível dentro do aplicativo (figura 5), é possível verificar na barra de notificações uma notificação fixa com o um ícone X, que demonstra o status da conexão em tempo real, possibilitando assim que, se preciso, o condutor utilize o smartphone livremente sem a necessidade de manter o aplicativo aberto.

Figura 5: Waking conectado e desconectado do aplicativo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Uma vez realizada a conexão, o aplicativo faz a reconexão automaticamente, proporcionando assim uma maior comodidade ao usuário.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando os trabalhos correlatos investigados, observa-se que o sistema desenvolvido neste projeto apresenta características distintas e inovações relevantes em comparação às pesquisas anteriores. A pesquisa conduzida por Kleber Ramos e José Luiz Barp em 2016 abordou a aplicação de um sistema de segurança para crianças em veículos, utilizando o microcontrolador Arduino UNO R3 e um sensor infravermelho PIR. O estudo realizado por Marileia Garcia e Pinto em 2017 implementou um projeto com alerta sonoro para prevenir acidentes infantis em automóveis, empregando a placa Arduino UNO e um sensor de proximidade. Já o artigo de Vanessa Machado, José Figueiredo e Thauany Martins em 2018 apresentou um protótipo para identificação e alerta de esquecimento de crianças em veículos, utilizando sensores mecânicos e ultrassônicos conectados ao Arduino.

Em contraste com esses trabalhos correlatos, o sistema desenvolvido neste projeto destaca-se por diversas inovações. A substituição da placa Arduino pelo microcontrolador ESP32 foi uma escolha estratégica que trouxe benefícios significativos, como a integração nativa do módulo Bluetooth e a simplificação na construção da parte física do projeto. Além disso, a utilização da conexão Bluetooth Low Energy (BLE) permitiu um consumo de energia reduzido, aumentando a autonomia do sistema.

Outra diferença relevante está na implementação da linguagem nativa Java no aplicativo Android, proporcionando um controle mais preciso e uma integração mais eficiente com o hardware. Essa abordagem evitou possíveis erros de biblioteca e contribuiu para a estabilidade e desempenho do sistema como um todo.

Em relação aos sensores, a combinação da célula de carga com o HX711 e o uso do sensor inercial MPU6050 foram fundamentais para a detecção da presença da criança no veículo e a identificação de movimentos do veículo, respectivamente. Embora tenha sido enfrentado um problema de variação nos valores de peso coletados pela célula de carga e nas leituras do sensor inercial, foram realizados ajustes no código para que fosse possível mitigar essas variações, considerando assim apenas os dados reais e obtendo resultados satisfatórios.

No contexto dos testes realizados, o sistema apresentou resultados promissores em ambientes fechados e abertos, notificando o condutor do esquecimento da criança em distâncias específicas. Em ambientes fechados, o

condutor foi notificado em média a uma distância de 9 a 11 metros, enquanto em ambientes abertos, essa distância variou entre 20 e 24 metros.

Em suma, este projeto se diferencia dos trabalhos correlatos ao explorar o potencial do ESP32, da conexão Bluetooth Low Energy (BLE) e do desenvolvimento em linguagem nativa Java no aplicativo Android. As inovações e soluções adotadas contribuem para a eficácia e confiabilidade do sistema desenvolvido, permitindo a detecção e o alerta de esquecimento de crianças no interior de veículos automotores, trazendo uma importante contribuição para a segurança infantil.

5 CONCLUSÃO

Em conclusão, este trabalho buscou desenvolver um sistema eficiente de alerta para o condutor de um veículo, a fim de prevenir o esquecimento de uma criança no bebê conforto. O protótipo denominado Waking, composto por um sensor inercial e uma célula de carga, juntamente com o aplicativo desenvolvido, apresentou resultados satisfatórios ao fornecer um alerta preciso ao responsável pela criança.

O algoritmo criado demonstrou ser capaz de utilizar os dados coletados pelos sensores para identificar situações de risco iminente para a criança. A partir dessas informações, o sistema foi capaz de emitir um alerta para o smartphone do condutor. A perda da conexão entre o dispositivo móvel e o Waking foi utilizada como gatilho para exibir a notificação, garantindo assim uma comunicação eficiente e confiável.

Para trabalhos futuros, sugere-se explorar a possibilidade de interação direta entre o aplicativo para smartphone e o protótipo Waking, eliminando a necessidade de acionar manualmente o sistema por meio de um botão físico. Além disso, seria interessante considerar a incorporação de sinais sonoros no sistema, especialmente para situações em que o condutor não esteja com o dispositivo móvel em mãos.

Essas melhorias propostas têm como objetivo aprimorar ainda mais a usabilidade e a praticidade do sistema, garantindo que o alerta seja acionado de maneira automatizada e oferecendo alternativas adicionais de notificação para os momentos em que o condutor não estiver com o smartphone acessível.

Em suma, o projeto do sistema Waking foi bem-sucedido ao alcançar seu objetivo de alertar o condutor sobre o possível esquecimento de uma criança no

veículo. Os resultados obtidos, aliados às perspectivas de aprimoramento mencionadas, oferecem uma solução promissora para a segurança infantil em veículos automotores.

REFERÊNCIAS

BARP, J.; RAMOS, K. **SISTEMA DE ALERTA E PROTEÇÃO PARA CRIANÇAS EM VEÍCULOS**. 2016. 8 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade do Planalto Catarinense, Lages, 2016.

BRAUKUS, M.; RINK, C.; FENNELL, J. E. NASA Develops Child Car Seat Safety Device. **NASA**, Washington, 2 fev. 2002. Disponível em: . Acesso em: 1 nov. 2021.

GUEDES, J.C.C., et al. **A forgotten child in the car: risks, prevention and possible solutions**. *Journal of Pediatrics (Rio J.)*, Rio de Janeiro, v. 96, n. 3, p. 276-281, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpmed.2018.12.004>

KALESAN, B., et al. (2021). Pediatric vehicular heatstroke in the United States: a review of 20 years of fatality data. **Injury Epidemiology**, 8(1), 35. doi: 10.1186/s40621-021-00336-1.

KOPPEL, S. et al. A Systematic Review of Interventions to Prevent Forgotten Child Syndrome. **Public Health**, v. 182, p. 86-95, 2020.

MARTINS, T.; FIGUEIREDO, J.; MACHADO, V. **Protectbaby: um sistema para identificação e alerta de esquecimento de crianças no bebê conforto em veículos automotores**. 2018. 10 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência da Computação, Instituto Federal Sul-rio-grandense, Passo Fundo, 2018.

MEDEIROS, D., et al. Sistema de Alerta para Prevenção de Esquecimento de Crianças em Veículos. **Anais do 17º Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação**, Natal, p. 157-164, 2021.

MIRABELLI, M. C., et al. (2019). Preventing pediatric vehicular heatstroke: A randomized controlled trial of an educational intervention. **Journal of Safety Research**, 70, 83-89. doi: 10.1016/j.jsr.2019.04.001.

O'REILLY, M. A. (2020). Heatstroke in children locked in cars: A review of fatalities and vehicle cabin temperature changes. **Journal of Forensic and Legal Medicine**, 73, 101966. doi: 10.1016/j.jflm.2020.101966.

RODRIGUES, A. M., et al. Crianças Esquecidas em Veículos: Revisão Bibliográfica. **Revista Médica de Minas Gerais**, Belo Horizonte, v. 29, n. 2, p. 1-7, 2019.

SIBIKOVA, N. Risk Factors for Forgotten Child Syndrome in Slovakia. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 6, p. 3175, 2021.

TORRES, H. **Sensores Inerciais – Parte 1**. 2016. Disponível em: <https://embarcados.com.br/sensores-inerciais-parte-1/>. Acesso em: 10 abr. 2023.

VIDA DE SILÍCIO. ESP32 ESP-WROOM-32 NodeMCU. Disponível em: <https://www.vidadesilicio.com.br/produto/esp32-esp-wroom-32-nodemcu/>. Acesso em: 05 jun. 2023.

WORLD, G. H. *Enfermagem Gerontológica*. 5. ed. São Paulo: Elsevier, 2013.

XAVIER-GOMES, L. M. et al. Descrição dos acidentes domésticos ocorridos na infância. **Mundo saúde** (Impr.), v. 37, n. 4, p. 394-400, 2013.